



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

“EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS TEXTURALES
DE UNA SALCHICHA DE PAVO ELABORADA CON
DIFERENTES TIPOS DE ALMIDÓN Y ADICIONADA CON
FIBRA PREBIÓTICA Y FIBRA DE AVENA”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERA EN ALIMENTOS

PRESENTAN:

IRAKCY HAREMY ARREDONDO ANGEL

ADRIANA MARTÍNEZ ORTÍZ

Asesora:

I.A. MIRIAM EDITH FUENTES ROMERO

CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO 2014



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIAS

IRAKCY HAREMY

A mis padres:

Alma y Juan

No existen palabras que puedan expresar lo importante que son en mi vida, sin ustedes nunca hubiera podido completar este sueño, les agradezco todo el amor, paciencia, dedicación, entrega y apoyo incondicional, para ustedes son cada uno de mis éxitos que sin duda son también suyos.... Los amo.

A mis abuelos

Eva, Ramiro, Polita y Valente, cada uno de ustedes vive en mi corazón, nunca dejaré de amarlos y extrañarlos, gracias por todo el amor que me dieron y por cada uno de los instantes que me dedicaron.

A mi familia.

Por todo el apoyo brindado a lo largo de mi vida y por cada momento compartido.

A Rubén.

Por compartir tu vida a mi lado y ser partícipe de este gran sueño, te amo.

AGRADECIMIENTOS

A LA UNAM FES-CUAUTITLÁN:

Por abrirme sus puertas y darme las bases para desarrollarme como profesional; es para mi un orgullo pertenecer a tan valiosa Institución.

A nuestra asesora:

I.A. Miriam Edith Fuentes Romero por su apoyo y dedicación para la culminación de este trabajo.

A la I.A. Alicia Pérez Morales por todos sus consejos y apoyo en la realización de este proyecto

A mis profesores:

Por sus enseñanzas a lo largo de mi trayectoria escolar, sin duda son la base de mi formación académica y profesional.

Adriana

Gracias por tu amistad, apoyo y por compartir este sueño conmigo, ahora si juntas podemos decir... ¡¡¡Lo logramos amiga!!!

DEDICATORIAS

ADRIANA

Este trabajo está dedicado a mis padres:

Edith y Daniel

Pilares fundamentales en mi vida, ya que con su apoyo y esfuerzo he concretado este triunfo que también es suyo. Gracias por estar conmigo en todo momento.

Los amo

A mi hermano Daniel

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, en especial a la FES CUAUTITLAN porque es un orgullo haber formado parte de esta Institución, la cual me otorgó una valiosa formación profesional y personal.

A nuestra Asesora M. Edith Fuentes por su apoyo y dedicación

A la I.A. Alicia Pérez Morales por ser una guía en la realización de este proyecto

A Irakcy:

por compartir este logro conmigo, pero sobre todo por los inolvidables momentos que vivimos

A toda mi familia, por siempre creer en mí.

A Brenda por todos los consejos ofrendados

El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de Propiedades Reológicas y Funcionales en Alimentos (LAPRYFAL) (FES-Cuautitlán, Campo 1) y en el Taller de Cárnicos (FES- Cuautitlán, Campo 4); bajo la dirección de la I.A. Miriam Edith Fuentes Romero.

ÍNDICE

Resumen
Introducción

Capítulo 1. Antecedentes¹

1.1 Generalidades de las salchichas	1
1.1.1 Definición y clasificación de embutidos	1
1.2 Salchicha	1
1.2.1 Definición y clasificación de la salchicha	1
1.2.2 Formulación y funcionalidad de los ingredientes en la elaboración de una salchicha	3
1.2.3 Proceso de la elaboración de una salchicha	11
1.2.4 Equipo utilizado en la elaboración de una salchicha	16
1.3 Emulsiones Cárnicas	19
1.3.1 Factores que afectan la estabilidad de las emulsiones cárnicas	21
1.4 Sustancias ligantes o de relleno	22
1.4.1 Almidón	22
1.4.2 Amilosa	25
1.4.3 Amilopectina	25
1.4.4 Gelatinización	26
1.4.5 Retrogradación	28
1.4.6 Almidones nativos	29
1.4.7 Almidones modificados	31
1.4.7.1 Modificación física	31
1.4.7.2 Modificación química	32
1.4.8 Aplicación del almidón en la industria cárnica	34
1.5 Fibra dietética	35
1.5.1 Propiedades de las fibras	36
1.5.2 Componentes de las fibras	37
1.5.3 Fibra prebiótica (Fructooligosacaridos)	38
1.5.4 Fibra de avena	41
1.6 Propiedades texturales	41
1.6.1 Definición de textura	41
1.6.2 Pruebas de evaluación de las propiedades mecánicas de los alimentos	41
1.6.3 Análisis de perfil de textura	43
1.6.4 Prueba de extrusión	45
1.6.5 Prueba de corte o cizalla	46
1.6.6 Pruebas de calidad	46
1.6.6.1 Evaluación del porcentaje de hinchamiento en producto terminado	

1.6.6.2 Evaluación de porcentaje de sinéresis	46
	47
Capitulo 2. Diseño experimental	48
2.1 Objetivos	48
2.2 Materiales	49
2.3 Diagrama de proceso para la elaboración de salchicha	50
2.3.1 Descripción del proceso de elaboración de salchicha	50
2.3.2 Evaluación de la emulsión cárnica y la salchicha	54
2.3.3 Prueba de extrusión positiva a la emulsión cárnica	54
2.3.4 Análisis de perfil de textura a la salchicha de pavo	55
2.3.5 Prueba de corte	56
2.3.6 Evaluación del porcentaje de hinchamiento	57
2.3.7 Evaluación de sinéresis	58
2.3.8 Análisis estadístico	58
Capitulo 3. Resultados	59
3.1 Almidones solos	59
3.1.1 Pruebas de extrusión	59
3.1.2 Prueba de análisis de perfil de textura	61
3.1.3 Prueba de corte	63
3.1.4 Prueba porcentaje de sinéresis e hinchamiento	66
3.2 Almidones en mezcla: concentración total 6.5%	67
3.2.1 Prueba de extrusión	67
3.2.2 Prueba de análisis de perfil de textura	69
3.2.3 Prueba de corte	70
3.2.4 Prueba de porcentaje de sinéresis	72
3.2.5 Prueba de porcentaje de hinchamiento	72
3.3 Fibras solas	73
3.3.1 Prueba de extrusión	73
3.3.2 Prueba de perfil de textura	75
3.3.3 Prueba de corte	78
3.3.4 Prueba de Porcentaje de Sinéresis	80
3.3.5 Prueba de porcentaje de hinchamiento	80
3.4 Fibras en mezcla	82
3.4.1 Prueba de extrusión	82
3.4.2 Prueba de perfil de textura	83
3.4.3 Prueba de corte	85
3.4.4 Prueba de porcentaje de sinéresis	87

3.4.5 Prueba de porcentaje de hinchamiento	87
Conclusiones	88
Bibliografía	91
Anexos	96

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.1	Clasificación de embutidos	2
Cuadro 1.2	Clasificación de producto por dimensiones	3
Cuadro 1.3	Formación básica para la elaboración de salchichas tipo frankfurt	4
Cuadro 1.4	Formación básica para la elaboración de salchichas tipo viena	4
Cuadro 1.5	Distribución relativa de proteínas en distintas especies	20
Cuadro 1.6	Clasificación de la fibra según su grado de hidrosolubilidad	37
Cuadro 1.7	Comparación entre diferentes fructanos: inulina, oligofructosa y fructooligosacaridos	40
Cuadro 3.1	Efecto de la concentración de almidón en las propiedades texturales. Prueba de Extrusión	60
Cuadro 3.2	Resultados del análisis estadístico de medias. Prueba de extrusión	61
Cuadro 3.3	Efecto de la concentración de almidón de papa y AMCE en las propiedades texturales de salchichas. Prueba de perfil de textura	62
Cuadro 3.4	Resultados del análisis estadístico de medias. Prueba de perfil de textura	63
Cuadro 3.5	Efecto de la concentración de almidón de papa y AMCE en las propiedades texturales de salchichas. Prueba de corte	65
Cuadro 3.6	Resultados del análisis estadístico de medias. Prueba de corte	66
Cuadro 3.7	Efecto de la concentración de almidón de papa y AMCE en los parámetros de calidad. Prueba de % de sinéresis y % hinchamiento	66
Cuadro 3.8	Resultados del análisis estadístico de medias. Prueba de % de sinéresis y % hinchamiento	67
Cuadro 3.9	Efecto de la mezcla de almidones en las propiedades texturales. Prueba de extrusión	68
Cuadro 3.10	Efecto de la mezcla de almidones en las propiedades texturales de salchichas. Prueba de perfil de textura	70
Cuadro 3.11	Efecto de la mezcla de almidones en las propiedades texturales de salchichas. Prueba de corte	71
Cuadro 3.12	Efecto de la concentración de almidón de papa y AMCE en los parámetros de calidad. Prueba de % de sinéresis y % hinchamiento	72
Cuadro 3.13	Efecto del tipo y concentración de fibra en las propiedades texturales. Prueba de extrusión	75
Cuadro 3.14	Resultados del análisis estadístico de medias. Prueba de extrusión	75
Cuadro 3.15	Efecto de la concentración de fibra de avena y fibra prebiótica en las propiedades texturales de salchichas. Prueba de perfil de textura	77
Cuadro 3.16	Resultados del análisis estadístico de medias. Prueba de perfil de textura	77
Cuadro 3.17	Efecto de la concentración de almidón de papa y AMCE en las propiedades texturales de salchichas. Prueba de corte	80
Cuadro 3.18	Resultados del análisis estadístico de medias. Prueba de corte	80

Cuadro 3.19	Efecto de la concentración de fibra de avena y prebiótica en los parámetros de calidad. Prueba de % de sinéresis y % hinchamiento	81
Cuadro 3.20	Resultados del análisis estadístico de medias. Prueba de % de sinéresis y % hinchamiento	81
Cuadro 3.21	Efecto de la mezcla de fibras en las propiedades texturales. Prueba de extrusión	82
Cuadro 3.22	Efecto de la mezcla de almidones en las propiedades texturales. Prueba de perfil de textura	84
Cuadro 3.23	Efecto de la mezcla de almidones en las propiedades texturales. Prueba de corte	86
Cuadro 3.24	Efecto de la concentración de almidón de papa y AMCE en los parámetros de calidad. Prueba de % de sinéresis y % hinchamiento	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Proceso de elaboración de salchicha	12
Figura 1.2	Zona amorfa y zona cristalina del granulo de almidon	23
Figura 1.3	Estructura granular del almidon y diferentes fuentes botánicas	24
Figura 1.4	Estructura interna de la amilosa y amilopectina	26
Figura 1.5	Gelatinización del almidón	29
Figura 1.6	Estructura interna de almidones modificados	33
Figura 1.7	Clasificación de fibra dietética	36
Figura 1.8	Modelo de la curva de perfil de textura	44
Figura 2.1	Diagrama de proceso para la elaboración de salchicha	50
Figura 2.2	Acondicionamiento del hielo con colorante	51
Figura 2.3	Mezclado de la materia prima cárnica	52
Figura 2.4	Elaboración de la emulsión cárnica	52
Figura 2.5	Embutido de la emulsión cárnica	53
Figura 2.6	Envase de la salchicha	53
Figura 2.7	Cocción de la salchicha	54
Figura 2.8	Modelo de la curva obtenida de la prueba de extrusión positiva en emulsión cárnica	55
Figura 2.9	Modelo de la curva obtenida del perfil de textura en salchicha	56
Figura 2.10	Modelo de la curva obtenida de la prueba de carne en salchichas	57
Figura 2.11	Determinación del volumen en figuras cilindricas	57
Figura 3.1	Curva de extrusión de almidon de papa	59
Figura 3.2	Curva de extrusión de emulsión cárnica con AMCE	60
Figura 3.3	Curva de análisis de perfil de textura de salchichas con almidón de papa y AMCE	63
Figura 3.4	Curva de la prueba de corte de salchichas con almidón de papa	64
Figura 3.5	Curva de la prueba de corte de salchichas con AMCE	65
Figura 3.6	Curva de extrusión, emulsión cárnica de almidones en mezcla a diferentes proporciones de almidón de papa y AMCE	68
Figura 3.7	Curva de análisis de perfil de textura de salchichas con almidones en mezcla a diferentes proporciones de almidón de papa y AMCE	69
Figura 3.8	Curva de prueba de corte de salchichas con almidones en mezcla a diferentes proporciones de almidón de papa y AMCE	71
Figura 3.9	Curva de extrusión emulsión cárnica con fibra de avena	74
Figura 3.10	Curva de extrusión emulsión cárnica con fibra prebiótica	74
Figura 3.11	Curva de análisis de perfil de texturase salchichas con fibra de avena y fibra prebiótica	76
Figura 3.12	Curva de la prueba de corte de salchichas con fibra de avena	78
Figura 3.13	Curva de la prueba de corte de salchichas con fibra prebiótica	79
Figura 3.14	Curva de extrusión, emulsión cárnica con mezcla de fibras a diferentes proporciones de fibra de avena y prebiótica	83
Figura 3.15	Curva de análisis de perfil de textura de salchichas con mezcla de fibras a diferentes proporciones de fibra de avena y prebiótica	84
Figura 3.16	Curva de la prueba de corte de salchichas con mezcla de fibra a	86

diferentes proporciones de fibra de avena y fibra prebiótica

RESUMEN

Se evaluó el efecto del tipo y concentración de almidón (papa y AMCE) y fibra (avena y prebiótica), en la elaboración de una salchicha de pavo para observar el efecto que ejercen por separado y en mezcla en las propiedades texturales de la emulsión, mediante una prueba de compresión de donde se obtuvo una curva fuerza- trabajo, en el producto final, al cual se le realizó la prueba de análisis de perfil de textura y una prueba de corte obteniéndose en ambas una curva de la fuerza en función del tiempo, de las cuales en el caso de la primera se evaluaron seis parámetros así como fuerza, distancia y trabajo para la segunda. Además de lo anterior, las salchichas se sometieron también a dos pruebas de calidad: porcentaje de sinéresis en la cual se midió la pérdida porcentual de peso y porcentaje de hinchamiento en la que se midió el porcentaje de aumento del volumen de la salchicha.

Cuando los almidones fueron evaluados individualmente se trabajaron en tres niveles de concentración: 5.5, 6.5 y 7.5% obteniendo que el AMCE ejerció un mayor efecto en la consistencia de la emulsión y en los parámetros de calidad porcentaje de sinéresis e hinchamiento mientras que el almidón de papa hizo más firme al producto. Debido a que no se obtuvo una diferencia estadística en la mayoría de las pruebas al comparar los valores obtenidos a la concentración del 5.5 y 6.5% pero si a la del 7.5% se seleccionó como constante la concentración del 6.5% para llevar a cabo la mezcla de los mismos en otros tres niveles de variación: papa 25%- AMCE75%, papa 50%-AMCE 50% y papa 75%-AMCE 25%. Para analizar los resultados de la mezcla de almidones fue realizado un análisis estadístico factorial en el cual se evaluó el sinergismo de las mezclas

Para evaluar el efecto de las fibras en tres diferentes concentraciones (1, 2 y 3%) se utilizó una concentración constante del 6.5% de la mezcla de almidones en una proporción del 50%-50%. En esta evaluación la fibra de avena resultó ejercer un mayor efecto en la prueba de extrusión, en la prueba de corte, en los parámetros de dureza y masticosidad en la prueba de perfil de textura así como en las pruebas de calidad. La fibra prebiótica sólo ejerció un efecto en los parámetros de elasticidad, cohesividad y resiliencia.

Por último, se realizó la mezcla de las fibras en tres diferentes proporciones: avena 25%-prebiótica 75%, avena 50%- prebiótica 50% y avena 75% - prebiótica 25% a una concentración total constante del 3%, aun al estar en mezcla el análisis estadístico demostró que aunque se presenta sinergismo entre las mismas en algunos parámetros, en la fibra de avena se observa un mayor efecto en la consistencia de la emulsión, en los parámetros texturales de dureza y masticosidad que repercuten a su vez en la prueba de corte; de igual manera el incremento del porcentaje de hinchamiento y la fibra prebiótica mantuvo los mismos parámetros que al ser utilizada individualmente así como en disminución del porcentaje de sinéresis.

INTRODUCCIÓN

Los productos emulsionados constituyen los de mayor consumo dentro de los productos cárnicos procesados debido principalmente a factores tales como su bajo precio, vida útil razonablemente larga y su facilidad de consumo. Entre estos productos se encuentran las salchichas consideradas a su vez una comida rápida poco nutritiva y altamente calórica debido a que en su proceso de elaboración pueden adicionarse otros ingredientes como proteína no cárnica (soya o proteína de leche), almidones y grasas (casi siempre de cerdo); a costa del contenido de carne, con lo cual se abarata el producto (Blanco, 2000).

En general, la composición de este producto varía dependiendo de la calidad del mismo; mientras unas contienen carne de cerdo, otras llevan pavo, pollo o alguna mezcla de éstas; su ingrediente principal, sin embargo, es el agua (70% aproximadamente), además de la carne y las sales de curado (nitritos), los diversos productores añaden fosfatos y otros ingredientes como proteínas no cárnicas (principalmente de soya), grasas (casi siempre de cerdo) y almidones.

En la industria cárnica, los almidones (papa, yuca, modificados, etc.) se utilizan como agentes ligantes y absorbentes de altas cantidades de agua –humedad- (liberada por la desnaturalización de las proteínas durante el proceso de elaboración), agentes espesantes, agentes gelificantes y como agentes de relleno (sustituyendo la grasa por almidón), aunque también aportan otros beneficios como: mejorar la estabilidad y la textura de los productos (firmeza, cohesión y jugosidad) y reducir los costos en el proceso de elaboración disminuyendo las mermas por cocción.

Los almidones nativos derivados de diversas fuentes botánicas como la papa, el maíz, el trigo y la yuca; son utilizados desde hace mucho tiempo en la elaboración de salchichas y otros productos cárnicos, debido a su capacidad como ligante de agua, al ser capaces de retener la humedad durante todo el procesamiento y almacenamiento de los productos, logrando estabilizar la emulsión mediante la ligazón y dispersión de la grasa en la mezcla. Por consiguiente para elegir el almidón idóneo para la elaboración de una salchicha es necesario tener en cuenta la temperatura a la que se realizará la cocción del producto ya que la desnaturalización de las proteínas se lleva a cabo alrededor de los 57°C, y durante ese tiempo tienden a encogerse en tamaño y exudar humedad; en consecuencia el almidón debe comenzar a absorber humedad a esta temperatura. El almidón de papa destaca en este aspecto ya que tiene una temperatura de gelatinización de 58 a 67°C a diferencia de los procedentes de maíz y trigo cuya temperatura oscila de los 72 a 80°C, por lo que es considerado como el tipo de almidón óptimo para los productos cárnicos ya que aumenta el rendimiento, la retención de agua y los productos pueden ser congelados sin presentar daños posteriores. La aplicación del almidón de papa también previene la sinéresis y ocasiona menores pérdidas durante la cocción y almacenamiento a temperaturas de refrigeración (Blanco, 2000).

Debido a que los almidones nativos presentan en mayor o menor proporción el fenómeno de sinéresis, es decir que, transcurrido un cierto período de tiempo el agua retenida comienza a liberarse; se han desarrollado diversos almidones modificados que, además de no presentar retrogradación, tienen propiedades funcionales muy importantes, permitiendo disminuir costos.

Para estas aplicaciones en el mercado se encuentra disponible una amplia gama de almidones modificados, utilizándose de forma progresiva los de maíz ceroso estabilizado, que por contener una proporción mayor de amilopectina en el gránulo no presenta propiedades gelificantes y presenta resistencia a condiciones drásticas comunes en los procesos de elaboración de alimentos como agitación, calentamiento y pH bajo, además de no presentar retrogradación (Primo, 1998).

Actualmente se utilizan mezclas de almidones (nativos y modificados) para su aplicación en productos cárnicos, con el propósito de sustituir parcialmente el contenido graso en pastas finas, dar una mayor estabilidad al producto y la reducción de mermas por sinéresis. Es por todo lo anterior y por la preferencia de los consumidores por alimentos más tiernos, succulentos y de mayor calidad, que el uso de una amplia gama de almidones para la fabricación de productos cárnicos se ha extendido en América Latina, por lo que cabe destacar que sus diversas aplicaciones y propiedades funcionales no sólo dependen de su origen (almidones nativos), sino también del tipo y grado de modificación química al que haya sido sometido en caso de tratarse de uno modificado (AVEBE, 2007).

Estos argumentos y la tendencia del mercado actual hacia el consumo de alimentos saludables y bajos en grasa han traído como consecuencia que los avances en la elaboración de la salchicha constituya ahora uno de los rubros más dinámicos y complejos en la industria cárnica, provocando que los productores de embutidos busquen incrementar la calidad de sus productos adicionando además otros componentes esenciales en la dieta humana, como las fibras dietéticas, sobre todo aquellas que provienen de una fuente natural como la fibra de avena y las funcionales que se caracterizan por contener prebióticos o probióticos que de cierta forma suplen los requerimientos del organismo cuando no hay mucho tiempo de comer saludablemente, resultando más atractivas para el consumidor debido a que, aparte de tener propiedades funcionales dentro del organismo, prácticamente no contienen calorías. Estudios han demostrado que como aditivo las fibras funcionan de manera excelente por ser un emulsionante natural, que tiene una alta capacidad de retención de agua, no reacciona con otros componentes alimenticios y lo más importante es que tiene un sabor y olor neutro (López, 2007; Garduño y Morales, 2005).

Por lo cual el objetivo principal de este trabajo es evaluar la influencia del tipo de almidón y fibra en el desarrollo de una salchicha de pavo para determinar su efecto en las propiedades texturales y parámetros de calidad del producto terminado.

RESUMEN

Se evaluó el efecto del tipo y concentración de almidón (papa y AMCE) y fibra (avena y prebiótica), en la elaboración de una salchicha de pavo para observar el efecto que ejercen por separado y en mezcla en las propiedades texturales de: la emulsión, la cual fue evaluada mediante una prueba de compresión de donde se obtiene una curva fuerza- trabajo, en el producto al cual se le realiza la prueba de análisis de perfil de textura y una prueba de corte obteniéndose en ambas una curva de la fuerza en función del tiempo, de las cuales en el caso de la primera se evalúan seis parámetros y la fuerza, la distancia y el trabajo para la segunda. Además de lo anterior las salchichas se sometieron también a dos pruebas de calidad: porcentaje de sinéresis e hinchamiento. La primer prueba se realizó midiendo la pérdida de peso porcentual y en la segunda el aumento de volumen.

Cuando los almidones fueron evaluados individualmente se trabajaron en tres niveles de concentración: 5.5, 6.5 y 7.5% obteniendo que el AMCE ejerce un mayor efecto en la consistencia de la emulsión y en los parámetros de calidad porcentaje de sinéresis e hinchamiento mientras que el almidón de papa hace más firme al producto. Debido a que no se obtiene una diferencia estadística en la mayoría de las pruebas al comparar los valores obtenidos a la concentración del 5.5 y 6.5% pero si a la del 7.5% se selecciono como constante la concentración del 6.5% para llevar a cabo la mezcla de los mismos en otros tres niveles de variación: papa 25%- AMCE75%, papa 50%-AMCE 50% y papa 75%-AMCE 25%.

Las mezclas presentaron sinergismo para incrementar la consistencia de la emulsión, así como en los parámetros del análisis de perfil de textura a excepción de la cohesividad. En la prueba de corte sólo interaccionaron en la distancia de corte. En las pruebas de calidad no se presento sinergismo, pero destaco notablemente el AMCE en ambas. Para evaluar el efecto de las fibras en tres diferentes concentraciones (1,2 y 3%) con una concentración constante de la mezcla de almidones en una proporción del 50-50% en esta evaluación la fibra de avena resulto superior estadísticamente en la prueba de extrusión, en la prueba de corte en los parámetros de dureza y masticosidad en la prueba de perfil de textura así como en las pruebas de calidad. La fibra prebiótica sólo ejerce un efecto en los parámetros de elasticidad, cohesividad y resilencia.

Por último se realizó la mezcla de las fibras en tres diferentes proporciones: avena 25%-prebiotica 75%, avena 50%- prebiótica 50% y avena 75% - prebiótica 25% a una concentración total constante del 3%, aun al estar en mezcla el análisis estadístico demostró que aunque se presenta sinergismo entre las mismas, la fibra de avena predomina en la consistencia de la emulsión, en los parámetros texturales de dureza y masticosidad que repercuten a su vez en la prueba de corte así como en la disminución del porcentaje de sinéresis y el incremento del porcentaje de hinchamiento y la fibra prebiótica predomina en los mismos parámetros que al ser utilizada individualmente.

INTRODUCCIÓN

Los productos emulsionados constituyen los de mayor consumo dentro de los productos cárnicos procesados debido principalmente a factores tales como su bajo precio, vida útil razonablemente larga y su facilidad de consumo. Entre estos productos se encuentran las salchichas consideradas a su vez una comida rápida poco nutritiva y altamente calórica debido a que en su proceso de elaboración pueden adicionarse otros ingredientes como proteína no cárnica (soya o proteína de leche), almidones y grasas (casi siempre de cerdo); a costa del contenido de carne, con lo cual se abarata el producto (Blanco, 2000).

En general, la composición de este producto varía dependiendo de la calidad del mismo; mientras unas contienen carne de cerdo, otras llevan pavo, pollo o alguna mezcla de éstas; su ingrediente principal, sin embargo, es el agua (70% aproximadamente), además de la carne y las sales de curado (nitritos), los diversos productores añaden fosfatos y otros ingredientes como proteínas no cárnicas (principalmente de soya), grasas (casi siempre de cerdo) y almidones.

En la industria cárnica, los almidones (papa, yuca, modificados, etc.) se utilizan como agentes ligantes y absorbentes de altas cantidades de agua –humedad- (liberada por la desnaturalización de las proteínas durante el proceso de elaboración), agentes espesantes, agentes gelificantes y como agentes de relleno (sustituyendo la grasa por almidón), aunque también aportan otros beneficios como: mejorar la estabilidad y la textura de los productos (firmeza, cohesión y jugosidad) y reducir los costos en el proceso de elaboración disminuyendo las mermas por cocción.

Los almidones nativos derivados de diversas fuentes botánicas como la papa, el maíz, el trigo y la yuca; son utilizados desde hace mucho tiempo en la elaboración de salchichas y otros productos cárnicos, debido a su capacidad como ligante de agua, al ser capaces de retener la humedad durante todo el procesamiento y almacenamiento de los productos, logrando estabilizar la emulsión mediante la ligazón y dispersión de la grasa en la mezcla. Por consiguiente para elegir el almidón idóneo para la elaboración de una salchicha es necesario tener en cuenta la temperatura a la que se realizará la cocción del producto ya que la desnaturalización de las proteínas se lleva a cabo alrededor de los 57°C, y durante ese tiempo tienden a encogerse en tamaño y exudar humedad; en consecuencia el almidón debe comenzar a absorber humedad a esta temperatura. El almidón de papa destaca en este aspecto ya que tiene una temperatura de gelatinización de 58 a 67°C a diferencia de los procedentes de maíz y trigo cuya temperatura oscila de los 72 a 80°C, por lo que es considerado como el tipo de almidón óptimo para los productos cárnicos ya que aumenta el rendimiento, la retención de agua y los productos pueden ser congelados sin presentar daños posteriores. La aplicación del almidón de papa también previene la sinéresis y ocasiona menores pérdidas durante la cocción y almacenamiento a temperaturas de refrigeración (Blanco, 2000).

Debido a que los almidones nativos presentan en mayor o menor proporción el fenómeno de sinéresis, es decir que, transcurrido un cierto período de tiempo el agua retenida comienza a liberarse; se han desarrollado diversos almidones modificados que, además de no presentar retrogradación, tienen propiedades funcionales muy importantes, permitiendo disminuir costos.

Para estas aplicaciones en el mercado se encuentra disponible una amplia gama de almidones modificados, utilizándose de forma progresiva los de maíz ceroso estabilizado, que por contener una proporción mayor de amilopectina en el gránulo no presenta propiedades gelificantes y presenta resistencia a condiciones drásticas comunes en los procesos de elaboración de alimentos como agitación, calentamiento y pH bajo, además de no presentar retrogradación (Primo, 1998).

Actualmente se utilizan mezclas de almidones (nativos y modificados) para su aplicación en productos cárnicos, con el propósito de sustituir parcialmente el contenido graso en pastas finas, dar una mayor estabilidad al producto y la reducción de mermas por sinéresis. Es por todo lo anterior y por la preferencia de los consumidores por alimentos más tiernos, succulentos y de mayor calidad, que el uso de una amplia gama de almidones para la fabricación de productos cárnicos se ha extendido en América Latina, por lo que cabe destacar que sus diversas aplicaciones y propiedades funcionales no sólo dependen de su origen (almidones nativos), sino también del tipo y grado de modificación química al que haya sido sometido en caso de tratarse de uno modificado (AVEBE, 2007).

Estos argumentos y la tendencia del mercado actual hacia el consumo de alimentos saludables y bajos en grasa han traído como consecuencia que los avances en la elaboración de la salchicha constituya ahora uno de los rubros más dinámicos y complejos en la industria cárnica, provocando que los productores de embutidos busquen incrementar la calidad de sus productos adicionando además otros componentes esenciales en la dieta humana, como las fibras dietéticas, sobre todo aquellas que provienen de una fuente natural como la fibra de avena y las funcionales que se caracterizan por contener prebióticos o probióticos que de cierta forma suplen los requerimientos del organismo cuando no hay mucho tiempo de comer saludablemente, resultando más atractivas para el consumidor debido a que, aparte de tener propiedades funcionales dentro del organismo, prácticamente no contienen calorías. Estudios han demostrado que como aditivo las fibras funcionan de manera excelente por ser un emulsionante natural, que tiene una alta capacidad de retención de agua, no reacciona con otros componentes alimenticios y lo más importante es que tiene un sabor y olor neutro (López, 2007; Garduño y Morales, 2005).

Por lo cual el objetivo principal de este trabajo es evaluar la influencia del tipo de almidón y fibra en el desarrollo de una salchicha de pavo para determinar su efecto en las propiedades texturales y parámetros de calidad del producto terminado.

RESUMEN

Se evaluó el efecto del tipo y concentración de almidón (papa y AMCE) y fibra (avena y prebiótica), en la elaboración de una salchicha de pavo para observar el efecto que ejercen por separado y en mezcla en las propiedades texturales de: la emulsión, la cual fue evaluada mediante una prueba de compresión de donde se obtiene una curva fuerza- trabajo, en el producto al cual se le realiza la prueba de análisis de perfil de textura y una prueba de corte obteniéndose en ambas una curva de la fuerza en función del tiempo, de las cuales en el caso de la primera se evalúan seis parámetros y la fuerza, la distancia y el trabajo para la segunda. Además de lo anterior las salchichas se sometieron también a dos pruebas de calidad: porcentaje de sinéresis e hinchamiento. La primer prueba se realizó midiendo la pérdida de peso porcentual y en la segunda el aumento de volumen.

Cuando los almidones fueron evaluados individualmente se trabajaron en tres niveles de concentración: 5.5, 6.5 y 7.5% obteniendo que el AMCE ejerce un mayor efecto en la consistencia de la emulsión y en los parámetros de calidad porcentaje de sinéresis e hinchamiento mientras que el almidón de papa hace más firme al producto. Debido a que no se obtiene una diferencia estadística en la mayoría de las pruebas al comparar los valores obtenidos a la concentración del 5.5 y 6.5% pero si a la del 7.5% se selecciono como constante la concentración del 6.5% para llevar a cabo la mezcla de los mismos en otros tres niveles de variación: papa 25%- AMCE75%, papa 50%-AMCE 50% y papa 75%-AMCE 25%.

Las mezclas presentaron sinergismo para incrementar la consistencia de la emulsión, así como en los parámetros del análisis de perfil de textura a excepción de la cohesividad. En la prueba de corte sólo interaccionaron en la distancia de corte. En las pruebas de calidad no se presento sinergismo, pero destaco notablemente el AMCE en ambas. Para evaluar el efecto de las fibras en tres diferentes concentraciones (1,2 y 3%) con una concentración constante de la mezcla de almidones en una proporción del 50-50% en esta evaluación la fibra de avena resulto superior estadísticamente en la prueba de extrusión, en la prueba de corte en los parámetros de dureza y masticosidad en la prueba de perfil de textura así como en las pruebas de calidad. La fibra prebiótica sólo ejerce un efecto en los parámetros de elasticidad, cohesividad y resilencia.

Por último se realizó la mezcla de las fibras en tres diferentes proporciones: avena 25%-prebiotica 75%, avena 50%- prebiótica 50% y avena 75% - prebiótica 25% a una concentración total constante del 3%, aun al estar en mezcla el análisis estadístico demostró que aunque se presenta sinergismo entre las mismas, la fibra de avena predomina en la consistencia de la emulsión, en los parámetros texturales de dureza y masticosidad que repercuten a su vez en la prueba de corte así como en la disminución del porcentaje de sinéresis y el incremento del porcentaje de hinchamiento y la fibra prebiótica predomina en los mismos parámetros que al ser utilizada individualmente.

CAPÍTULO 1: Antecedentes

1.1 Generalidades de las salchichas

1.1.1 Definición y clasificación de los embutidos

Se entiende por embutidos aquellos productos y derivados cárnicos preparados a partir de una mezcla de carne picada, grasas, sal, condimentos, especias y aditivos con forma generalmente simétrica; introducidos en tripas naturales o artificiales. La palabra salchicha deriva de “salsus”, palabra latina que significa salado, literalmente, carne conservada por salazón. La preparación de embutidos, de origen antiguo; evolucionó lentamente a partir del simple proceso de salazón y desecación de las carnes frescas que no podían ser consumidas inmediatamente. El sabor, la textura y la forma característicos de los diferentes embutidos que hoy se conocen, surgieron a consecuencia de variaciones en los procesos de elaboración, impuestos por la disponibilidad de materias primas debido a las diferencias geográficas y a las condiciones climáticas (Price y Schweigert, 1994).

La popular salchicha representa un largo recorrido en la historia de los embutidos desde su inicio hasta su presencia actual en nuestros mercados. Comenzó hace 3500 años a las orillas del Eufrates, cuando los babilonios en la antigua Mesopotamia comenzaron a rellenar intestinos de animales con carnes especiadas. Homero en su Odisea menciona a la salchicha como uno de los alimentos favoritos de los griegos (Llamas, 2007). Los romanos tenían en gran aprecio a las salchichas y las usaban para muchas ocasiones festivas. Epicuro al escribir sobre artículos de cocina enumera varios productos de salchicha, algunos de ellos se elaboraban con cerdo y especias, se envolvían en tripas curándolos con vino o ahumándolos (Desrosier, 1998). En Europa durante la Edad Media adquirieron el nombre del área o de la ciudad en que se preparaban. Por ejemplo Franckfort, Bolonia, Génova y Arles, dieron origen a los productos de salchicha que han llevado estos nombres descriptivos a través de los siglos (Desrosier, 1998).

Desde sus orígenes, la elaboración de embutidos ha sido un arte, aunque hoy en día se fabrican sobre una base científica que permite clasificarlos de mejor forma, es decir, con base en el tratamiento térmico teniendo dentro de esta clasificación a los embutidos crudos como el chorizo y la longaniza, los cocidos como el queso de puerco, la moronga y por último a los escaldados donde se encuentra a la salchicha (Tabla 1.1).

1.2 Salchicha

1.2.1 Definición y clasificación de la salchicha

De acuerdo con la clasificación de los embutidos se puede definir a la salchicha como un embutido escaldado varios autores y algunas legislaciones la definen como:

Comida de origen alemán, a base de carne picada, generalmente de cerdo y algunas veces de vacuno, que tiene forma alargada y cilíndrica. Esta carne se introduce en una envoltura, que tradicionalmente es de intestino animal, aunque actualmente se utiliza también el colágeno, la celulosa e incluso el plástico (Llamas, 2007).

Cuadro 1.1 Clasificación de embutidos (Blanco, 2000)

Tipo de Embutido	Tipo de Tratamiento	Ejemplos
Crudos	No son sometidos a un proceso térmico, sólo se maduran. Esta maduración se lleva a cabo colgando el producto al aire, proceso en el cual se desarrollan el sabor, el color y el aroma.	Chorizo, longaniza, salami coteguini.
Cocidos	Se someten a una cocción previa al embutido y otra posterior a éste. Sus materias primas incluyen sangre, vísceras y despojos.	Pathés, queso de puerco, moronga y morcilla.
Escaldados	Carnes frescas, curadas o sin curar que se han sometido a un escalde suave (sumergiendo en agua a 75°C) o ahumado, antes de su venta con la finalidad de reducir su carga bacteriana.	Mortadela, salchicha y salami cocido.

Es un embutido curado y cocido, elaborado con carne de vacuno, carne de cerdo y vacuno, carne de aves o una mezcla de carnes de otras especies animales autorizadas, grasa animal comestible, ingredientes y aditivos de uso permitido perfectamente trituradas, mezcladas, emulsificadas o no, introducidas en tripas autorizadas (NCR 146:1991).

Es un producto cárnico embutido constituido por una masa homogénea hecha con base en carnes rojas, con agregado de tocino, sal, nitratos y nitritos de sodio y/o potasio. Además, puede o no tener harina de soya, puede o no tener agregados de almidones y/o féculas como ligantes y tiene agregado de especias, colorantes y otras sustancias naturales permitidas para el consumo humano (NORDOM 392).

Producto cocido, elaborado sobre la base de carne fresca o congelada, con agregado o no de carne cocida, de animales autorizados, con agregado de grasa comestible, perfectamente trituradas y mezcladas, emulsionado o no, elaborado con ingredientes de uso permitido e introducido en fundas autorizadas con un perímetro de 112 mm, ahumado o no (MEIC, 2010).

Producto alimenticio embutido de pasta semi firme de color característico, elaborado con la mezcla de carne (60 % mínimo) de ternera o res con cerdo y grasas de las especies antes mencionadas, adicionado de condimentos, especias y aditivos para alimentos (NMX-F-065-1984).

Las salchichas de Viena, Franckfort y Cocktail son productos alimenticios elaborados básicamente en su composición con no menos de 60% de carne de res y cerdo; mezclando con grasa de cerdo y emulsificados, sometidos a curación pudiendo ser ahumados o no, sometidos a cocción y enfriamiento, empacados en material adecuado para su distribución y conservación en refrigeración; clasificadas bajo la (NMX-F-065-1984) en tres tipos:

- Tipo I Salchicha de Viena
- Tipo II Salchichas de Franckfort
- Tipo III Salchichas de Cocktail

La diferencia entre estos tres tipos radica en la especificación de sus dimensiones, siendo la salchicha del tipo II (Franckfort) la que se caracteriza por tener un diámetro y longitud mayor a las salchichas del tipo I (Viena) y tipo III (Cocktail) que tienen el mismo diámetro pero diferente longitud; siendo la salchicha tipo III Cocktail la más pequeña de las tres (Tabla 1.2) (NMX-F-065-1984).

Cuadro 1.2 Clasificación de Producto por Dimensiones (NMX-F-065-1984)

Dimensiones	Tipo I Viena (mm)	Tipo II Franckfort (mm)	Tipo III Cocktail (mm)
Diámetro	14 - 26	20 – 33	14 – 26
Longitud	50 - 300	80 – 300	30 – 65

En cuanto a sus especificaciones sensoriales lo que algunas empresas han podido argüir es que las salchichas Viena tienen un color más pálido que las Franckfort de color más intenso (Llamas, 2007).

1.2.2 Formulación y funcionalidad de los ingredientes en la elaboración de una salchicha

Aunque la salchicha Viena es uno de los embutidos que más se consume en México; especialmente por niños y jóvenes, el consumidor tiene asegurada una variada oferta de productos, ya que, entre un 40 y 50% de la cantidad neta de carne es transformada en productos cárnicos, de los cuales los embutidos representan el 70% (Connor et. al, 1997).

En consecuencia, la formulación básica de la salchicha tipo Viena (Tabla 1.3) y la salchicha tipo Franckfort (Tabla 1.4) ha ido cambiando con la modificación de algunos de sus ingredientes como el porcentaje de materia prima cárnica y grasa, la adición de algunos ligantes (almidones) e incluso algunas fibras dietéticas, debido a diversas necesidades como abaratar el producto, obtener mayor producción y demanda en el mercado o haciendo de ésta un alimento funcional que proporcione algún beneficio a la salud aumentando el contenido de nutrientes (Astiasarán, 2000).

Cuadro 1.3 Formulación básica para la elaboración de salchichas tipo *Viena*
(www.qo.fcen.uba.ar/Cursos/Tecnoll/guia.pdf)

Ingredientes	Formulación (%)
Carne vacuna	50
Grasa de cerdo	15.3
Hielo (2/3) - Agua (1/3)	23.5
Sal fina	2
Almidón de mandioca	0.4

Cuadro 1.4 Formulación básica para la elaboración de salchichas tipo Franckfort (Huerta et al, 2009)

Ingredientes	Formulación (%)
Carne de cerdo	50
Grasa de cerdo	15.3
Hielo	23.5
Sal común	2
Sal cura	0.4
Fosfatos	0.4
Almidón de trigo	6.7
Glutamato de sodio	0.25
Eritorbato de sodio	1
Consomé de pollo en polvo	0.5
Pimienta blanca molida	0.2
Ajo deshidratado	0.1
Cebolla en polvo	0.2
Nuez moscada en polvo	0.2
Humo líquido	0.1
Colorante rojo fresa al 5%	0.5

Cuando se busca desarrollar formulas accesibles y que satisfagan al consumidor es necesario analizar la disponibilidad, calidad y funcionalidad de cada uno de los ingredientes utilizados para su elaboración ya que de estos aspectos dependerán también la calidad y características texturales del producto final. Los ingredientes básicos como materia prima cárnica, grasa, agua, sal, fosfatos, nitritos, entre otros utilizados en la elaboración de salchichas tienen una funcionalidad especial ya que cada uno juega un papel muy importante para la obtención del producto final.

a) Materia prima cárnica

En la fabricación de todo tipo de embutidos la selección de los ingredientes cárnicos es esencial, ya que, del tipo de carne y de la fracción que contiene de proteínas depende en gran medida la estabilidad de la salchicha y sus propiedades físicas (Llamas, 2007). Las proteínas que contiene el músculo de la carne se clasifican en tres grupos:

- **Contráctiles o miofibrilares:** Alrededor del 60% de las proteínas totales del músculo de la carne son proteínas miofibrilares cuyos principales componentes son la miosina (27%) y la actina (11%), consideradas por el procesador cárnico de embutidos como el tipo de proteínas más valioso, por ser solubles en sal, lo cual quiere decir que pueden ser disueltas en una solución salina (salmuera); una vez solubilizadas, las proteínas miofibrilares son capaces de encapsular la grasa, impidiendo que se desprenda del producto durante la cocción; esto es porque, estas proteínas cárnicas actúan de forma diferente con las fases acuosas y lipídicas debido a las diferencias en la composición básica de las cadenas laterales compuestas por aminoácidos. Dichas cadenas laterales de aminoácidos consisten de grupos cuya carga es negativa o positiva, y que también pueden ser polares como el agua o apolares como la grasa (Cheftel et al., 1989; Knipe, 2004).

La mejor forma de extraer la miosina de la carne es removiendo la carne de los canales previo al desarrollo del rigor y mezclándola con sal inmediatamente para prevenir el desarrollo de la forma contraída de la actomiosina. Si bien la actomiosina es la forma proteica usada con mayor frecuencia en la industria cárnica, se extrae con cierta facilidad y es relativamente buena para ligar agua y grasa, ella no es tan funcional como la miosina sola (Knipe, 2004).

Desde el punto de vista tecnológico la fracción de proteína miofibrilar es la más importante en los fenómenos de absorción, emulsión y gelificación (Hoogenkamp, 2008).

- **Proteínas de tejido conectivo**

El colágeno es la proteína de tejido conectivo más abundante y común del organismo animal, ya que es la base de una red fibrosa que transmite la fuerza de contracción de la fibra muscular a los huesos al recubrir y conectar las fibras musculares y los haces musculares. No es conveniente que los embutidos contengan una cantidad excesiva de colágeno, ya que es insoluble y, si se calienta a 60-65 °C en presencia de agua las fibras de colágeno se acortan o retraen a 1/3 aproximadamente de su longitud original. Si se prolonga el calentamiento a temperaturas superiores el colágeno se convierte en gelatina afectando la estabilidad de los productos cárnicos liberando grasa y humedad. Conviene generalmente que la cantidad de colágeno presente en los embutidos no exceda del 25% de la proteína total (Price y Schweigert, 1994).

- **Sarcoplásmicas**

Las proteínas sarcoplásmicas constituyen entre el 30 y el 35 % de las proteínas totales del músculo esquelético y algo más del músculo cardíaco. Son un conjunto heterogéneo de varias centenas de proteínas diferentes, son solubles en agua y con frecuencia son llamadas proteínas del plasma. Si bien, estas son frecuentemente desechadas en la industria cárnica, debido a la suposición de que son sangre, ellas pueden contribuir hacia las regulaciones de sustancias añadidas y también contienen la proteína mioglobina, la cual es responsable del color de la carne, si bien no son extremadamente beneficiosas en la ligazón de agua y grasa durante el procesamiento (Mitolo et. al, 2001).

En general, durante la preparación de las emulsiones cárnicas las proteínas cumplen dos funciones, la de emulsionar la grasa y la de ligar agua. Si cualquiera de estas funciones no se realiza adecuadamente, las emulsiones serán inestables y se producirá su ruptura durante la cocción (Price y Schweigert, 1994).

b) Grasa

Es un componente muy importante porque afecta directamente a la textura, jugosidad, sabor, textura, vida útil y estabilidad del producto por su contribución a la formación de la fase discontinua de las emulsiones cárnicas y por tanto uno de sus principales componentes estructurales (Price y Schweigert, 1994).

Las células del tejido adiposo contienen grandes cantidades de lípidos, siendo los más abundantes en el animal los triglicéridos, constituidos por tres ácidos grasos ligados a una molécula de glicerol. Los ácidos grasos normalmente presentes en el tejido animal se diferencian por su longitud de cadena (de 12 a 20 átomos de carbono) y por su grado de saturación. Cuando dos átomos de carbono están unidos por un enlace libre, se dice que se trata de una ligadura saturada; una doble ligadura que une dos átomos de carbono es un enlace no saturado. La combinación de diferentes longitudes de cadena y la presencia de enlaces no saturados en mayor o menor grado en la molécula confieren diferentes características fisicoquímicas, tales como el punto de fusión; el cual es directamente proporcional a la longitud de cadena e inversamente proporcional al número de enlaces no saturados de la molécula. Mientras más insaturado sea un ácido graso, menor será su punto de fusión y más susceptible será la grasa a la oxidación y al desarrollo de sabores rancios (Mitolo et. al, 2001).

Generalmente la grasa de cerdo es la más adecuada para la elaboración de salchichas, por contener una cantidad mayor de ácidos grasos no saturados que le confieren un punto de fusión menor a 24 °C que la grasa de vacuno con un punto de fusión igual a 32 °C, característica que propicia la formación de una emulsión más estable tomando en cuenta que, la energía mecánica derivada del proceso de picado (cutter o emulsor) eleva la temperatura de la pasta a unos 16-18 °C y una pasta formulada predominantemente con grasa de cerdo debería picarse y emulsionarse hasta alcanzar una temperatura de 17-18 °C (www.industriaalimenticia.com).

La grasa de cerdo regularmente se añade al proceso en forma de recortes; los tejidos provenientes de la dorsal, la pierna y la papada, son grasas predominantemente resistentes al corte, razón por lo cual, se destinan a la elaboración de los productos cárnicos como las salchichas (<http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Elaboraci%C3%B3n%20de%20productos%20c%C3%A1rnicos.pdf>).

c) Agua

El agua es el componente cuantitativamente más importante de los embutidos cocidos ya que constituye aproximadamente del 45 al 55% del peso total del producto, su importancia en la elaboración de este tipo de productos también se debe a que constituye la fase continua de la emulsión cárnica, dado que las proteínas tanto cárnicas como no cárnicas tienen que ser extraídas y dispersadas para que actúen eficazmente en la formación de la emulsión, el agua permite disolver las proteínas hidrosolubles y formar la salmuera que se requiere para solubilizar las proteínas miofibrilares por lo tanto, si la

emulsión no contiene la suficiente cantidad de agua no se obtendrá toda la capacidad emulsionante potencial de las proteínas de la carne (Price y Schweigert, 1994).

El agua interviene en las características organolépticas de las salchichas favoreciendo características como la suavidad, la jugosidad y por su contribución a la penetración de las sales curantes y al sabor (<http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Elaboraci%C3%B3n%20de%20productos%20c%C3%A1rnicos.pdf>).

Durante el procesamiento el agua se puede incorporar de forma tradicional o en forma de hielo; con esta medida se mantiene la pasta a una temperatura lo más baja posible, se tienen emulsiones cárnicas más estables y un medio muy seguro para impedir el crecimiento bacteriano (www.science.oas.org/embutidos/carnes_all.pdf).

d) Sales de curación

Las sales de curación están constituidas por la sal (cloruro de sodio o de potasio), los fosfatos, el azúcar y por los nitritos y nitratos de sodio o de potasio. Cada uno de ellos desarrolla un papel muy importante en el proceso (Price y Schweigert, 1994).

- **Sal**

La sal común juega un papel muy importante, pues además de contribuir al sabor y a la conservación del producto incrementa la fuerza iónica que es imprescindible para la solubilidad y el aumento de la capacidad de retención de agua de la proteína miofibrilar (Blanno, 2005).

La capacidad de la sal para solubilizar las proteínas del músculo tiene importancia vital en la fabricación de embutidos, puesto que las proteínas actúan como emulsionantes al cubrir los glóbulos de grasa y ligar el agua impartiendo de esta forma estabilidad a las emulsiones cárnicas (Quiroga, 2002).

Por otra parte el efecto de la sal sobre la capacidad de retención de agua de la carne se debe principalmente a los iones cloruro (no a los iones sodio), esto es porque las proteínas miofibrilares tienen cargas positivas y negativas a todo lo largo de su estructura. Estas cargas actúan como imanes en el sentido de que cargas iguales se repelen y cargas opuestas se atraen; si el número de cargas negativas presentes en la proteína aumenta al adicionar iones cloruro, las proteínas crecerán en vista de que una carga

negativa repele a otra igual, por tanto si el volumen proteico aumenta, también el espacio disponible para que el musculo absorba agua y como consecuencia la CRH (capacidad de retención de humedad) será mayor (Knipe, 2004).

Además de influir en el rendimiento del producto debido a la ligazón o retención de agua la sal retarda el crecimiento microbiano por ocasionar un descenso en la actividad de agua y favorece la penetración de otras sustancias curantes.

(<http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Elaboraci%C3%B3n%20de%20productos%20c%C3%A1rnicos.pdf>).

1. El agua o hielo y la sal se adicionan a la carne a fin de formar una solución salina que solubilizará a las proteínas miofibrilares, las cuales forman la fase continúa de la emulsión. La concentración de salmuera óptima para este propósito es de aproximadamente el 8% (Departamento de Alimentos, Universidad de Buenos Aires, 2007 "Tecnología de Alimentos II Guía de trabajos prácticos-laboratorio" Licenciatura en ciencia y tecnología de alimentos Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Facultad de Farmacia y Bioquímica (<http://www.qo.fcen.uba.ar/Cursos/Tecnoll/guia.pdf>)).

- **Nitratos y Nitritos**

Para la elaboración de embutidos se suele utilizar nitratos o nitritos ya sea en forma pura o bien mezclados con sal común y otras sustancias. En realidad el nitrito es producto de la reducción del nitrato. El paso de nitratos a nitritos es un proceso lento que no se puede controlar, por esta razón, depende del tiempo de fabricación el que se añada nitratos o nitritos al producto. Si se trata de un tiempo de producción rápido como en el caso de las salchichas, se utilizan cantidades mayores del nitrito; cuyo efecto más reconocido, es el desarrollo del color rojo o rosado de curado en los productos (Cubero, et al, 2002).

El desarrollo de dicho color se debe a la formación de la nitrosilmioglobina, pigmento típico de las carnes curadas. Debido al pH que prevalece en la carne, el nitrito se convierte en ácido nitroso y finalmente en óxido nítrico que al reaccionar con la mioglobina produce la nitrosilmioglobina de color rojo; cuando la carne se somete a un cocimiento por encima de 60 ° C, este pigmento se desnaturaliza y se convierte en el nitrosilhemocromo que da como resultado el color rosado típico de las salchichas (Quiroga y López, 2002).

Adicionalmente a esta función, los nitritos tienen un efecto importante como antioxidantes, previniendo el desarrollo de la rancidez oxidativa, y como conservador especialmente frente al crecimiento de las esporas de *Clostridium botulinum* microorganismo anaeróbico altamente peligroso por las potentes neurotoxinas que sintetiza, que cuando se consumen producen alto índice de mortalidad (Quiroga y López, 2002).

Desafortunadamente, el uso de nitratos y nitritos como aditivos presenta incuestionablemente ciertos riesgos; el primero de ellos, es que el nitrito, al ser capaz de unirse a la hemoglobina de la sangre, de una forma semejante a como lo hace a la mioglobina de la carne, forman metahemoglobina, un compuesto que ya no es capaz de transportar el oxígeno a los tejidos; otro riesgo es la formación de nitrosaminas, sustancias que son agentes cancerígenos. Por lo anterior el caso de los nitritos y nitratos puede ser representativo de las decisiones basadas en la relación riesgo/beneficio. Por una parte, se sitúa el riesgo de la formación de nitrosaminas, potenciales cancerígenos, mientras que por otra se sitúa el beneficio de evitar el botulismo. Con medidas complementarias, como la restricción de los niveles y el uso de inhibidores de la formación de nitrosaminas, los organismos reguladores de todos los países aceptan el uso de nitratos y nitritos como aditivos, considerándolos necesarios para garantizar la seguridad de ciertos alimentos. En el caso de uso de nitrato de sodio, la cantidad máxima permitida en combinación con el nitrito de sodio no debe rebasar los 156 ppm (Calvo, 1991, NMX-F-065-1984).

- **Fosfatos**

Los fosfatos tienen algunas funciones similares a la sal, ya que también pueden afectar la capacidad de ligar agua del músculo al incrementar el pH del mismo, lo cual aumenta sus cargas negativas netas. Estas cargas negativas aumentan la repulsión electrostática entre fibras y finalmente aumentan la hidratación del músculo; es por esta razón que la sal es muy importante para la funcionalidad de los fosfatos; a los niveles limitados a los que se añaden los fosfatos, la adición de sal tiene un mayor efecto en la fuerza iónica debido a la repulsión electrostática ocasionada específicamente por el ion cloruro en las proteínas del músculo; por tanto, la estabilidad de las emulsiones en las que se emplean fosfatos en ausencia de sal se reduce significativamente (Knipe, 2004).

Es el efecto sinérgico de la sal combinado con los fosfatos lo que mejora la capacidad de retención de agua y con ello se obtienen beneficios en el incremento de los rendimientos, aumento de la solubilidad de la proteína miofibrilar, las superficies del producto son más secas y firmes así como el hecho de dar mayor estabilidad del sabor, color y olor (Quiroga y López, 2002).

Existen varias formas de fosfatos disponibles para sus aplicaciones en la industria cárnica. Éstas incluyen: pirofosfato ácido de sodio, fosfato tetrásodico, ortofosfato, tripolifosfato de sodio, así como mezclas de éstos llamados polifosfatos para aplicaciones específicas, aunque existen algunos efectos generales que todos los fosfatos producen en la carne y que es importante de tener en cuenta.

Los fosfatos disminuyen la viscosidad de la emulsión, lo cual resulta deseable para evitar el aumento de temperatura durante las operaciones de picado y embutido, permitiendo a su vez prolongar el mezclado o el picado, mejorándose así la solubilización de la proteína y la reducción del tamaño de los glóbulos de grasa. La menor viscosidad también significa que la emulsión será más fácil de bombear de un punto a otro en la operación de embutido (Hoogenkamp, 2008).

Puesto que los fosfatos son secuestradores de metales, ayudarán a suprimir el desarrollo de sabores rancios. Al menos algunos de los fosfatos son capaces de suprimir el crecimiento microbiano y pueden ayudar a la estabilidad general del producto (Blanco, 2000).

- **Azúcar**

El azúcar es una sustancia que se usa comúnmente en la mezcla del curado en adición a la sal, el nitrito y el nitrato. Los azúcares empleados con más frecuencia son la sacarosa y la glucosa, aunque se han utilizado otros azúcares como lactosa, dextrosa, jarabe de maíz y el sorbitol con idénticos resultados. La principal función de los azúcares consiste en mejorar el sabor del producto y en mitigar el sabor de la sal. La importancia de los azúcares como ingredientes mejoradores del sabor de las carnes curadas ha disminuido un poco al aumentar la preferencia por los productos ligeramente curados frente a los productos estables fuertemente salazonados. Los cambios experimentados en las prácticas comerciales también han reducido la importancia de los azúcares como agentes coadyuvantes del desarrollo del color (www.industriaalimenticia.com).

e) Eritorbato de sodio

El eritorbato sódico es un fuerte agente reductor y fijador de color muy soluble en agua. En carnes curadas tiene doble funcionalidad reforzando el efecto preservante del nitrito de

sodio y mejorando la calidad organoléptica del producto acabado durante más tiempo (Cubero et al, 2002).

El eritorbato de sodio acelera la conversión de metmioglobina y nitrito a mioglobina y óxido nítrico suprimiendo también la reacción inversa. Esto resulta en una conversión más completa del pigmento muscular a forma de pigmento curado. Las cantidades residuales de ascorbato o eritorbato también ayudarán a estabilizar el pigmento de curado en el embutido reduciendo el deterioro del nitrosohemocromo y dando así al color una más larga vida útil. Una función benéfica adicional es que los eritorbatos inhiben la formación de nitrosaminas (Quiroga, 2002).

f) Condimentos

El término condimento es muy amplio y se aplica a todo ingrediente que aisladamente o en combinación confiere sabor a los productos alimenticios. Para sazonar los embutidos normalmente se emplean mezclas de diferentes especias en un porcentaje no mayor al 1%; también se usan otras sustancias como el glutamato monosódico, hidrolizados de proteína vegetales y nucleótidos. El glutamato monosódico y los nucleótidos aromatizantes resaltan o potencian el aroma, mientras que los hidrolizados de proteínas vegetales imparten un aroma cárnico característico (Price y Schweigert, 1994; Lortzing, et al, 1996).

Las especias son sustancias vegetales aromáticas desecadas y se usan con fines como condimentar o potenciar el sabor, ocultar ciertos olores, inducir una sensación picante y conferir un olor atractivo característico. Además tienen también propiedades antioxidantes, conservantes (antimicrobianas) y nutritivas (Nacameh, 2008).

Los condimentos más conocidos son las cebollas y los ajos que se usan tanto frescos como secos o en polvo, aunque en realidad, la lista es larga: pimienta blanca, pimienta negra, pimentón, laurel, jengibre, canela, clavos de olor, comino, mejorana, perejil, nuez moscada y tomillo, entre otros y, por tanto, su sabor, rendimiento y calidad varían con las condiciones climáticas, de suelo, cultivo y almacenamiento (MEIC, 2010).

1.2.3 Proceso de elaboración de la salchicha.

La funcionalidad de los ingredientes a lo largo del proceso de elaboración depende en gran medida de las condiciones a las que se lleve a cabo dicho proceso, es por ello que en cada una de las etapas: picado, mezclado, emulsificado, embutido, cocción y ahumado, enfriamiento y empacado deben conocerse las implicaciones del control del proceso (Figura 1.1).

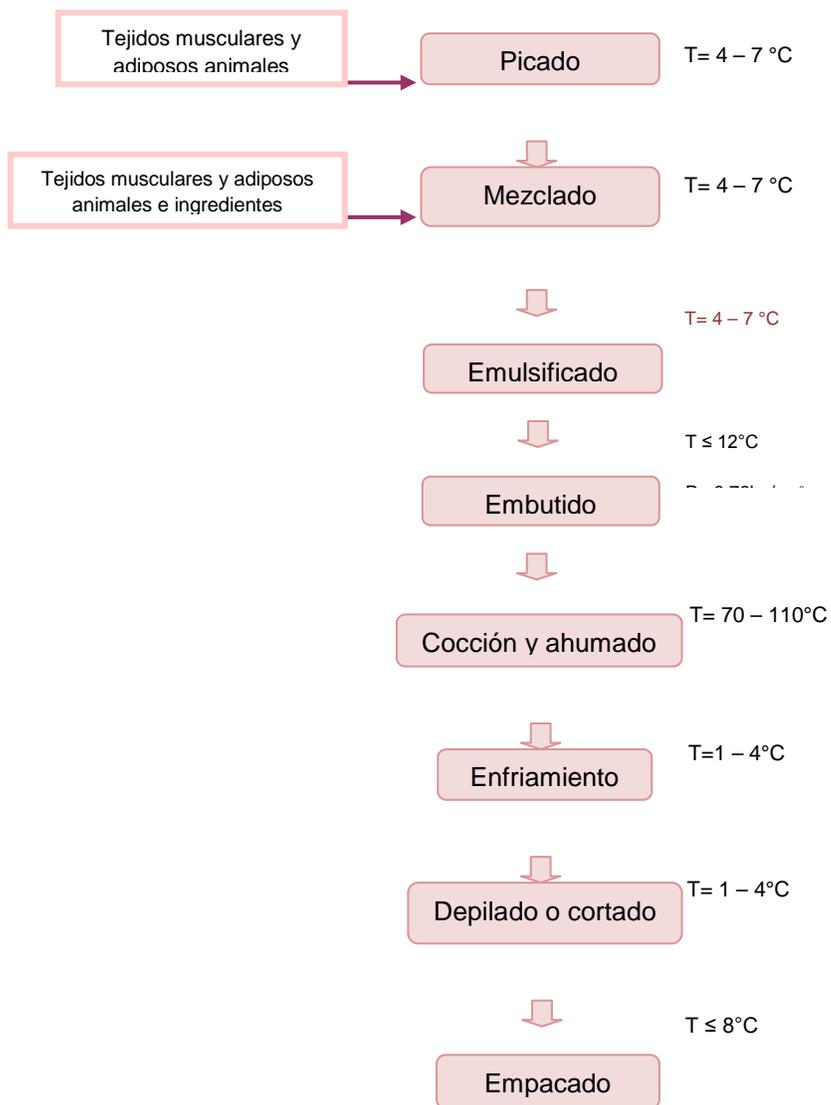


Figura 1.1 Proceso general de elaboración de salchicha.

a) Picado o trituración

Es el primer paso en la elaboración de salchichas y consiste en el picado de los tejidos musculares y adiposos animales para disminuir el tamaño de las partículas obtenidas (Blanno, 2005).

Es importante el control de la temperatura en esta operación, misma que no deberá sobrepasar los 4°C ya que las temperaturas óptimas para la extracción de proteínas contráctiles están entre los 4 y 7°C. Esta temperatura final debe ser controlada hasta la emulsificación. (Blanco, 2000).

El picado de la carne debe realizarse a una temperatura de 2 a 5 °C bajo cero, mientras que las grasas a una temperatura alrededor de los 15 °C, para evitar que la temperatura se incremente rápidamente ya que, las temperaturas demasiado elevadas provocan la fusión de la grasa que resulta desfavorable para el proceso de emulsificación debido a que la matriz proteica puede resultar insuficiente para recubrir todas las partículas de grasa. Por otra parte si se trabaja con material mal refrigerado, es frecuente también que los componentes ricos en colágeno (proteína estructural fibrosa que compone las fibras blancas de la piel, tendones, huesos, cartílagos y tejidos conectivos), siempre presentes, no resulten convenientemente triturados, si no que con posterioridad se dejan ver de manera inconveniente en la superficie del embutido (Werner,1995;<http://meatsci.osu.edu/SpanishDocuments/salchichafrescarust.pdf>).

b) Mezclado

En esta etapa, la carne y la grasa previamente trituradas, se mezclan con el agua o hielo, sal, especias y el resto de ingredientes hasta obtener una masa homogénea. (Pearson y Gillett, 1996).

Cabe destacar que al final de esta etapa los tejidos musculares y adiposos deben quedar reducidos a micro partículas con liberación de proteínas miofibrilares para garantizar la formación de una emulsión estable. Por tanto el mezclado no deberá efectuarse a una temperatura 8-15° C ya que podría impedirse una buena extracción de proteína (Blanno, 2005).

c) Emulsificado

En esta operación se lleva a cabo la preparación de la emulsión cárnica donde las proteínas solubilizadas y el agua forman una matriz que encapsula a los glóbulos de grasa. Para que dicha emulsión formada sea estable es absolutamente necesario que las proteínas se encuentren disueltas o solubilizadas. Esto puede conseguirse de dos formas:

- Tratando las carnes magras con salmuera diluida para solubilizar las proteínas miofibrilares, principalmente la miosina y la actina.
- Por la acción de corte de las cuchillas de una cutter, manteniendo una temperatura menor a 10 °C(Price y Schweigert, 1994).

d) Embutido

Es la operación mediante la cual la emulsión obtenida se introduce en las denominadas tripas. Las tripas son el envoltorio que permitirá efectuar el posterior tratamiento térmico del producto. Existen diferentes tipos de tripas y de la utilización de una u otra dependerán las características del producto final (Pearson y Gillett, 1996).

- **Tripas Naturales**

Proceden del tracto digestivo de vacunos, ovinos y porcinos. Las partes empleadas generalmente son el intestino delgado, grueso, ciego y vejiga (Nacameh, 2008).

Ventajas:

- Unión íntima entre proteínas de la tripa y masa embutida.
- Necesitan condiciones especiales de almacenamiento.
- Alta permeabilidad a los gases, humo y vapor.
- Son comestibles.
- Son más económicas.
- Dan aspecto artesanal.

Desventajas:

- Menos resistentes a la ruptura
- Son más frágiles, lo cual facilita la presencia de pinchaduras
- Deben almacenarse saladas
- Deben remojar previamente
(<http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Elaboraci%C3%B3n%20de%20productos%20c%C3%A1rnicos.pdf>).

En esta etapa del proceso las variables a controlar son la temperatura que no debe sobrepasar los 12°C, pues se podría provocar el rompimiento de la emulsión y el aire en el producto (que está dentro de la salchicha) ya que puede provocar que la salchicha no tenga un aspecto agradable (Blanco, 2000).

- **Tripas Artificiales**

En los últimos años se ha incrementado el empleo de las tripas artificiales en la industria cárnica. Los industriales prefieren incluso las tripas artificiales para determinados embutidos debido a que estas tripas presentan características tecnológicas superiores en algunos aspectos a las de las tripas naturales (Schiffner y Oppel, 1996).

Las tripas artificiales presentan, frente a las naturales, una serie de ventajas en lo que se refiere a:

- Aumentan los períodos de conservación
- Calibrado uniforme
- Resistencia al ataque bacteriano
- Resistencia a la rotura

- Algunas son impermeables (cero mermas)
- Algunas son permeables a gases y humo
- Se pueden imprimir
- Se pueden engrapar y usar en procesos automatizados.
- No son tóxicas
- Algunas son comestibles (colágeno)
- Algunas contráctiles (se adaptan a la reducción de la masa cárnica)
- Son fáciles para eliminar: Mediante un revestimiento interno especial se consigue que estas tripas mantengan unido al producto y que a la vez se puedan desprender con facilidad sin desgarrar el producto (<http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Elaboraci%C3%B3n%20de%20productos%20c%C3%A1rnicos.pdf>)

Dentro de este tipo de fibras las más comunes son:

- Tripas de colágeno: Son una alternativa lógica a las tripas naturales ya que están fabricadas con el mismo compuesto químico.
- Tripas de celulosa: se emplean principalmente en salchichas y productos similares que se comercializan sin tripas.
- Tripas de plástico: Se usan en embutidos cocidos.

e) Cocción y ahumado

Una vez realizado el embutido o envasado, se procede al tratamiento térmico de los productos, el cual puede llevarse a cabo con agua o con aire caliente y vapor. Las temperaturas que se alcanzan en esta etapa suelen ser de 70 a 110 °C (Pearson y Gillett, 1996).

La cocción tiene por finalidad:

- Impartirles consistencia firme debido a la conversión de la proteína disuelta al estado del gel.
- Llevar a cabo una deshidratación parcial.
- Fijar el color por desnaturalización de la mioglobina.
- Pasteurizarlos para prolongar su vida útil.

Algunas veces las salchichas son sometidas también a un ahumado el cual puede ser con humo natural o con preparaciones de humo líquido. Los componentes ácidos del humo tanto natural como líquido contribuyen a evitar el enranciamiento y la alteración bacteriana, impartirles mejor aspecto visual mediante la coagulación de las proteínas de la superficie y formar una piel o película de proteína desnaturalizada que facilita la operación de pelado, aunque con el ahumado se obtienen estos beneficios, el objetivo principal de la operación es conferirles un sabor característico (Price y Schweigert, 1994).

f) Enfriado

El objetivo de esta operación es que el producto disminuya su temperatura después de la cocción hasta una temperatura de 1 a 4°C, lo cual se consigue rociando el producto con agua fría y posteriormente se enfría por refrigeración (Desrosier, 1998).

g) Depilado o Cortado

El objetivo de esta etapa es el de separar las salchichas. Cuando se habla de depilado, se quita la tripa de celulosa, a través de la succión, por medio de una peladora, con el fin de empacar el producto sin la tripa. Sin embargo algunos consumidores prefieren el producto con la tripa por considerar que el producto no es tocado directamente por el hombre y por lo tanto más higiénico (Blanco, 2000).

h) Envasado

El envasado al vacío ha sido uno de los sistemas más exitosos para la conservación de productos cárnicos el cual consiste en generar un campo de vacío alrededor de un producto y mantenerlo dentro de un envase. Al retirar el aire del contenedor se obtiene una vida útil más larga y se conservan las características organolépticas del producto, ya que, al eliminarse el oxígeno no existe crecimiento de gérmenes aeróbicos tanto psicrofilos como mesófilos, que son los que originan la rancidez, la decoloración y la descomposición de los alimentos. Otro punto muy importante a considerar en el envasado es el material de empaque utilizado en un sistema de vacío ya que debe lograr el mantener el vacío generado, durante la mayor cantidad de tiempo (www.envapack.com).

En la actualidad se han venido desarrollando envases a partir de películas plásticas o de combinación de plásticos, papeles y hojas de aluminio cuya estructura puede elaborarse a partir de varios procesos de tal manera que se tienen: películas plásticas sencillas, películas plásticas coextruidas, laminaciones, recubrimientos y metalizados para cumplir con funciones específicas. En el envasado de los productos cárnicos, las laminaciones de diferentes materiales (plásticos, hojas de aluminio y papel) son de uso común para lograr mejores propiedades como barrera, brillantez, resistencia, flexibilidad, transparencia, mejor sellado y costo (Blanco, 2000).

1.2.4 Equipo utilizado para la elaboración de la salchicha

Para elaborar salchichas se utilizan diversidad de equipos, sin embargo cabe hacer mención de aquellos utilizados para elaborar las salchichas objeto de este estudio siendo los siguientes:

a) Picadora-emulsionadora

Generalmente las operaciones de picado, mezclado y emulsificado se llevan a cabo en el equipo denominado cutter, el cual está constituido por un recipiente en forma de taza, llamado “bol” y un juego de cuchillas que giran alrededor de un eje. El número de cuchillas varía entre 3 y 12, su forma y su orden de montaje sobre el eje también difieren. Se distinguen dos tipos de concepción: la picadora cutter de cuba móvil y la picadora cutter de cuba fija (Aleixandre, 1996).

- **Picadora cutter de cuba móvil:** Se compone de, entre otras partes, una cuba móvil en forma de plato que gira sobre un eje vertical y de un árbol de rotación horizontal que gira hasta 6.000 vueltas/minuto y sobre el cual están fijas las cuchillas. El volumen del bol varía entre 60 a 1.200 litros. La rotación de la cuba asegura una homogeneización de los materiales magros y de las grasas.
- **Picadora cutter de cuba fija:** Se compone de un recipiente fijo, de un árbol vertical sobre el que se fijan las cuchillas y de un brazo mezclador. Su capacidad es de 1 a 120 litros. La distancia de las cuchillas en relación con el fondo del recipiente, así como su separación, pueden variar según el modelo. Con este tipo de cutter se puede trabajar al vacío y se puede instalar un termostato al recipiente (Aleixandre, 1996).

b) Embutidora

Consisten en una tolva que recibe la pasta y, por medio de un rotor o tornillo sin fin, con o sin vacío, empuja la pasta con cierta presión a través de un pico o puntero hacia el interior de una tripa, bolsa, etc. (<http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Elaboraci%C3%B3n%20de%20productos%20c%C3%A1nicos.pdf>). Existen varios modelos:

- **Manuales:** Este tipo de equipos son accionados por engranajes y se caracterizan por ser de bajo costo lo cual implica que presenta algunas desventajas como el que su operación requiera de más de una persona ya que no es posible regular la presión con la que sale la emulsión de la embutidora (Desrosier, 1998).
- **De pistón:** Accionados por aire comprimido, agua o hidráulicos.

Son esencialmente un barril o cilindro grande que tiene una placa móvil. La placa casi siempre se eleva con presión de aire y empuja la mezcla de carne a través de un cierre o seguro y finalmente a través de una estructura tubular llamada “cuerno para rellenar”. El tamaño del cuerno se selecciona en relación con el tamaño y tipo de envoltura que va a usarse, empleándose casi siempre un cuerno de diámetro tan grande como sea posible para reducir las pérdidas de la emulsión. Este tipo de equipos se recomienda para las salchichas de molienda gruesa y aquellas que tienen trozos de grasa, aceitunas, pimiento y pepinillos, porque estos artículos pueden ser dañados por las bombas con impulsor. Estos rellenadores casi siempre tienen

conexiones de retroalimentación de salida rápida y son satisfactorias para envasar otros productos emulsionados como las salchichas “frankfurter” o “bologna” (Desrosier, 1998).

- **Semi automáticos:** contienen un tanque donde se coloca la pasta o trozos de carne y se embute la carne succionada por el vacío existente (para el sistema cook-in)
(<http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Elaboraci%C3%B3n%20de%20productos%20c%C3%A1rnicos.pdf>).

c) Equipos de cocción y ahumado

Dentro de los equipos empleados para llevar a cabo la cocción de las salchichas están los hornos de cocción y ahumado, tanques de cocción en agua y los túneles de cocción.

- **Hornos de cocción y ahumado:** Se distinguen entre sí por el tipo de materiales utilizados para su construcción que a su vez definen si se trata de un proceso del tipo casero o industrial, dadas estas características hay tres diferentes tipos hornos:
 - **Manuales:** Construidos con mampostería (ladrillos refractarios) calentados por leña o gas, y ahumados con aserrín. Estos hornos ahúman y hornean, debiendo terminarse la cocción en agua.
 - **Automáticos (electromecánicos):** Construidos en acero inoxidable. Cocinan ahúman en frío y en caliente y pueden incluir ducha para enfriado.
 - **Automáticos continuos:** Las salchichas entran por un lado y continuamente van saliendo cocidas, ahumadas y enfriadas.
- **Tanques de cocción en agua:** Construidos en acero inoxidable con aislamiento térmico, sistema de aire comprimido o bomba circulante para uniformar la temperatura a través de válvulas termorreguladoras o selenoides y termostatos. El sistema de calentamiento puede ser por gas o vapor.
- **Túnel de Cocimiento:** El sistema de cocimiento es con base en vapor y se emplean para embutidos de pequeños calibres (Müller y <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Elaboraci%C3%B3n%20de%20productos%20c%C3%A1rnicos.pdf>).

d) Equipos para enfriado

Dentro de los equipos utilizados para enfriar los embutidos se encuentran las duchas de agua, que generalmente se incluyen en los hornos de cocción y las cámaras de refrigeración que se utilizan para enfriar y almacenar el producto.

- **Duchas para enfriado:** Son un sistema de enfriamiento que consiste en colocar una serpentina con punteros aspersores adecuadamente distribuidos. La presión del agua no es muy intensa y la ducha puede realizarse a intervalos o continua (Aleixandre, 1996).
- **Cámaras de refrigeración:** La temperatura ideal de una cámara de refrigeración para embutidos como las salchichas es de 1 a 3°C, evitando la congelación, y con un control que mantenga la humedad cercana a un 70-75% (Kirchner y López, 2000).

e) Peladoras

Eliminan la tripa celulósica de las salchichas en forma manual o automática. Las automáticas son accionadas por vapor o por aire comprimido.

f) Equipos para realizar el envasado al vacío

Generalmente los embutidos se envasan al vacío en equipos tales como cámaras de pre-vacío, en las que sólo se extrae el aire gradualmente o en cámaras de vacío y cierre de termosellado donde el producto también es sellado.

- **Cámara de pre-vacío:** Consiste en una cámara con tapa de material acrílico donde se introducen las bolsas cook-in ya embutidas, verticales, abiertas. Se colocan las bolsas (12 a 24) dentro de un soporte especial donde se procede a la extracción del aire contenido entre los trozos o masa de carne. El sistema de vacío es gradual, escalonado, a forma de eliminar gradualmente las burbujas de aire. Este tipo de equipos generalmente es usado para envasar producto como jamones.
- **Cámara de vacío y cierre, cámara de vacío y termosellado:** Consiste en una cámara vertical de vacío, donde se colocan las bolsas con el producto en forma vertical. Se extrae el aire y se engrapa. La bolsa se puede también cerrar en una máquina al vacío especialmente diseñada, donde se termosella con un sistema de mayor presión que el estándar (www.science.oas.org/oea_gtz/libros/embutidos/pdf/carnes_all.pdf).

1.3 Emulsiones cárnicas

Una emulsión verdadera o clásica se define como la mezcla de por lo menos dos líquidos inmiscibles:

- El líquido que se dispersa como gotas o glóbulos, es la fase interna o dispersa,
- El líquido circundante es la fase continua o interna;

Si la fase dispersa es una sustancia no polar (como aceite) y la fase continua una sustancia polar (como agua) se denomina emulsión aceite en agua (**O/W**). De manera inversa, si la fase dispersa es agua y la continua un lípido se trata de una emulsión agua en aceite (**W/O**) (Herrera, 2007). Las emulsiones de este tipo tienden a ser inestables, es decir que después de un corto tiempo en reposo, las gotitas dispersas ascienden y se unen para constituir una capa superficial o se depositan y reúnen en un sedimento, según la densidad de ambas fases. Es factible favorecer la estabilidad de una emulsión añadiendo un emulsionante a una de las fases antes de la formación de una emulsión. Por emulsionante se entiende un agente tensoactivo que disminuye la tensión de interfase y forma una barrera física alrededor de cada gotita, con lo que impide su coalescencia (combinación de gotitas para formar gotas grandes) (Charalambous y Doxastakis, 1989).

Dentro de la elaboración de embutidos como las salchichas las cuales son emulsiones cárnicas, constituyen un ejemplo de emulsión aceite en agua, en la cual la fase dispersa está constituida por partículas de grasa y la fase continua por la solución de sal y proteína en la que se encuentran dispersas proteínas insolubles, partículas de carne y tejido conjuntivo, la cual se asemeja a una masa pegajosa que podría describirse mejor como una matriz proteica que durante la formación de la emulsión recubre las partículas de grasa y los mantiene en la suspensión líquida separados unos de los otros (Blanco, 2000).

Por tanto, en la formación de emulsiones cárnicas las proteínas miofibrilares, principalmente la miosina, actúa como un agente emulsionante pues constituye el puente situado en la interfase, en la cual los aminoácidos apolares de la miosina se asocian a la superficie de las partículas de grasa, mientras que los aminoácidos polares localizados en el extremo opuesto se unen a la fase acuosa (Knipe, 2004).

Para que las proteínas aporten dicha estabilidad al sistema es absolutamente necesario que las proteínas se encuentren disueltas o solubilizadas. Esto se consigue mediante dos procesos:

- a) Tratando las carnes magras con salmuera diluida para solubilizar las proteínas miofibrilares, principalmente la miosina y la actina. Dado que las proteínas solubles en agua, de procedencia sarcoplásmica en su mayor parte, y las proteínas insolubles del tejido conectivo, apenas tienen capacidad para emulsionar la grasa es necesario conocer la distribución relativa de esas proteínas en la especie a utilizar como materia prima cárnica en la elaboración de salchichas debido a su influencia en la formación de la emulsión (Price y Schweigert, 1994). Generalmente las carnes magras contribuyen mucho a la estabilidad de la emulsión y a las propiedades físicas de los embutidos debido a su alto contenido en proteínas miofibrilares (Tabla 1.5).

b) Por la acción de corte de las cuchillas de una cutter o proceso mecánico, factor que influye fuertemente en la estabilidad de la emulsión (Price y Schweigert, 1994).

Cuadro1.5 Distribución relativa de proteínas en distintas especies (Fennema, 2000)

Fracción	Mamíferos (%)	Pollo (%)	Pescado (%)
Miofibrilar	49 – 55	60 – 65	65 – 75
Sarcoplásmica	30 – 34	30 – 34	20 – 30
Del estroma	10 - 17	5 - 10	1 – 3

1.3.1 Factores que afectan la estabilidad de las emulsiones cárnicas.

Además de los ya mencionados, hay otros factores que pueden afectar la estabilidad de la emulsión cárnica, que son los siguientes:

- a) **Capacidad de retención de agua (CRH):** La capacidad de retención de agua de la carne tiene una enorme influencia en la estabilidad de la emulsión. Las proteínas miofibrilares deben solubilizarse para que las partículas de grasa queden debidamente recubiertas, cuanto mayor sea el estado de solubilización de las proteínas mayor será su capacidad para retener agua. La capacidad de retención de agua es mínima en el punto isoeléctrico (PI) de las proteínas. El PI es el pH en el cual todos los grupos de las cadenas laterales están cargados eléctricamente, siendo el número de cargas positivas igual al de cargas negativas; cuando ocurren cambios del punto isoelectrico por el incremento de cargas del mismo signo, dichas cargas quedan enfrentadas, se repelen y aumenta el espacio en la red tridimensional para retener agua (Hoogenkamp, 2008).

- b) **Formulación del producto:** Deben seleccionarse las materias primas cárnicas que tengan niveles adecuados de proteína funcional, es decir, miofibrilar para asegurar que la cantidad de matriz proteica sea suficiente para recubrir toda la grasa; de lo contrario, esta última se separara de la emulsión. Es por lo anterior que la cantidad de agua/hielo para solubilizar las proteínas, la adición de ligadores y el nivel de grasa en la formula son ingredientes que también afectan directamente la estabilidad de la emulsión debido a su funcionalidad en la formación de la matriz proteica (Blanco, 2000).

- c) **El proceso mecánico:** El tiempo, la temperatura y el orden de adición de los ingredientes son factores muy importantes en esta etapa del proceso, que afectan a la estabilidad de la emulsión ya que picar excesivamente la grasa disminuye el tamaño de partícula de la misma, haciendo necesaria una gran cantidad de proteína para recubrir dichas partículas de grasa. Dado lo anterior, idealmente debería incorporarse primero la carne magra a una temperatura de 1°C bajo cero, la mitad del hielo, sal y nitritos para permitir un mayor tiempo de picado, lo cual es muy beneficioso en la formación de emulsiones ya que, cuanto mayor sea el grado de picado mayor será la extracción de proteínas funcionales; en cuanto a las grasas conviene que sean añadidas hasta alcanzar una temperatura que oscile entre los 13 y 16°C ya que a temperaturas altas la grasa se funde y se torna plástica; de esta forma se obtiene mayor estabilidad de la emulsión, retención de agua y un mejor rendimiento final (Knipe, 2004).
- d) **Tratamiento térmico:** El tratamiento térmico desnaturaliza las moléculas proteicas y provoca su agregación para formar un gel. Es precisamente esta matriz proteica gelificada la que estabiliza la grasa pues constituye una barrera estérica contra su coalescencia; el agua queda retenida en los intersticios por diversas interacciones agua-proteína, a las que se suman, tras la gelificación, las fuerzas de capilaridad que retienen físicamente las moléculas de agua en disolución o en suspensión. El resultado es una red proteica tridimensional que estabiliza física y químicamente las gotas dispersas y las moléculas de agua (Blanno, 2005).

En la desnaturalización de las proteínas musculares hay dos temperaturas de transición críticas para la formación de geles ($T_m = 43^\circ$ y 55°C), que implican una serie de cambios conformacionales en las moléculas proteicas. La proteína principalmente implicada en el proceso de gelificación es la miosina, cuyas cabezas comienzan durante el calentamiento, a agregarse a una temperatura relativamente baja, en tanto que a medida que la temperatura va creciendo, se van desplegando las colas o segmentos en forma de bastón. La agregación de la región globular de doble cabeza exige intercambios de disulfuro y posiblemente asociaciones intermoleculares de las cadenas laterales. La agregación de las cabezas proporciona una zona de unión que facilita el establecimiento de enlaces entre las colas, que forman así geles tridimensionales, de un modo similar como ocurre con los polisacáridos. La red del gel se refuerza por medio de enlaces no covalentes establecidos entre centros que devienen disponibles gracias al desplegamiento de la molécula de miosina. La presencia de actina sólo mejora las características de los geles de miosina (Wong, 1995).

1.4 Sustancias ligantes o de relleno

Las sustancias no cárnicas denominadas sustancias ligantes y con menor frecuencia de relleno, son sustancias capaces de influenciar con su adición en la homogeneidad de los componentes de una pasta, ya sea de embutidos tratados con calor (cocidos y escaldados), pastas para untar o embutidos secos madurados. El poder de asociación y de ligazón de estos productos está asociado a sustancias contenidas en los aditivos

usados, que pueden ser desde el punto de vista químico, completamente diferentes: proteínas hidrolizadas que pasan del estado sólido a gel o derivados de azúcares que en frío o en caliente, forman gomas capaces de asociar los componentes de una pasta. Pueden ser de origen animal o vegetal: Los de origen animal: clara de huevo, suero o plasma de la sangre, la sangre completa, albúminas de la leche, leche entera o descremada, entre otros. Y los de origen vegetal: alginatos, carrageninas, goma de algarroba, almidón de papa o maíz, entre otros (Lozada, 2011).

1.4.1 Almidón

El almidón proporciona el 70-80 % de las calorías consumidas por los humanos de todo el mundo. Tanto el almidón como los productos de la hidrólisis del almidón constituyen la mayor parte de los carbohidratos digeribles de la dieta habitual (Fennema, 2000).

Cuando la planta forma las moléculas de almidón, se depositan en los amiloplastos de la célula. Éstos eventualmente forman el grano o gránulo de almidón. Los gránulos de almidón para diferentes plantas tienen tamaños y formas característicos, los diámetros varían de 2 a 150 μm (Charley, 2007).

El gránulo de almidón es un esferocristal formado por capas concéntricas o anillos de crecimiento. En cada capa las moléculas de amilosa y amilopectina se encuentran entremezcladas y dispuestas de manera radial. Cuando es posible, las moléculas lineales de amilosa y las cadenas laterales externas de la amilopectina se unen a través de puentes de hidrógeno formando micelas (áreas cristalinas). Estas micelas son las responsables de mantener el gránulo unido, permitiendo así el hinchamiento en lugar de la completa ruptura del gránulo y solubilización de las moléculas, durante el calentamiento de la suspensión acuosa. A lo largo de una cadena lineal, o en las ramificaciones externas de la amilopectina, pueden existir varias zonas cristalinas, producto de distintas asociaciones intermoleculares locales. Entre estas zonas micelares existen zonas amorfas (Figura 1.2). La orientación radial junto con las zonas cristalinas explican la razón por la cual los almidones sin gelatinizar pueden rotar un plano de luz polarizada para producir las cruces de interferencia características (Fanelli, 2002).

Los gránulos del arroz por ejemplo son más pequeños producidos por las plantas, tienen en promedio de 3 a 8 μm de diámetro y son de forma poligonal. La tapioca de la raíz de la planta de la yuca y el almidón de maíz, miden de 12 a 25 μm (Figura 1.3). Las primeras son redondas y las últimas redondas y poligonales. Los gránulos de almidón de trigo son de dos tipos, pequeños esféricos, de 10 μm de diámetro. Los gránulos de almidón de papa son grandes y pueden identificarse por su forma de concha de ostra y por la aparición de diferentes anillos concéntricos (Charley, 2007).

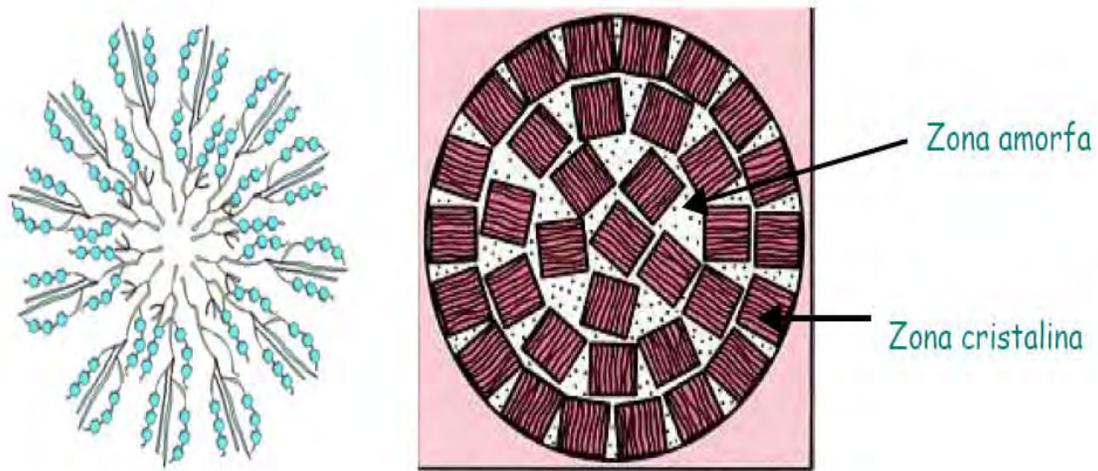


Figura 1.2 Zona amorfa y zona cristalina del granulo de almidón (Fanelli, 2002)

Las moléculas del almidón son polímeros de los azúcares simples (o monosacáridos) de la glucosa. La glucosa es una hexosa es decir un azúcar con 6 átomos de carbono en la molécula. Cuando las unidades de glucosa en una molécula exceden de un cierto número, el alto polímero resultante se denomina almidón. Las estimaciones en el número de residuos de glucosa en las moléculas de almidón, varían de 400 a 4000 μ m (Charley, 2007).

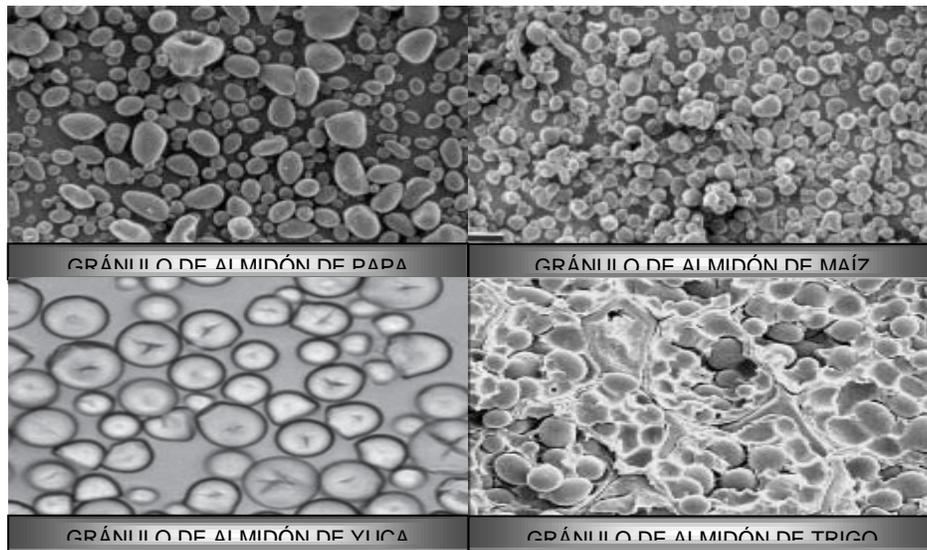


Figura 1.3 Estructura granular del almidón de diferentes fuentes botánicas (Olazar, 2010)

La estructura del almidón y su composición varía conforme a su fuente botánica. Todos los almidones contienen dos tipos de moléculas, una conocida como amilosa y otra como amilopectina (Imeson, 1997).

La amilosa y la amilopectina, son polisacáridos que están constituidos de cadenas de D-glucosa unidos mediante enlaces α (1-4). La amilosa es esencialmente lineal, mientras que la amilopectina está altamente ramificada mediante enlaces α (1-6) (Imberty, 1998). La ramificación ocurre en intervalos de entre 15 y 30 residuos de glucosa (Figura 1.4). El enlace se establece entre el carbono 1 de la rama y el carbono 6 del residuo de glucosa al que se une la ramificación (Charley, 2007).

Los dos componentes del almidón, amilosa y amilopectina, poseen propiedades físicas y químicas muy diferentes, que influyen en las propiedades sensoriales y reológicas de los alimentos principalmente mediante su capacidad de hidratación y gelatinización (Badui, 2006).

1.4.2 Amilosa

La mayor parte de la amilosa es una cadena lineal de unidades de α - D- glucopiranosilo unidas por enlaces (1-4), aunque existen también moléculas que poseen unas pocas ramificaciones en posición (1-6), equivalente al 0.3-0.5% de los enlaces (Figura 1.4). Las ramificaciones de la amilosa pueden ser muy largas o muy cortas, pero los puntos de ramificación están separados por largas distancias, de manera que las propiedades físicas de las moléculas de amilosa son esencialmente de las moléculas lineales.

Los enlaces de hidrógeno de la amilosa son responsables de la absorción de agua, desarrollando dispersiones de alta viscosidad que dan como resultado la formación de geles (redes tridimensionales) después de la gelatinización. Por su naturaleza cristalina, la amilosa solo se hincha a altas temperaturas (Fanelli, 2002).

1.4.3 Amilopectina

La amilopectina es una molécula muy grande y altamente ramificada, con enlaces de ramificación que constituyen alrededor del 4-5% del total de los mismos (Figura 1.4). Consiste en una cadena que contiene el único extremo reductor, denominada cadena-C, la cual tiene numerosas ramas, llamadas cadenas-B, a las que se unen por su parte cadenas-A. Las ramas de las moléculas toman la forma de un racimo, se presentan como dobles hélices.

La amilopectina forma cristales polimórficos tipo A- y B- que influyen en el arreglo de sus dobles hélices. Los cristales tipo A producen hélices relativamente compactas con una menor proporción de agua, mientras que los B dan lugar a una estructura más abierta conteniendo un núcleo helicoidal hidratado. Los estudios de difracción rayos X, permiten conocer este tipo de arreglos. Se presenta en todos los almidones, constituyendo

alrededor del 75% de los almidones más comunes. Algunos están formados exclusivamente por amilopectina, y se les conoce como céreos (Fennema, 2000).

La molécula de la amilopectina tiene poca tendencia a la retrogradación en sus soluciones calientes; al enfriarse se hacen viscosas, pero no gelifican como consecuencia de su estructura ramificada, poco apta para la formación de redes moleculares (Badui, 2006).

En términos generales, los almidones contienen aproximadamente 17 – 27% de amilosa, y el resto de amilopectina. Algunos cereales, como el maíz, el sorgo y el arroz tienen variedades llamadas céreos que están constituidas casi únicamente por amilopectina; hay otras que tienen hasta 90% de amilosa. La concentración relativa de estos dos polímeros está regida por factores genéticos típicos de cada cereal (Badui, 2006).

La amilopectina presenta menor grado de cristalinidad que la amilosa y absorbe mucho más agua. Los gránulos que contienen mayor porcentaje de amilopectina se disuelven con mayor facilidad en agua a 95°C. A diferencia de la amilosa, la amilopectina no tiene tendencia a la recristalización, mientras que la amilosa sí. De tal modo que a mayor concentración de amilosa disminuye la adhesividad de los geles y aumenta la firmeza de los mismos. Las moléculas de amilosa contribuyen a la formación de geles. Esto se debe a que sus cadenas lineales pueden orientarse paralelamente y acercarse lo suficientemente entre sí como para formar uniones intermoleculares. En cambio, las moléculas ramificadas de amilopectina dan viscosidad a la pasta cocida de almidón. Esto se debe parcialmente al rol que tiene esta molécula en mantener el gránulo hinchado luego de la incorporación del agua. No se consideran responsables de la obtención de geles debido a que las ramificaciones impiden estéricamente la unión entre las moléculas (Fanelli, 2002).

La consistencia de un almidón está relacionada con su fuerza, que puede ser fuerte, débil o suave, dependiendo del nivel de gelatinización y la fuerza de hinchamiento del gránulo. La textura de un almidón está determinada por la viscoelasticidad y la deformación del gránulo, que puede ser larga ó corta. Esta propiedad depende de la fuerza intermolecular de los gránulos y la cantidad de ruptura de los mismos. La claridad puede variar de claro, turbio a opaco. Esta propiedad está relacionada con el resultado de dispersión de la amilosa y la asociación de los demás componentes presentes en el almidón.

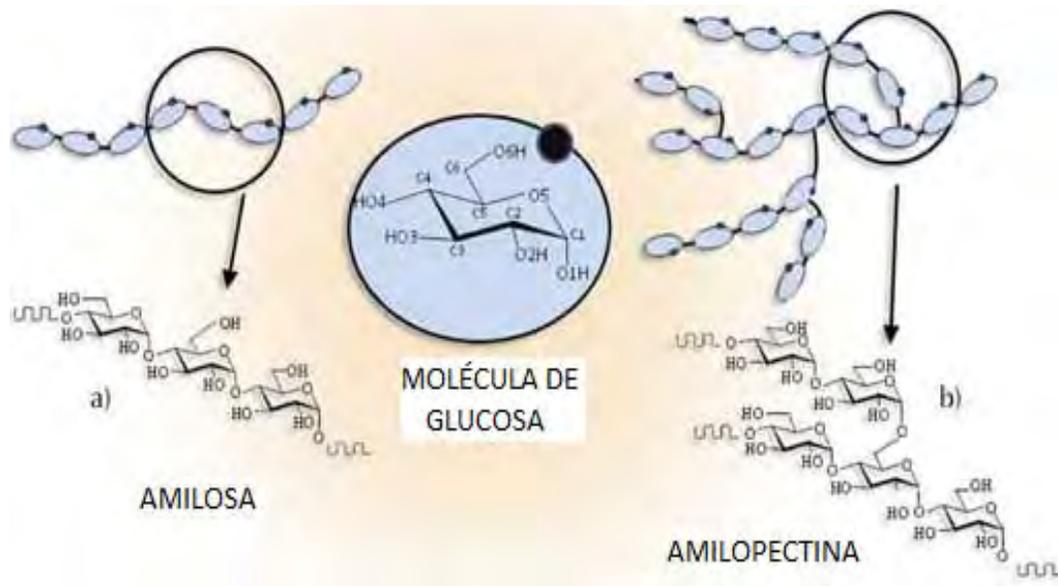


Figura 1.4 Estructura interna de la amilosa y de la amilopectina (Olazar, 2010)

1.4.4 Gelatinización

Cuando la energía cinética de las moléculas de agua en contacto con los gránulos de almidón se hace lo suficientemente mayor como para producir la atracción entre las moléculas de almidón unidas por puentes de hidrógeno dentro del gránulo, las moléculas de agua pueden penetrar al grano de almidón, primero en las áreas menos amorfas y luego que se eleva la temperatura, en las áreas cristalinas.

La captación de agua de los granos de almidón comienza a una temperatura variable, de acuerdo con la fuente del almidón. Al ocurrir, la suspensión lechosa se hace menos opaca, más translúcida y los granos hinchados pierden su birrefringencia e inician el espesamiento del líquido (Charley, 2007).

Cuando el almidón se somete a calentamiento, en presencia de la suficiente cantidad de agua, la apariencia de los gránulos no cambia hasta que se alcanza una temperatura crítica denominada temperatura de gelatinización. La temperatura de gelatinización indica el momento en que el nivel energético es suficiente para disociar los enlaces de hidrógeno que mantienen ordenadas las cadenas moleculares en el gránulo. Es decir, se alcanza el máximo de viscosidad y se pierde la birrefringencia (Primo, 1998).

Aún cuando los granos han perdido su birrefringencia y se han hinchado al máximo, el espesamiento es incompleto debido a que el calentamiento adicional de la suspensión resulta en un espesamiento adicional (Charley, 2007). Es decir la pérdida de birrefringencia se puede utilizar como indicador de la temperatura de inicio de la gelatinización, puesto que la misma ocurre cuando comienza el hinchamiento del gránulo. Los gránulos de mayor tamaño suelen ser menos compactos y por ello, comienzan a hidratarse antes que los más pequeños (Fanelli, 2002).

Si se continúa el calentamiento por encima de la temperatura de gelatinización, se seguirán rompiendo puentes de hidrógeno, aumentando la penetración de moléculas de agua en el gránulo, las cuales, se asocian a grupos hidroxilos liberados durante el proceso. Ello origina un aumento progresivo del volumen del grano y de la solubilidad del almidón (Primo, 1998).

El proceso continúa hasta que se alcanza la viscosidad máxima, en cuyo momento las fuerzas de cohesión que mantienen la estructura del gránulo se debilitan hasta el punto que pierde su integridad y la viscosidad comienza a disminuir debido a que solubilizan gran número de moléculas (Figura 1.7).

Si en este punto se deja enfriar la pasta, las moléculas de amilosa vuelven a asociarse lentamente, formando un precipitado o un gel (Primo, 1998).

Durante el almacenamiento puede ocurrir que las macromoléculas reaccionen entre si y pierdan su capacidad de retención de agua; esto ocasiona que las moléculas de agua que ya no son retenidas se desprendan de la matriz del gel y emigren hacia la superficie. Éste fenómeno se conoce como sinéresis, lo cual indica exudación o liberación de agua causada por un reacomodo interno de las macromoléculas (Badui, 2006).

1.4.5 Retrogradación

Cuando la pasta se enfría, la energía cinética ya no es tan grande para contrarrestar la marcada tendencia de las moléculas de amilosa para reasociarse. Las moléculas de amilosa se vuelven a fijar en las demás y a las moléculas de almidón en la parte externa de los gránulos. Así se unen los gránulos de almidón hinchados en una red. Esto ocurre siempre que los granos hinchados se encuentran relativamente cercanos y que hayan

escapado bastantes moléculas de amilosa de los gránulos. La recristalización del almidón gelatinizado se denomina retrogradación (Charley,2007).

Este fenómeno se define como la insolubilización y la precipitación espontánea, debido a que las cadenas lineales de las moléculas de amilosa se orientan de forma paralela y reaccionan entre sí por puentes de hidrógeno a través de sus múltiples hidroxilos; esto se puede efectuar por diversas rutas, según la concentración y la temperatura del sistema. Si una solución concentrada de amilosa se calienta y se enfría rápidamente hasta alcanzar la temperatura ambiente, se forma un gel rígido y reversible, pero si las soluciones son diluidas, se vuelven opacas y precipitan cuando se dejan reposar y enfriar lentamente. Cada almidón tiene una tendencia diferente a la retrogradación, lo cual se relaciona con su contenido de amilosa; es más difícil que la amilopectina la desarrolle, debido a que sus ramificaciones impiden la formación de puentes de hidrógeno entre moléculas adyacentes; sin embargo, si las soluciones de almidón se congelan y se descongelan continuamente, se produce su insolubilización. Las fracciones de amilosa o las secciones lineales de amilopectina que retrogradan, forman zonas con una organización cristalina muy rígida que, para romperse y permitir la gelatinización del almidón, requiere alta energía (Badui, 2006).

Las condiciones de enfriamiento impactan sobre la firmeza de los geles. Generalmente si el enfriamiento es demasiado rápido, la amilosa no tiene tiempo para formar las micelas necesarias para dar la estructura tridimensional. Si el enfriamiento es demasiado lento, las fracciones de amilosa tendrán mayor chance de alinearse y acercarse entre sí impidiendo que el líquido quede atrapado en la red. En ambos casos ocurrirá sinéresis (Fanelli, 2002).

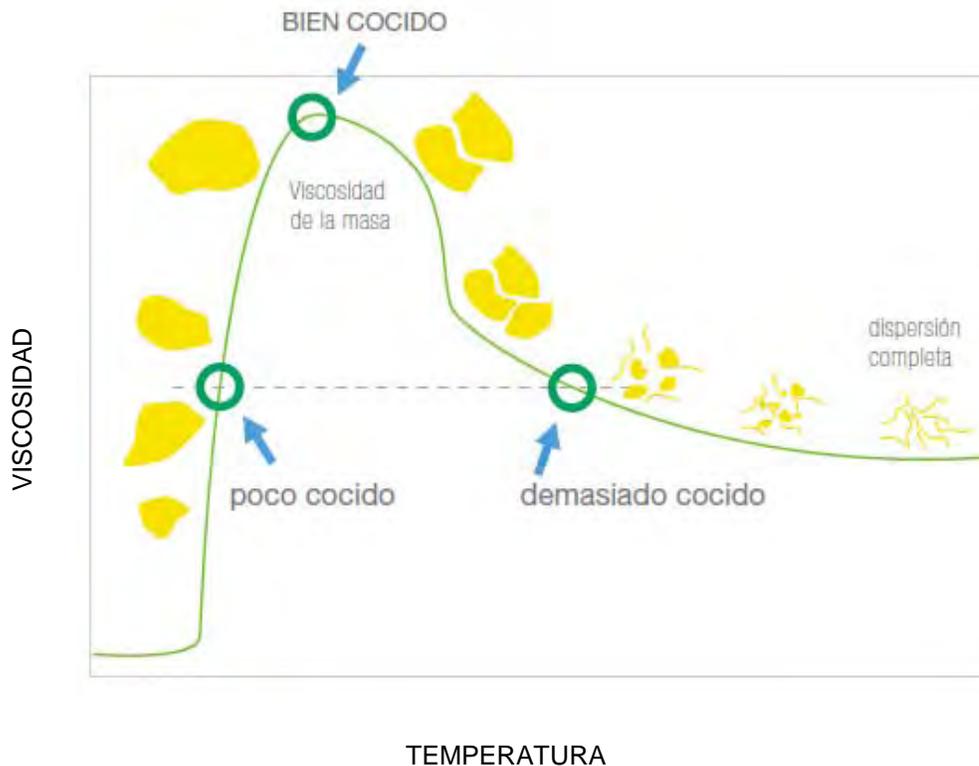


Figura 1.5 Gelatinización de almidón (Fanelli,2002)

1.4.6 Almidones nativos

Conocer las principales propiedades de los almidones nativos, permite predecir sus correctas aplicaciones. Las propiedades físicas de los almidones nativos están determinadas principalmente por la proporción de amilosa y amilopectina en el granulo de almidón. Los almidones de tubérculos (papa) y raíces (tapioca) dan lugar a débiles enlaces intramoleculares, sufren un gran hinchamiento que resulta en la formación de pastas de alta viscosidad. Puesto que los gránulos altamente hinchados se rompen fácilmente, la viscosidad decrece con rapidez al aplicar fuerzas moderadas de cizalla (Fennema, 2000).

a) Almidón de papa

El almidón de papa por su temperatura de gelatinización que es de 72-80 °C, es considerado como el tipo de almidón óptimo para carnes procesadas ya que en los

almidones de trigo y maíz la temperatura requerida es mayor, por lo que se pueden aplicar a una gran variedad de productos cárnicos como jamones de cerdo y pavo, bologna, salchichas y para obtener productos bajos en grasa. En general a todos los productos a los que se les agrega almidón de papa presentan un aumento en el rendimiento, excelente ligazón y retención de agua, y pueden ser congelados sin presentar daños posteriores. En las salchichas bajas en grasa con almidón de papa, se observan menores pérdidas durante la cocción y el almacenamiento a temperatura de refrigeración (Werner, 2007).

En la industria cárnica el almidón de papa se utiliza como espesante debido a que las proteínas cárnicas gelifican alrededor de los 57 °C (desnaturalización de proteínas) y durante ese tiempo tienden a encogerse en tamaño y exudar humedad; en consecuencia, el almidón comienza a absorber agua a esta temperatura.

Durante la cocción, el agua debe estar firmemente adherida al producto mientras alcanza la temperatura máxima de 70 a 75°C. El almidón de papa se destaca en este aspecto, por lo que es considerado como el tipo de almidón óptimo para carnes procesadas. Normalmente féculas de papa nativa, ya que los almidones de trigo y maíz no son aptos para estos productos cárnicos, pues no se alcanza su temperatura de gelatinización (72-80°C) (www.alimentacion.enfasis.com/notas/7212-las-feculas-tomaron-el-control).

b) Almidón de maíz nativo

El componente químico principal del grano de maíz es el almidón, al que corresponde hasta el 72 o 73% del peso del grano. Otros hidratos de carbono son azúcares sencillos en forma de glucosa, sacarosa y fructosa, en cantidades que varían del 1 al 3% del grano. El almidón está formado por dos polímeros de glucosa: amilosa y amilopectina. La amilosa constituye hasta el 25-30% del almidón y la amilopectina hasta el 70-75% (FAO, 1993).

Los almidones nativos son denominados así, debido a que no han sufrido ninguna modificación química durante su obtención, son insolubles en agua por debajo de su temperatura de gelatinización. El almidón de maíz nativo contiene 73% de amilopectina y 27% de amilosa. Cuando los gránulos de almidón son calentados progresivamente en agua a temperaturas más altas, se alcanza un punto donde comienzan a hincharse irreversiblemente (www.alimentacion.enfasis.com/notas/7212-las-feculas-tomaron-el-control).

Todos los almidones nativos presentan el fenómeno de retrogradación, esto quiere decir que, transcurrido un cierto período de tiempo (3-5 días, dependiendo del almidón), el agua retenida comienza a liberarse (sinéresis) con el consiguiente aumento del Aw (agua libre) (Werner, 2007).

c) Almidón de Maíz Céreo

El almidón de maíz Céreo, está compuesto de 97% de amilopectina y 3% de amilosa. Por lo tanto los gránulos se hinchan rápidamente alcanzando el punto de ruptura, sucediéndose por tanto una disminución en la viscosidad del sistema, con escasa o ninguna tendencia a gelificar, por lo que son utilizados debido a su estabilidad y a otras propiedades de sus dispersiones. Son usados por la industria alimenticia como estabilizadores en pudines, salsas, pasteles y aderezos de ensaladas; en la industria cárnica ayudan a obtener una masa de carne con excelente adhesividad en productos emulsionados y reestructurados; aumentan la retención de humedad y jugosidad; mantienen la textura aún en altas temperaturas de proceso y en producto terminado presentan una textura firme y una reducción en el encogimiento (FAO, 1993).

d) Almidón de tapioca (yuca)

Los gránulos de almidón de yuca y papa contienen un pequeño porcentaje de sustancias grasas (0.6 y 0.8%) respectivamente. Esta composición favorece al almidón de yuca ya que éstos lípidos forman un complejo con la amilosa, la cual tiende a reprimir el hinchamiento y la solubilización de los gránulos del almidón. Por esta razón se necesitan temperaturas altas (>125°C) para romper así la estructura amilasa-lípidos y solubilizar así la fracción de amilasa. La presencia de sustancias grasas puede crear problemas por la tendencia a ranciarse en el almacenamiento. El contenido de proteínas del almidón de yuca (0.1%) es muy bajo comparado con el de almidones extraídos de otras fuentes botánicas.

El promedio del contenido de amilosa en el almidón de yuca es de 17% y gelatiniza a temperaturas relativamente bajas (60-67°C) lo que implica que es un almidón fácil de cocinar y requiere menor consumo de energía durante su cocción. Además tiene una tendencia baja a la retrogradación y produce un gel muy claro y estable. Las propiedades de claridad y baja retrogradación del almidón de yuca pueden ser utilizadas en muchos productos alimenticios. Se ha encontrado también que las pastas de almidón de yuca son estables a medios ácidos por debajo de pH de 2.4, medio en el cual hay destrucción del gránulo y del aspecto físico de la pasta (Werner, 2007).

En los últimos años se desarrollaron diversos almidones modificados con propiedades funcionales muy importantes que permiten disminuir costos y mejorar las propiedades de los almidones.

1.4.7 Almidones modificados

Los almidones modificados presentan más propiedades funcionales que los nativos, ya que sus propiedades pueden ser mejoradas mediante modificación, por lo que generalmente se emplean más en la industria; estos productos pueden ser agentes estabilizadores, emulsionantes, humectantes, espesantes, en productos con distintos pH, sales, sólidos, lípidos, entre otros, es decir, se cuenta con un almidón modificado para cada necesidad.

1.4.7.1 Modificación física. En este caso, se confiere al almidón de la capacidad para formar una pasta, la que se logra al calentar una mezcla de almidón, por ejemplo en un secador de tambor, a una temperatura por encima de su punto de gelatinización rápidamente seguido por el secado antes de reagrupamiento o retrogradación de las moléculas de almidón. La técnica se utiliza principalmente con el almidón de papa, ya que el producto tiene un aumento de temperatura de gelatinización y se utiliza para dispersar en agua hirviendo, sin formación de grumos (Imeson, 1997).

- a) **Pregelatinización:** Consiste en cocer y gelatinizar el almidón, haciéndolo pasar por unos rodillos calientes; el producto se hincha rápidamente en agua fría y forma una pasta estable; es un buen agente espesante y su aplicación más importante es en la preparación de bebidas y postres instantáneos (Badui, 2006).

1.4.7.2 Modificación química. Las modificaciones químicas implican generalmente la hidrólisis ácida, oxidación, esterificación o eterificación. Múltiples tratamientos pueden ser empleados para obtener la combinación deseada de propiedades (Imeson, 1997).

- a) **Hidrólisis:** Se utiliza la hidrólisis ácida para romper limitadamente las moléculas de almidón. Esta modificación logra disoluciones menos viscosas, se hidratan a temperaturas bajas, ofreciendo baja resistencia al calor y manteniendo mejor la textura del gel (menor tendencia a la sinéresis) (Fanelli, 2002).
- b) **Almidones oxidados.** El tratamiento de almidón con agentes oxidantes también produce almidones con longitudes de cadena más corta que los de almidones naturales. Además, los enlaces de hidrógeno se ven afectados de tal manera que se reduce la tendencia a la retrogradación, produciendo geles de alta claridad. Los almidones oxidados son los mejores espesantes para aplicaciones que requieren geles de baja rigidez.
- c) **Fluidización:** Se obtienen calentando, a temperatura suave (50 °C) una suspensión de almidón en ácido clorhídrico diluido, filtración, lavado y secado, con

lo cual se obtiene un producto cuya pasta caliente es de poca viscosidad que puede utilizarse en concentraciones altas con una fluidez manejable. Se usan en la industria de caramelos cuando se desea lograr texturas gomosas (Primo, 1998).

- d) Esterificación:** Esta modificación se lleva a cabo con anhídricos orgánicos e inorgánicos o con sales ácidas de orto, piro y tripolifosfatos, que reaccionan con los OH y forman uniones éster (Badui, 2006).

Los productos de almidón esterificados con reactivos monofuncionales resisten las asociaciones intercuaternarias; la derivación de los almidones con reactivos monofuncionales reduce las asociaciones intermoleculares, con lo cual aumenta la tendencia a gelificar de las pastas de almidón y la tendencia a la precipitación. De aquí que esta modificación sea a menudo conocida como estabilización y, los productos obtenidos, como almidones estabilizados (Fennema, 2000).

Este tipo de almidón tiene menor temperatura de gelatinización, se hidrata más fácilmente, sus pastas transparentes son viscosas y no presentan retrogradación; por su estabilidad a los ciclos de congelamiento-descongelamiento, se emplean en la elaboración de alimentos congelados (Badui, 2006).

Con mucha frecuencia, los almidones modificados usados en alimentos son tanto entrecruzados como estabilizados.

- e) Enlaces cruzado:** La mayoría de los almidones modificados son entrecruzados. El entrecruzamiento se produce cuando los gránulos de almidón se hacen reaccionar con agentes difuncionales, los cuales reaccionan con dos grupos hidroxilo de distintas moléculas del mismo gránulo. La forma más frecuente de entrecruzamiento es la producción de ésteres fosfato de di almidón. El almidón se hace reaccionar bien con cloruro de fosforilo (PO_3Cl_2) o bien con trimetafosfato sódico en medio alcalino y posteriormente se seca. La unión de las cadenas de almidón por medio del diéster fosfato u otros agentes de entrecruzamiento refuerza el gránulo y reduce por tanto la velocidad y el grado de hinchamiento y la desintegración subsiguiente. En consecuencia los gránulos exhiben una sensibilidad reducida a las condiciones del procesado (alta temperatura, tiempos dilatados de cocción, bajo pH, fuerzas de cizalla en el mezclado, molido, homogeneización y/o bombeado). Las pastas cocidas de almidones entrecruzados son mas viscosas, con más cuerpo, una textura más corta y con menos tendencia a degradarse en las cocciones largas o por exposición a pH bajo o por agitaciones severas y su sinéresis es mínima (Badui, 2006).

- f) Estabilización:** El almidón se somete a reacciones de incorporación de grupos monofuncionales, como hidroxipropilo, fosfato y acetilo. Estos grupos funcionales adicionados interfieren con la asociación de las moléculas de amilosa a través de enlaces de hidrógeno, permitiendo al almidón permanecer hidratado formando disoluciones limpias y estables. Estos almidones se hidratan a temperaturas más

bajas. Esta modificación previene la gelificación y produce pastas que soportan varios ciclos de enfriamiento antes de que ocurra la sinéresis (Ver fig. 1.8.) (Fanelli, 2002).



Figura 1.6 Estructura interna de almidones modificados.

http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/2001819/lecciones/cap03/cap03_11.html

Los almidones sometidos a entrecruzamiento y estabilización se utilizan en alimentos enlatados, congelados, horneados y desecados. En alimentos infantiles y en los rellenos de frutas y tartas envasados incrementan la vida útil de conservación. También permiten que permanezcan estables a lo largo de su conservación por largos periodos las tartas de frutas, pasteles de carne y salsas congelados (Fennema, 2000).

Un almidón de maíz ceroso nativo exhibe una textura continua y cohesiva. Si a ese mismo almidón se le imparte una reticulación ligera, su textura será menos continua y su opacidad mucho menor. Si, en cambio, la reticulación se efectúa a un grado mucho mayor, la viscosidad bajará al igual que la claridad. Esto último se debe a que, al estar reticulado, el almidón no es susceptible de cocerse correctamente en vista de que los gránulos no llegan a hincharse (Mitolo, 2001).

El almidón de maíz ceroso entrecruzado, no tiene propiedades gelificantes y presenta resistencia a condiciones drásticas comunes en los procesos de elaboración de alimentos como agitación, calentamiento y pH bajo, además de no presentar retrogradación.

1.4.8 Aplicación del almidón en la industria cárnica

El almidón es el carbohidrato más utilizado en la industria cárnica debido a su disponibilidad y beneficios económicos.

En forma general se puede decir que las siguientes son las razones de aplicación de los almidones:

1. Absorben agua y son agentes ligantes.
2. Mejoran la textura (firmeza, cohesión, jugosidad) de los productos cárnicos.
3. Reducen los costos.
4. Disminuyen las pérdidas por cocción, el encogimiento y retienen la humedad.
5. Reducen el contenido de grasa en los productos.

Los almidones son empleados principalmente para modificar o generar viscosidad a través de su capacidad de ligazón, como agentes texturizantes, en el aspecto sensorial (sabor, textura, jugosidad, color), además de mejorar el rendimiento.

En los puntos importantes a controlar, quizá el más significativo es el de cocimiento, dado que este punto representa la máxima aplicación o ventaja técnica del almidón en cuestión.

En este punto es donde se conjuga la máxima absorción de agua, expansión del gránulo y aumento de volumen, siempre y cuando se tenga controlada la temperatura del mismo. Si se llegara a sobrepasar el punto de cocimiento por un excesivo calentamiento, el gránulo hinchado se rompería parcialmente, afectando la amilopectina y la amilosa que, fuertemente hidratadas vierten su contenido al producto de una manera inconveniente, resultando la sinéresis, es decir, el desprendimiento de agua causado por la retrogradación de la amilosa.

En el caso de las emulsiones de carne, el almidón influye en la ligazón y dispersión de la grasa en la mezcla. Si el almidón no retiene la humedad durante el procesamiento y la cocción, la carne y la grasa, tenderán a separarse, lo que resultará en un producto inapetecible de textura granulosa.

Desde otro punto de vista, las propiedades que se buscan en un almidón idóneo para productos cárnicos son:

- a) Su capacidad de ligazón y estructuración.
- b) La estabilidad en ciclos de congelación, descongelación y prevención de desprendimiento de líquido (sinéresis).
- c) Su capacidad de impartir succulencia.
- d) Su capacidad de impartir textura.
- e) Su capacidad para mejorar los rendimientos.
- f) Su capacidad para reducir el encogimiento durante la cocción.
- g) Mejorar las características del rebanado.
- h) La reducción de costos.

1.5 Fibra dietética

El concepto tradicional de dieta saludable ha cambiado en los últimos años. Esto se debe a la evidencia científica de que los alimentos presentan características importantes para la salud, al estar presentes compuestos fisiológicamente activos que contribuyen a reducir la incidencia de ciertas enfermedades crónicas y, por tanto, son necesarios para una dieta saludable.

El interés del consumidor por mantener dietas saludables, su desconfianza hacia los alimentos procesados y el aumento en el mercado de los alimentos naturales ha creado un estado de revolución técnico científica en la industria alimentaria. (Molina y Martín, 2007).

Las fibras dietéticas son una herramienta eficaz y versátil en los productos cárnicos, debido a que se pueden adicionar sin cambios en la textura o provocar modificaciones en ésta según se requiera; sirven para la disminución o sustitución de otros ingredientes como grasas o azúcares, evitan la aglutinación, dan protección a aromas, sabores y mejoran las características organolépticas.

Las fibras dietéticas según la NOM-086-SSA1-1994, se definen como los componentes de material vegetal (polisacáridos no amiláceos y lignina) que no son digeridos por las enzimas del sistema digestivo de los mamíferos. Químicamente, son polisacáridos vegetales que forman parte de las paredes celulares o de las reservas citoplasmáticas de las plantas. Existen una gran cantidad de materiales vegetales que se engloban en ésta: salvados de trigo, avena, maíz, centeno, fibras de manzana, soya, chícharo, agar, carrageninas, goma guar, xantana, algarrobo, pectinas, carboximetilcelulosa, inulina, oligosacáridos, almidones resistentes, goma de acacia, polidextrosas, entre otras.(Figura 1.9) (Garduño y Morales,2005).

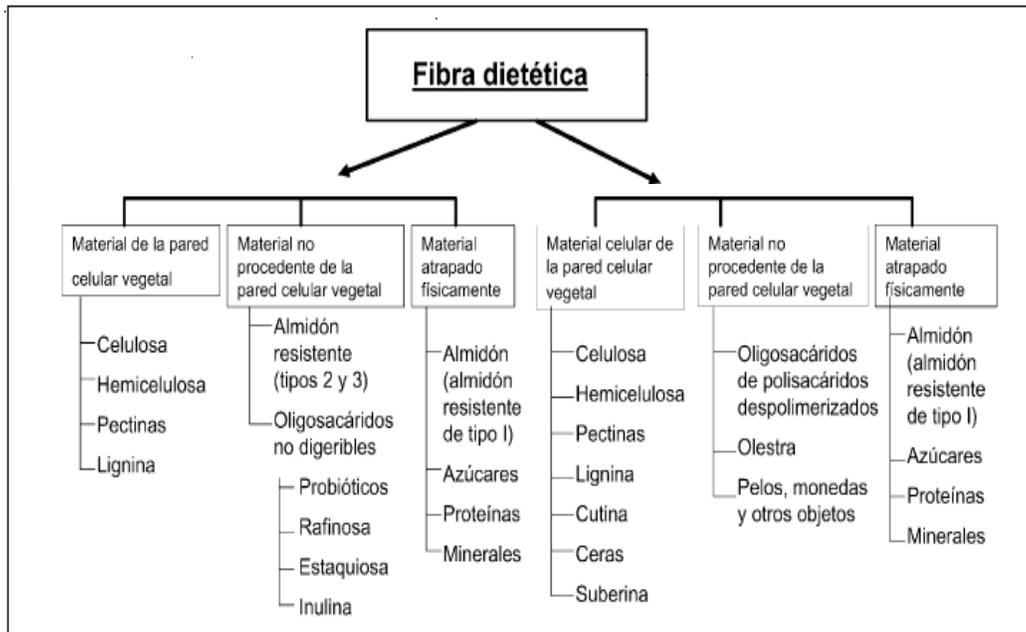


Figura 1.7. Clasificación de la fibra dietética (Escudero y González, 2006).

La fibra tiene diferentes propiedades físico químicas que están dadas por sus distintos componentes que ejercen efectos fisiológicos determinados. Entre ellas destacan: la capacidad de captar agua, unirse a iones, fermentar, formar geles, unirse a compuestos orgánicos y la acción antioxidante.

La fibra alimentaria es, por tanto, un complejo formado por numerosos compuestos de naturaleza química muy diversa y que consta de dos fracciones, una insoluble y otra soluble en agua.

1.5.1 Propiedades de las fibras

a) Fibras solubles

La fibra dietética soluble se disuelve parcialmente en agua y gelifica al enfriarse (ejemplo pectina), la cual también es digerida y metabolizada en el intestino grueso gracias a bacterias. Este metabolismo produce gas y ácidos grasos de cadena corta que el organismo puede absorber en pequeñas cantidades. Las fibras solubles en contacto con el agua forman un retículo donde la fibra queda atrapada, originándose soluciones de gran viscosidad. Los efectos derivados de la viscosidad de la fibra son los responsables

de sus acciones sobre el metabolismo lipídico e hidrocarbonado. Las formas más importantes de fibra dietética soluble son la pectina, gomas, guar y algunas hemicelulosas (Tabla 1.6). Los alimentos ricos en este tipo de componentes de fibra son las legumbres, verduras, frutas, avena y semillas.

Cuadro 1.6: Clasificación de la fibra según su grado de hidrosolubilidad (Madrigal y Sangronis, 2007).

FIBRA	LIGNINA		FIBRA SOLUBLE
	POISACÁRIDOS NO ALMIDONICOS	CELULOSA HEMICELULOSA (TIPO B)	
		HEMICELULOSA (TIPO A) PECTINAS GOMAS MUCÍLAGOS OTROS POLISACÁRIDOS	FIBRA INSOLUBLE
SUSTANCIAS ANÁLOGAS A LA FIBRA	INULINA FRUCTOOLIGOSACÁRIDOS ALMIDÓN RESISTENTE AZÚCARES NO DIGERIBLES	EN SU MAYORÍA SOLUBLE EN AGUA	

b) Fibras insolubles

La fibra dietética insoluble no se disuelve en agua y pasa a través del tracto intestinal sin sufrir cambios. Sus formas más importantes son celulosa, hemicelulosa y lignina, capaces de retener el agua en su matriz estructural formando mezclas de baja viscosidad. Ayudan a la estructura de la célula y se encuentran en todo tipo de material vegetal. Las fibras insolubles se encuentran en todos los granos integrales, salvado de trigo y algunos vegetales. Las frutas y verduras (cualquier producto vegetal) contienen fibras solubles e insolubles, pero la proporción de éstas varía de acuerdo con el tipo y grado de madurez de la verdura o fruta (Cuadro 1.6) (Molina y Martín, 2007).

1.5.2 Componentes de la fibra

a) Polisacáridos no almidónicos:

Los polisacáridos son todos los polímeros de carbohidratos que contienen al menos veinte residuos de monosacáridos. El almidón digerido y absorbido en el intestino delgado es un polisacárido, por ello se utiliza el término polisacáridos no almidónicos para aquellos que llegan al colon y poseen los efectos fisiológicos de la fibra. Se podrían clasificar en celulosa, β -glucanos, hemicelulosas, pectinas, gomas y mucílagos.

b) Oligosacáridos resistentes:

Hidratos de carbono con un nivel de polimerización menor; tienen de tres a diez moléculas de monosacáridos. Se dividen en:

- Fructooligosacáridos (FOS) e inulina
- Galactooligosacáridos(GOS)
- Xilooligosacáridos(XOS)
- Isomaltooligosacáridos (IMOS).

c) Ligninas

No son polisacáridos sino polímeros que resultan de la unión de varios alcoholes fenilpropílicos; contribuyen a dar rigidez a la pared celular haciéndola resistente a impactos y flexiones. La lignificación de los tejidos también permite mayor resistencia al ataque de los microorganismos. La lignina no se digiere ni se absorbe ni tampoco es atacada por la microflora bacteriana del colon. Una de sus propiedades más interesantes es su capacidad de unirse a los ácidos biliares y al colesterol retrasando o disminuyendo su absorción en el intestino delgado. La lignina es un componente alimentario menor. Muchas verduras, hortalizas y frutas contienen un 0,3% de lignina, en especial en estado de maduración. El salvado de cereales puede llegar a un 3% de contenido en lignina.

d) Fibras de origen animal

Sustancias análogos a los hidratos de carbono que se encuentran principalmente en alimentos de origen animal.

Serían:

- Quitina y Quitosán: forman parte del esqueleto de los crustáceos y de la membrana celular de ciertos hongos.
- Colágeno.
- Condroitina.

1.5.3 Fibra prebiótica (fructooligosacáridos)

Estas sustancias poseen unos efectos nutricionales y fisiológicos muy importantes. El mayor efecto que tienen en el intestino es el papel que desempeñan en la composición y fisiología de la microbiota, en la absorción de minerales como el calcio, en el metabolismo de los lípidos, en funciones inmunológicas y en la reducción del riesgo del cáncer.

Los fructooligosacáridos tienen un sabor característico similar al azúcar, sin tener en cuenta sus características a bajas temperaturas. Su capacidad de retención de agua es mayor que la del azúcar y similar a la del sorbitol. Los fructooligosacáridos son azúcares no reductores y no se someten a las reacciones de Maillard. No son digeribles por las enzimas del intestino delgado. Por sus propiedades nutricionales, los fructooligosacáridos pueden ser propuestos como alternativa de los azúcares en los alimentos; esto se debe, como ya se ha dicho, a que no son digeribles por el intestino delgado y cuando llegan al colon son fermentados por la microbiota, lo que reduce su aporte calórico. Los fructooligosacáridos aportan pocas calorías, que se obtienen de los metabolitos que se forman en el intestino grueso a partir de éstos, con lo que generan sólo 2 kcal/g (Molina y Martín, 2007).

a) Inulina

La inulina es un carbohidrato de reserva energética presente en más de 36.000 especies de plantas, está constituida por moléculas de fructosa unidas por enlaces β - $(2\rightarrow1)$ fructosil-fructosa, siendo el término "fructanos" usado para denominar este tipo de compuestos. Las cadenas de fructosa tienen la particularidad de terminar en una unidad de glucosa unida por un enlace α - $(1,2)$. Entre las especies de plantas que producen fructanos se identifican las del grupo *Liliaceae* (ajo, cebolla espárrago, ajoporro) y *Compositae* (achicoria, patata o tupinambo y yacon). Las especies con mayor contenido de inulina la almacenan en la parte subterránea de la planta. Otras especies (por ejemplo en la familia *Gramineae*) presentan altos contenidos de fructanos en sus partes aéreas, pero con bajo rendimiento de extracción a nivel industrial.

b) Compuestos derivados de la inulina

Los fructanos más ampliamente estudiados son la inulina, la oligofruktosa y los fructooligosacáridos o FOS (15); se caracterizan por sus enlaces de tipo β -(2 \rightarrow 1) entre las unidades de fructosa, con un grado de polimerización que varía entre 2 y 60 unidades y se les considera carbohidratos de cadena corta o de bajo nivel de polimerización. Dependiendo de su origen (vegetal o microbiano), los fructanos pueden ser lineales, ramificados o cíclicos. Tanto la inulina, como la oligofruktosa y los fructooligosacáridos o FOS presentan una estructura polimérica predominantemente lineal. Las diferencias radican en el grado de polimerización, siendo la inulina el compuesto con el mayor rango y promedio. Los FOS y la oligofruktosa son muy similares, pero con diferencias estructurales asociadas a sus diferentes orígenes (hidrólisis enzimática de inulina para la oligofruktosa y transfructosilación de sacarosa para los FOS). Las cadenas de las moléculas de la oligofruktosa son más largas que aquellas producidas por transfructosilación de la sacarosa. No todas las cadenas tienen una glucosa terminal en la oligofruktosa, pero los FOS sí las tienen (Tabla 1.7) (Madrigal y Sangronis, 2007).

a) Oligofruktosa

La oligofruktosa es una molécula formada por cadenas de fructosa, de 2 a 7 unidades. Para uso industrial se extrae de la raíz de la achicoria, mediante agua caliente, moléculas de inulina (compuesto con la misma composición que la oligofruktosa, pero con mayor peso molecular) para posteriormente proceder a una hidrólisis enzimática parcial con la obtención de oligofruktosa. (Cubero, et al. 2002).

La oligofruktosa es un prebiótico que estimula la flora bífida en el intestino grueso humano, dado que las bifidobacterias pueden metabolizar oligofruktosas mediante la enzima β -fructosidasa, que estas contienen.

Al mismo tiempo, se reduce en el intestino el número de bacteroides, fusobacterias y clostridios indeseados. Así pues, los ingredientes prebióticos estimulan la flora intestinal aunque no son digeribles (Werner, 2007).

En el intestino delgado, la fibra dietética se dispersa en agua, con lo que aumenta su volumen y su viscosidad. Estas propiedades están asociadas con la disminución del tránsito intestinal y la absorción de nutrientes; también están asociadas con la reducción del colesterol y la atenuación de la glicemia alimentaria. En el intestino grueso, la fermentabilidad y el aumento de volumen de los hidratos de carbono no digeribles definen el papel esencial en el mantenimiento de la salud gastrointestinal.

Hay evidencias que indican que la fibra dietética se fermenta en el intestino grueso, lo que favorece un aumento de la mi-crobiota y, como consecuencia, una mayor producción de ácidos grasos de cadena corta. Estudios experimentales *in vitro* han demostrado que, en el caso de los fructooligosacáridos, son metabolizados selectivamente por las bifidobacterias, y que esta fermentación selectiva induce a una disminución del pH del medio, debido a la producción de grandes cantidades de lactato y acetato que inhiben el crecimiento de *Escherichia Coli*, *Clostridium* y otras bacterias patógenas como *Listeria*, *Shigella* o *Salmonella*. La fermentación selectiva de la inulina y fructooligosacáridos por las bifidobacterias también se ha demostrado en vivo mediante pruebas con voluntarios.

Se puede considerar a la inulina y a la oligofructosa como alimentos prebióticos, porque mejoran el balance de la microbiota. Este beneficio incluye resistencia a patógenos, reducción de lípidos en la sangre, propiedades antitumorales, regulación hormonal y estimulación inmunológica (Molina y Martín, 2007).

Cuadro 1.7 Comparación entre diferentes fructanos: inulina, oligofructosa y fructooligosacáridos (Madrigal y Sangronis, 2007)

Origen	Inulina Extracción a partir de vegetal (achicoria)	Oligofructosa Hidrólisis enzimática de la inulina	FOS Transfructosilación de la sacarosa
Rango GP	2-60	2-9	2-4
GP _{prom}	10-12 ⁽²³⁾	4-5	3-7
Estructura química	Lineal (1-2 % ramificación) ⁽⁷⁾	Lineal	Lineal

1.5.4 Fibra de avena

La fibra de avena tiene un interés especial ya que la fracción de fibra soluble es el principal componente de la avena con capacidad de reducir los niveles de colesterol. La cantidad de fibra soluble encontrada oscila del 3 al 5.4%, mientras que la fibra insoluble va desde el 3.2 al 8 %.

Un componente principal constituyente de la fibra soluble es un polisacárido hidrosoluble, comúnmente conocido como β -glucano, aunque con más propiedad debe serlo como β -D-glucano que se haya en la cascarilla de la avena y la

cebada. El β -glucano de avena se ha convertido en un ingrediente comercial más de los alimentos, debido a que se ha demostrado su relación con la disminución de los niveles de colesterol en sangre.

En la avena las cantidades de β -glucano oscilan del 1.8 al 7.5% de la semilla. Los niveles de fibra dietética son más altos en el salvado de avena que en la avena mondada.

Cuando se ingieren con los alimentos, los β -glucanos reducen los niveles de glucosa en sangre tras las comidas y la respuesta a la insulina es decir, moderan la respuesta glicémica en los sujetos humanos tanto normales como diabéticos. Este efecto parece estar relacionado con la viscosidad (Fennema, 2000).

1.6 Propiedades texturales

Las propiedades texturales de un alimento son el grupo de características físicas que dependen de los elementos estructurales del material, se relacionan con la deformación, desintegración y flujo por la aplicación de una fuerza y se miden objetivamente como una función de masa, tiempo y distancia.

1.6.1 Definición de textura

El término textura deriva del latín *textura*, que significa tejido y originalmente se tomó en referencia a la estructura, sensación y apariencia de los tejidos.

La textura se define como “todos los atributos mecánicos, geométricos y superficiales de un producto perceptibles por medio de receptores mecánicos táctiles y si es apropiado, visuales y auditivos”. Es evidente que el término textura se refiere básicamente a la estructura interna de un cuerpo o material y la manifestación física macroscópica de la misma (Rodríguez et al., 2005).

1.6.2 Pruebas para evaluación de las propiedades mecánicas de los alimentos.

El estudio de las propiedades mecánicas de los materiales se efectúa a través de diferentes tipos de pruebas:

- **Fundamentales:** Las pruebas fundamentales miden propiedades físicas innatas de los materiales, están basadas sobre teorías físicas perfectamente contrastadas en el dominio de los materiales clásicos. Por tanto, tienen la innegable ventaja de estar ligadas a fundamentos, ya que dependen del material y no del método a utilizar.

En estas pruebas se asumen materiales continuos, isotrópicos, homogéneos y las piezas de prueba se consideran uniformes y regulares. Los métodos fundamentales, frecuentemente son lentos. Las pruebas

fundamentales más empleadas son las medidas de flujo extensional biaxial y los métodos dinámicos oscilatorios (Roudot, 2004; Rodríguez et al., 2005).

- **Empíricas:** Se desarrollan por experimentación y observación, por lo cual pueden carecer de una base científica rigurosa que no descalifica su utilización. Son aquellas que se efectúan con instrumentos que con frecuencia son diseñados o contruidos para un material específico, por lo que los resultados son función del instrumento, el método, la carga aplicada, la velocidad de aplicación de la carga, la geometría, dimensiones y orientación de la muestra y las condiciones, lo que ocasiona que no sean reproducibles ni puedan expresarse en términos de cantidades reológicas fundamentales: potencias de masa, longitud y tiempo. Como ejemplo de este tipo de instrumentos se pueden mencionar: los penetrómetros, el gelómetro de Bloom (grenetinas), el ridgelímetro (pectinas), el consistómetro de Boostwick (salsas, purés, jarabes), el aparato de Warner-Bratzler (carnes), entre otras.

Estas pruebas arrojan como resultado generalmente un solo dato (distancia, fuerza, área, tiempo, velocidad). Las variables que intervienen no siempre son conocidas ni controladas.

- **Imitativas:** imitan las condiciones a las cuales se somete el material en la práctica, son aquellas que tratan de imitar las operaciones humanas sobre los materiales para juzgar su comportamiento mecánico (masticación, presión con los dedos, etc.) y asume que las fuerzas de reacción desarrolladas por la muestra representan las reacciones humanas. Utilizando cierto tipo de máquina que mastica el alimento y esta equipada para proporcionar medidas de esfuerzo y/o deformación durante la secuencia de la prueba.

De la misma forma que en las pruebas empíricas, influyen en las dimensiones, forma, orientación del material, el dispositivo utilizado para la aplicación de los esfuerzos, el procedimiento, etc. Dentro de estos instrumentos se pueden mencionar: los untómetros (mantequilla), el farinógrafo y amilógrafo (masas), entre otros. (Casas y Ramírez, 2001; Rosenthal, 2001).

1.6.3 Análisis de perfil de textura

El análisis de perfil de textura es un excelente procedimiento instrumental para medir, cuantificar y desarrollar nuevos parámetros relacionados con la textura, aunque la magnitud de estos parámetros será influenciada por las variables introducidas en las mediciones como la tasa de deformación y para que ellas puedan proveer información objetiva y que se pueda comparar es necesario ejecutar las mediciones bajo unas condiciones estandarizadas. La evaluación de dicho parámetro es empleada en el desarrollo de nuevos alimentos, en el mejoramiento de los existentes, en el control de los

procesos de elaboración y en el control de la calidad, ya que muchas de las propiedades texturales de los alimentos como la firmeza y la dureza, entre otras, están directamente relacionadas con las propiedades mecánicas de los alimentos; es por ello que es importante su estudio y conocimiento para el control de calidad.

Para determinar las propiedades texturales de los alimentos se usa una prueba empírica denominada Análisis de Perfil de Textura (TPA), que consiste en una prueba de doble compresión en la cual se someten muestras del producto a una compresión del 80 a 90% de su altura inicial, lo cual resulta casi siempre en la ruptura del alimento (Osorio et al., 2004).

El mayor progreso en la descripción instrumental de la textura vino con el desarrollo del Texturómetro General Foods. Éste instrumento utilizó un dispositivo cilíndrico para comprimir un pequeño cubo de alimento de 1.2cm por lado al 25% de su altura original, dos veces, en una acción que imitaba el movimiento de la mandíbula. Como resultado se obtenían curvas fuerza-tiempo que desplegaban la historia completa de fuerza de la acción masticatoria. Del análisis de esta curva se extrajeron los siete parámetros texturales descritos por el análisis sensorial, se hizo la descripción instrumental correspondiente de los mismos, el análisis dimensional y se obtuvieron excelentes correlaciones con los correspondientes parámetros texturales (Casas y Ramírez, 2001).

A la curva fuerza-tiempo se le conoce desde entonces como curva de perfil de textura y la extracción de los parámetros como Análisis de Perfil de Textura (TPA) y los principales parámetros texturales obtenidos con el análisis de perfil de textura son: dureza, cohesividad, elasticidad, adhesividad, fragilidad, masticabilidad y gomosidad (Figura 1.10).

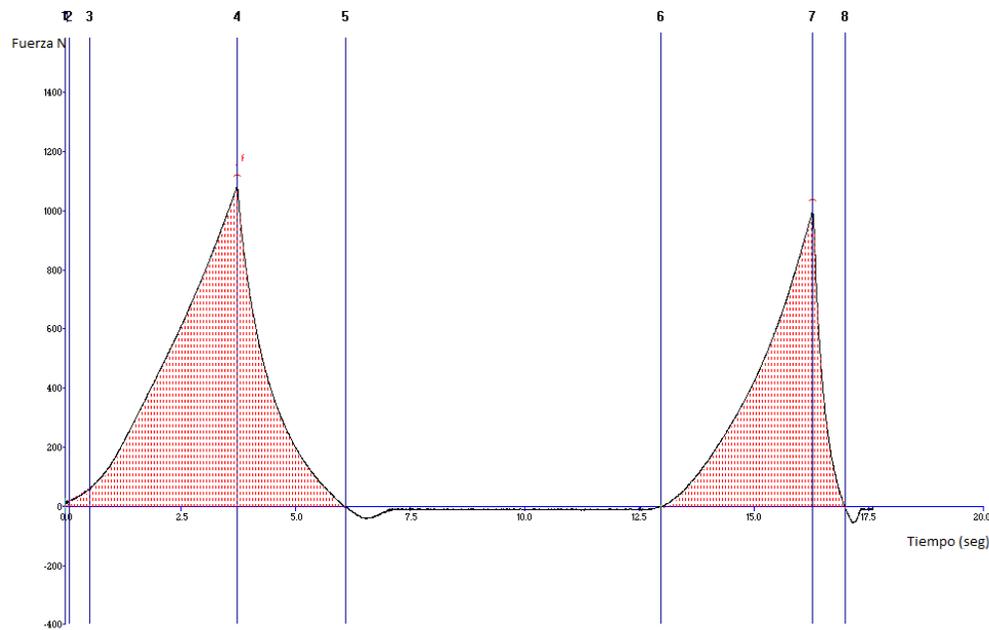


Figura 1.8. Modelo de la curva del perfil de textura.

a) Dureza:

- Física: Fuerza necesaria para una deformación dada.
- Sensorial: Fuerza requerida para comprimir una sustancia entre los molares (sólido) o entre la lengua y el paladar (semisólido).

b) Cohesividad:

- Física: Qué tanto puede deformarse un material antes de romperse. Se refiere a la fuerza de los enlaces internos que constituyen el cuerpo del producto.
- Sensorial: Fuerza requerida para pasar un líquido de una cuchara hacia la lengua.

c) Elasticidad:

- Física: Tasa a la cual un material deformado regresa a su condición inicial después de retirar la fuerza deformante.
- Sensorial: Fuerza requerida para retirar el material que se adhiere a la boca (generalmente al paladar) durante su consumo.

d) Adhesividad:

- Física: Trabajo necesario para vencer las fuerzas de atracción entre la superficie del alimento y la superficie de los otros materiales con los que el alimento entra en contacto

- Sensorial: Fuerza requerida para retirar el material que se adhiere a la boca (generalmente al paladar) durante su consumo.

e) Fragilidad:

- Física: Fuerza con la cual un material se fractura, relacionada con los parámetros primarios de dureza y cohesividad.
- Sensorial: Fuerza con la que un material se desmorona, cruje o se estrella.

f) Masticosidad:

- Física: Energía requerida para masticar un alimento hasta que esté listo para ser deglutido (una combinación de baja dureza, cohesividad, y alta elasticidad).
- Sensorial: Tiempo requerido para masticar la muestra, a una tasa constante de aplicación, para reducirla a una consistencia adecuada para tragarla.

g) Gomosidad:

- Física: Energía requerida para desintegrar un alimento semisólido a un estado listo para deglutirlo (combinación de baja dureza y alta elasticidad), y que está relacionado con los parámetros primarios de dureza y cohesividad. Sólo se refiere a materiales semisólidos en los cuales la dureza es baja.
- Sensorial: Energía requerida para desintegrar un alimento semisólido a un estado adecuado para tragarlo (Casas y Ramírez, 2001).

1.6.4 Prueba de extrusión

Éste es uno de los ensayos más comunes para la medición de las propiedades de deformación de muchos materiales alimentarios. Consiste en comprimir un producto hasta que sea devuelto a la superficie pasando por el espacio libre que se encuentra entre la placa compresora y el borde del recipiente. El producto se comprime hasta que se destruye su estructura y puede ser extruido. Se mide la fuerza máxima necesaria para la extrusión y se utiliza como índice de textura (Rosenthal, 2001; Roudot, 2004).

Los texturómetros son instrumentos que no han sido muy populares, pero han sido usados como índice de la calidad textural de líquidos muy viscosos, geles, mermeladas para untar, rellenos de pasteles, pastas cárnicas y productos cárnicos.

La prueba llevada a cabo en un texturómetro consiste en aplicar una fuerza al alimento para forzarlo a pasar a través de un espacio restringido (orificio, ranura, espacio anular, entre otros). Generalmente se mide la fuerza máxima de extrusión como una medida de la textura aunque sea medida también la fuerza media en el plato y el área bajo la curva. La forma y magnitud de la curva de extrusión está

influenciada por la elasticidad, viscoelasticidad, viscosidad y comportamiento en la ruptura del material, por el tamaño de la muestra, la velocidad de deformación, la temperatura y el tipo de extrusímetro utilizado, así como por la homogeneidad de la muestra. Por lo general, se alcanza un plato horizontal donde la fuerza permanece prácticamente constante (Alvarado y Aguilera, 2001).

1.6.5 Prueba de corte o cizalla

Un ensayo relacionado con la penetración de la cuña es el cortado con instrumentos. La energía de deformación se puede concentrar dirigiendo una cuña sobre el bloque del material con lo que se propaga una grieta delante de la cuña (Rosenthal, 2001).

La denominación de cizallamiento puede describir la acción de corte, causando la división del producto en dos piezas. El parámetro que se mide es la fuerza máxima de cizallamiento pero el aditamento montado en un texturómetro; permite obtener las curvas de fuerza contra distancia y de aquí calcular otros parámetros tales como elasticidad aparente, fuerza en la primera ruptura y área bajo la curva de compresión (Alvarado y Aguilera, 2001).

El método básico más utilizado consiste entonces en crear un procedimiento y medir la fuerza necesaria para cortar el producto. El aparato de Warner-Bratzler es el aparato más utilizado en este tipo de ensayos aunque también es el modelo más antiguo. Consiste en una cuchilla con forma de V con el corte en el interior, por encima de la cual se coloca la muestra a evaluar. El producto se somete a una fuerza que le obliga a colocarse en el ángulo y después a cortarse. El método consiste en medir la fuerza para el corte. Se trata claramente de una prueba imitativa y empírica que se utiliza en el campo de la carne entre otros productos (Roudot, 2004).

1.6.6 Pruebas de calidad

1.6.6.1 Evaluación del porcentaje de hinchamiento en producto terminado

Al someter el producto a cocción, el almidón contenido absorbe agua y se hincha. Sin embargo, la cantidad de agua absorbida y el hinchamiento son limitados. El pequeño aumento de volumen tiene lugar en el agua, la cristalinidad y birrefringencia de los gránulos no cambian y la captación de agua es exotérmica.

1.6.6.2 Evaluación del porcentaje de sinéresis

Los embutidos elaborados a base de almidones pueden llegar a presentar el fenómeno de retrogradación del almidón posterior a su cocción durante el tiempo de reposo, por lo que transcurrido cierto periodo de tiempo (3-5 días, dependiendo del almidón), el agua retenida comienza liberarse.

CAPÍTULO 2: Diseño experimental

2.1 Objetivos

Objetivo General: Evaluar la influencia de la concentración de dos tipos de almidones (almidón de papa y almidón ceroso modificado AMCE) y la concentración de dos tipos de fibra (fibra de avena y fibra prebiótica) en el desarrollo de una salchicha de pavo para determinar su efecto en las propiedades texturales y parámetros de calidad (hinchamiento y sinéresis) del producto terminado.

Objetivo Particular 1: Evaluar el efecto de la concentración de dos diferentes tipos de almidón (almidón de papa y almidón ceroso modificado AMCE) en las propiedades texturales y parámetros de calidad (hinchamiento y sinéresis) en la elaboración de la salchicha de pavo.

- V.I.: Concentración y tipo de almidón
- Niveles de Variación: 0%, 5.5%, 6.5% y 7.5% en cada almidón.

Objetivo Particular 2: Evaluar el efecto de la mezcla de dos diferentes tipos de almidón (almidón de papa y almidón ceroso modificado AMCE) a diferentes proporciones a una concentración total de almidón en las propiedades texturales y parámetros de calidad (hinchamiento y sinéresis) en la elaboración de la salchicha de pavo.

- V.I.: Proporción de almidones

Niveles de proporciones en mezclas de almidones	
% Almidón de papa	% AMCE
0	100
25	75
50	50
75	25
100	0

Objetivo Particular 3: Evaluar el efecto de la concentración de dos diferentes tipos de fibras (fibra de avena y fibra prebiótica) en las propiedades texturales y parámetros de calidad (hinchamiento y sinéresis) en la elaboración de la salchicha de pavo.

- V.I.: Concentración y tipo de fibra
- Niveles de Variación: 0%, 1%, 2% y 3% de cada fibra.

Objetivo Particular 4: Evaluar el efecto de la mezcla de dos diferentes tipos de fibras (fibra de avena y fibra prebiótica) a diferente proporción a una concentración total de almidón y fibra en las propiedades texturales y parámetros de calidad (hinchamiento y sinéresis) en la elaboración de la salchicha de pavo.

- V.I.: Proporción de fibras

Proporciones en mezcla de fibras	
% Fibra de avena	% Fibra prebiótica
0	100
25	75
50	50
75	25
100	0

2.2 Materiales

Para la elaboración de las salchichas se utilizaron los siguientes materiales y equipos:

Materias primas		
Ingrediente	Marca	Proveedor
Pasta de pavo congelada, deshuesada, sin tendones ni cartílagos y humedad máxima de 75%	Bachocco	Bachocco
Grasa de cerdo (lardo)	---	UNAM Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán
Colorante líquido rojo fresa	Mc Cormick PESA	Mc Cormick PESA
Mezcla de fosfatos	Hamine S-21	Mc Cormick PESA
Sal	La Fina	Sales del Istmo, S.A.de C.V.
Condimento para salchichas	Mc Cormick PESA	Mc Cormick PESA
Almidón de papa	CPIngredientes	Bekarem
Almidón de maíz céreo modificado (AMCE)	CPIngredientes	Bekarem

Fibra prebiótica	Nutraflora	CPIngredientes
Fibra de avena	Vitacel	Bekarem
Hielo	---	---
Tripas de celulosa	---	---

Equipos	
Equipo	Marca
Procesador cutter, modelo PRATC-13	Mapisa
Embutidora hidráulica de tipo pistón, modelo 555	Hollymátic
Envasadora al vacío, modelo A-300/16	Multivac
Texturómetro, Texture Analyzer TA-XT2 con una celda de carga de 25 Kg.	Stable Micro Systems, Godalming, Inglaterra

2.3 Diagrama de proceso para la elaboración de la salchicha

Una vez obtenida la emulsión cárnica, se elaboró la salchicha con base en el siguiente proceso (Figura 2.1).

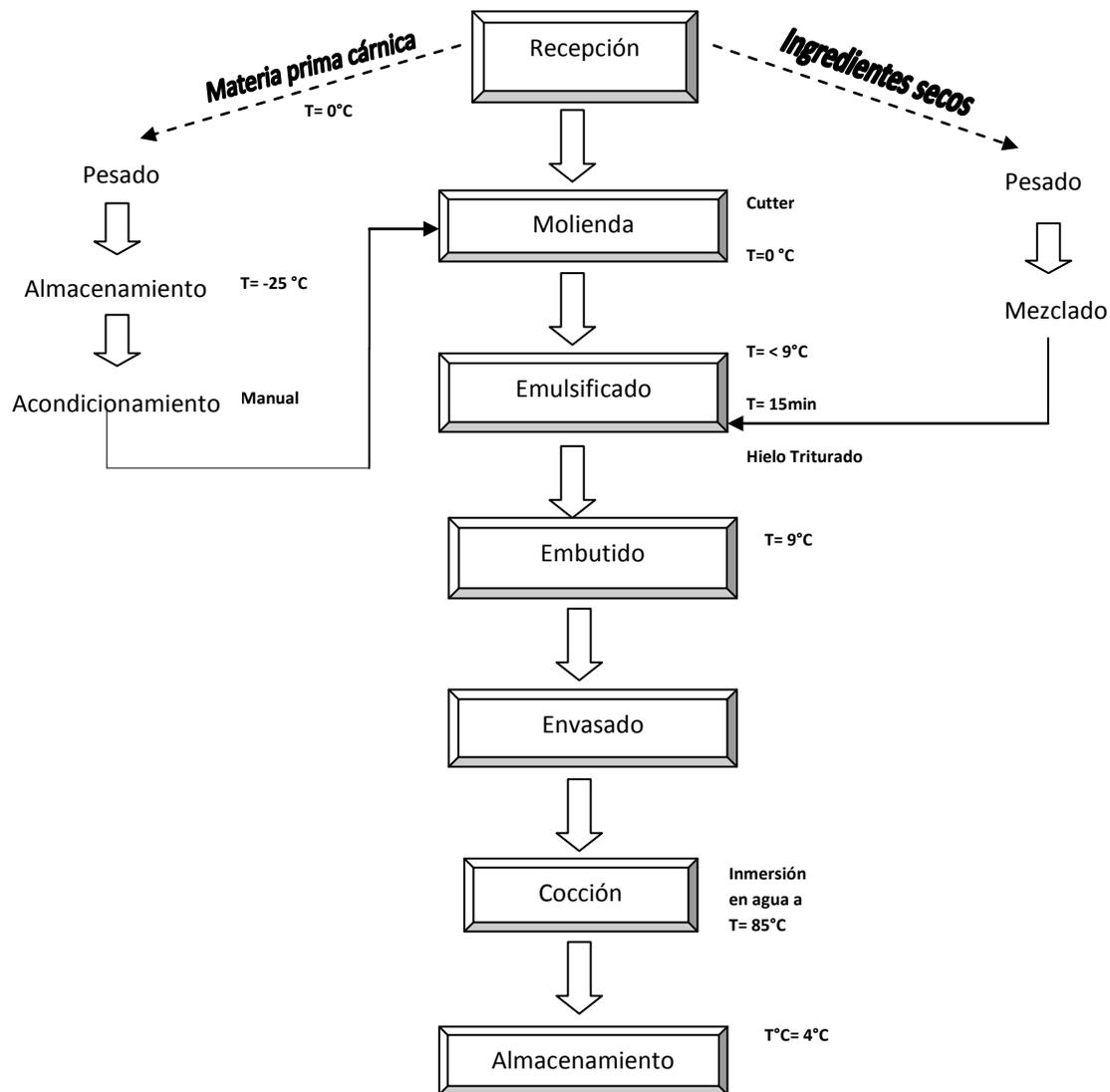


Figura 2.1 Diagrama de proceso para la elaboración de la salchicha.

2.3.1 Descripción del proceso de elaboración de la salchicha

a) Recepción de la materia prima

- **Materia prima cárnica**

Se adquirieron 25 Kg de pasta de pavo, deshuesada, sin tendones ni cartílagos y humedad máxima de 75%, provenientes de una empresa dedicada a la elaboración de embutidos cuyo proveedor es Bachocco, la pasta fue recibida a una temperatura de 0°C. Se pesó y empacó en bolsas plásticas de 1 Kg, para ser almacenadas en una cámara de congelación a una temperatura de -25°C. La grasa de cerdo (lardo), utilizada para la elaboración de las salchichas fue proporcionada por la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán Campo 4, misma que se recibió a temperatura de congelación, la grasa fue pesada y envasada en bolsas plásticas, manteniendo la temperatura constante.

b) Mezcla de ingredientes secos

Los ingredientes secos (sal, nitritos, fosfatos, almidones, fibras y condimentos) se pesaron por separado en las cantidades establecidas en cada formulación, colocándolos en bolsas plásticas para facilitar su mezclado e incorporación, el mezclado se realizó de forma manual obteniéndose lo que se llamó unidad de ingredientes.

c) Acondicionamiento

La pasta de pavo congelada (-25 °C) fue picada en cubos de 5x5x5 cm, al igual que la grasa de cerdo (lardo) congelada se picó en cubos de 1x1x1 cm aproximadamente; en el caso de la grasa, se cuidó que no contuviera impurezas o cuerpos extraños (parte externas del animal como piel y pelo). Posteriormente se pesó y trituro el hielo manualmente para facilitar su disolución y mantener la temperatura; una vez troceado se adicionó el colorante líquido (Figura 2.2).



Figura 2.2. Acondicionamiento del hielo con colorante.

d) Molienda en cutter

La pasta de pavo y la grasa de cerdo previamente pesada y picada, fueron introducidas en un procesador cutter Mapisa, modelo PRATC-13, molidas durante 5 min (Figura 2.3); en este tiempo comenzó la reducción de tamaño de la materia prima cárnica y se comenzó con la adición de los demás ingredientes. En esta etapa del proceso se agregó un cuarto de la cantidad de hielo establecida en la formulación para mantener constante la temperatura de la carne no mayor a los 9 °C.



Figura 2.3 Mezclado de la materia prima cárnica.

e) Emulsificado

Teniendo los ingredientes cárnicos incorporados, se adicionó el hielo restante y los ingredientes secos de forma paulatina hasta obtener la emulsión cárnica con una temperatura no mayor a los 9 °C. Este proceso tuvo una duración de 15 minutos para evitar que la temperatura aumentara y evitar que la emulsión se volviera inestable (Figura 2.4).



Figura 2.4 Elaboración de la emulsión cárnica.

f) Embutido

Obtenida la emulsión cárnica, se trasladó a la máquina embutidora hidráulica Hollymátic de tipo pistón, modelo 555; la tripa de celulosa se colocó en la boquilla de la embutidora haciéndole un nudo en el extremo, cuidando que no quedaran burbujas de aire atrapadas en el interior; la tripa se llenó a todo su volumen (Figura 2.5).

g) Envasado

Finalmente se realizó un amarre de las salchichas a una longitud de aproximadamente 12 cm, se envasaron en bolsas para ser selladas en una envasadora al vacío Multivac, modelo A-300/16 (Figura 2.6).



Figura 2.5 Embutido de la emulsión cárnica.



Figura 2.6 Envase de la salchicha.

h) Cocción

Una vez envasadas las salchichas se llevó a cabo su cocción por inmersión, las salchichas se sumergieron en agua a una temperatura de 85 °C en un recipiente metálico durante 45 min. (Figura 2.7), asegurando una temperatura de centro térmico de 75 °C.



Figura 2.7 Cocción de la salchicha.

Al concluir este proceso se realizó un choque térmico, sumergiendo las salchichas en agua a una temperatura de 0 °C.

i) Almacenamiento

Las salchichas se almacenaron en refrigeración a una temperatura de 4 °C, durante un periodo de 24 horas.

2.3.2 Evaluación de la emulsión cárnica y la salchicha

La emulsión cárnica y la salchicha fueron evaluadas mediante las siguientes pruebas: prueba de extrusión positiva a la emulsión cárnica, análisis de perfil de textura, prueba de corte, porcentaje de hinchamiento y sinéresis a la salchicha de pavo, a fin de conocer la influencia de los diferentes almidones y fibras utilizados en el desarrollo del presente trabajo. Las propiedades texturales se evaluaron en un texturómetro Texture Analyzer TA-XT2 (Stable Micro Systems, Godalming, Inglaterra con una celda de carga de 25 Kg.

2.3.3 Prueba de extrusión positiva a la emulsión cárnica

Para realizar esta prueba se tomó muestra de la emulsión cárnica de cada una de las formulaciones realizadas, manteniendo una temperatura constante de 10 °C \pm 1 °C posteriormente cada una de las muestras fueron evaluadas de la forma siguiente, la emulsión cárnica se colocó a 3 cm de altura en la celda de acrílico, utilizando una placa con una salida de 6.5 mm de diámetro; posteriormente la muestra se colocó en la base del texturómetro, ajustando el dispositivo de manera tal que la placa cilíndrica se deslizara sin rozar las paredes interiores de la celda. Una vez colocada la muestra se aproximó la placa hasta su superficie comprimiendo y expulsándola a través del orificio. La prueba se realizó a una velocidad de prueba de 2.0 mm/s comprimiendo una distancia de 20.0 mm, utilizando una fuerza de contacto de 0.005 Kg.

De la curva obtenida de fuerza en función del tiempo (Figura 2.8) se calcularon: fuerza media (promedio de la fuerza a partir de que comienza a fluir) y trabajo de extrusión (área total bajo la curva a partir de que comienza a fluir).

Esta prueba fue aplicada únicamente a la emulsión cárnica, realizada el mismo día que fue elaborada, conservando la muestra a una temperatura constante de 10 °C.

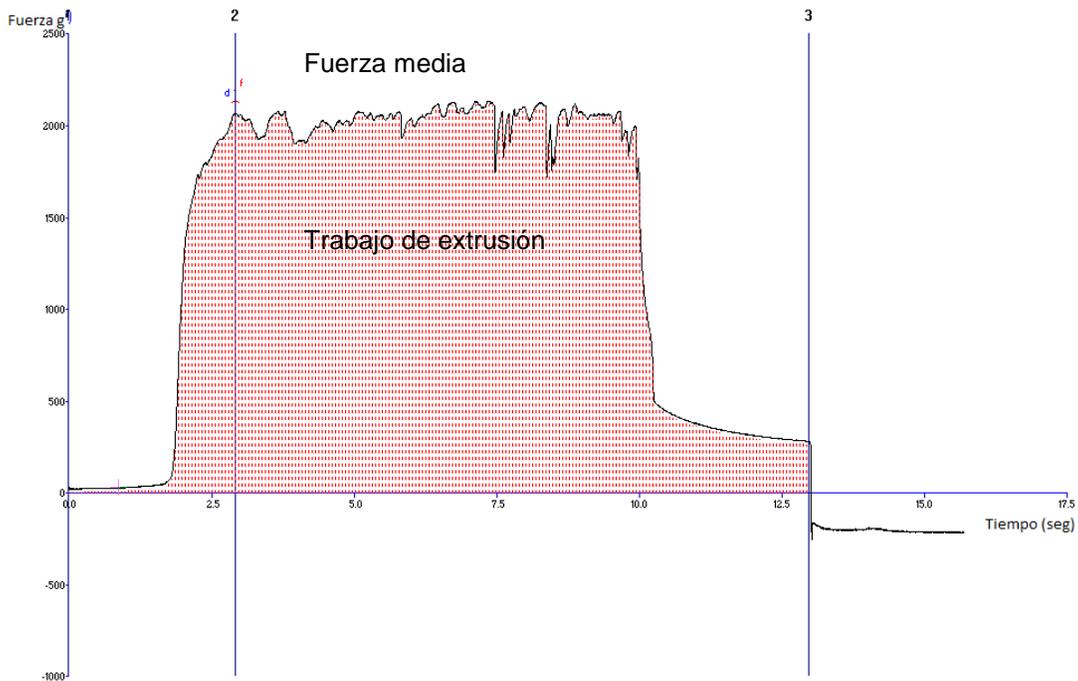


Figura 2.8 Modelo de la curva obtenida de la prueba de extrusión positiva en emulsión cárnica.

2.3.4 Análisis de perfil de textura a la salchicha de pavo

Para la prueba de perfil de textura, se cortaron las salchichas en muestras cilíndricas de 20.0 mm de altura y 20.50 mm de diámetro, utilizando como dispositivo una placa de acero inoxidable de 5 cm de diámetro.

Cada muestra, se comprimió a una distancia de 6 mm y una velocidad de compresión de 1.7 mm/s, con un tiempo de espera entre el primero y segundo ciclo de compresión, de 5 s. Las pruebas se efectuaron por quintuplicado a una temperatura de 10 ± 1 °C.

De la curva de fuerza en función del tiempo (Figura 2.9) se calcularon:

- Dureza: fuerza máxima en el primer ciclo de compresión
- Cohesividad: área total bajo la curva del segundo ciclo de compresión sobre el área total bajo la curva en el primer ciclo.

- Resiliencia: el área bajo la curva en la descompresión del primer ciclo sobre el área bajo la curva en la compresión del mismo.
- Elasticidad instantánea: distancia recuperada por la muestra durante la descompresión del primer ciclo sobre la distancia comprimida.
- Elasticidad total: distancia recuperada por la muestra en el tiempo transcurrido desde el término del primer ciclo de compresión y el inicio del segundo en relación con la distancia comprimida.
- Masticosidad: es el producto de dureza por cohesividad por elasticidad total.

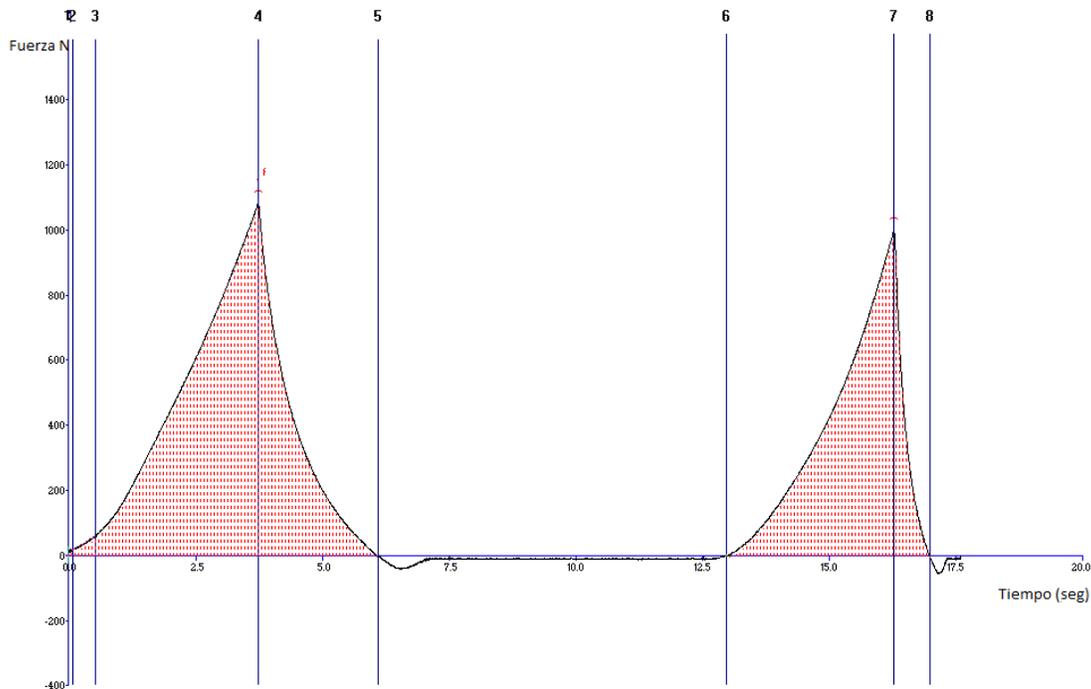


Figura 2.9 Modelo de la curva obtenida del perfil de textura en salchicha.

2.3.5 Prueba de corte

Como dispositivo de corte se utilizó la cuchilla Warner Bratzler, diseñada para productos cárnicos ya que simula el corte con un cuchillo. La prueba se llevó a cabo a una velocidad de corte de 1.6 mm/s y una distancia de penetración de 30.0 mm. La muestra para esta prueba tuvo las siguientes dimensiones: 3 cm de largo y 2.5 cm de diámetro.

Para llevar a cabo la prueba se colocó la muestra sobre una base de 9 cm por 6.5 cm con una ranura en medio la cual permite que la muestra sea completamente cortada en dos partes iguales. De la curva de fuerza en función del tiempo (Figura 2.10) se calcularon: firmeza (fuerza máxima), trabajo de corte (el área bajo la curva) y distancia de corte (distancia de fractura).

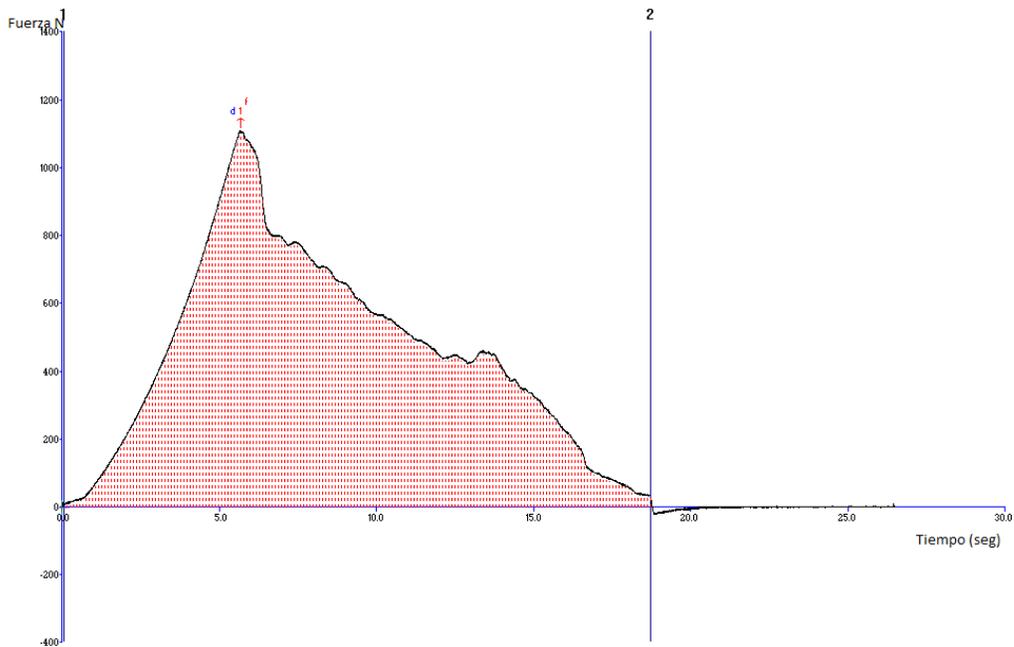


Figura 2.10 Modelo de la curva obtenida de la prueba de corte en salchicha.

2.3.6 Evaluación del porcentaje de hinchamiento

Se seleccionaron tres muestras (3 salchichas), las cuales se encontraron a una temperatura de 4 °C. Se pesó y se midió la longitud y el diámetro de cada una de ellas; posteriormente se sometieron a un proceso de cocción en agua a una temperatura de ebullición durante 30 min. Finalizado este proceso se pesaron y midieron nuevamente las muestras para determinar el aumento de volumen en porcentaje que tuvieron posterior a la cocción mediante la siguiente fórmula matemática:

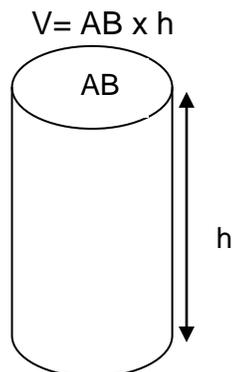


Figura 2.11 Determinación de volumen en figuras cilíndricas.

Donde:

AB= Área de la base de la muestra (cm²).

h= Altura de la muestra (cm).

$$\% \text{ Hinchamiento} = \frac{V_2 - V_1}{V_2} \times 100$$

Donde:

V1: Volúmen inicial de la muestra (cm³).

V2: Volúmen final de la muestra (cm³).

2.3.7 Evaluación del porcentaje de sinéresis

Se tomaron tres muestras (3 salchichas) de cada una de las formulaciones y se pesaron, posteriormente se colocaron las muestras en una bolsa plástica cerrándola perfectamente y fueron llevadas a refrigeración (4°C) durante 8 días, transcurrido este tiempo se sacaron de la bolsa y se les retiró las tripas de celulosa eliminando el líquido liberado de las muestras (sinéresis). Se evaluó la pérdida de peso porcentual mediante la siguiente fórmula matemática:

$$\% \text{ Sinéresis} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100$$

Donde:

m1: Peso inicial de la muestra (g).

m2: Peso final de la muestra (g).

Debido al alto costo de los insumos para la elaboración de salchicha y a que se trabajó con productos cárnicos para la ingesta humana sólo se elaboró 1 lote por cada formulación y para llevar a cabo la evaluación, cada una de las pruebas fue realizada por triplicado.

2.3.8 Análisis estadístico

A los datos obtenidos del desarrollo de las pruebas se les aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de dos vías, un análisis de medias y un diseño estadístico de mezclas empleando el programa MINITAB 16.

3. Resultados

3.1 Almidones solos

3.1.1 Prueba de extrusión

En las Figuras 3.1 y 3.2 se muestran las curvas de extrusión obtenidas para el almidón de papa y AMCE respectivamente evaluados a cada concentración. Se aprecia que al aumentar la concentración de cada uno de los almidones se da un incremento en la fuerza y trabajo de extrusión requeridos para hacer fluir la emulsión ya que como lo reportan Badui, (2006) y (Fanelli, 2002) ambos almidones actúan como agentes espesantes incrementando la viscosidad del sistema.

Conforme con los resultados obtenidos del Cuadro 3.1, se requiere de mayor fuerza media y trabajo para hacer fluir la emulsión elaborada con la concentración máxima (7.5%) de almidón de papa, lo cual puede observarse también en la Figura 3.1 donde la curva de extrusión a esta concentración se ubica por arriba de las curvas correspondientes a las concentraciones de 5.5 y 6.5 %. En la curva de extrusión del AMCE (Figura 3.2) puede observarse que las curvas obtenidas a la concentración de 5.5 y 6.5% son muy similares en los dos parámetros así como en los resultados obtenidos, y que al igual que con el almidón de papa solo existe una diferencia a la máxima concentración 7.5% (Cuadro3.1).

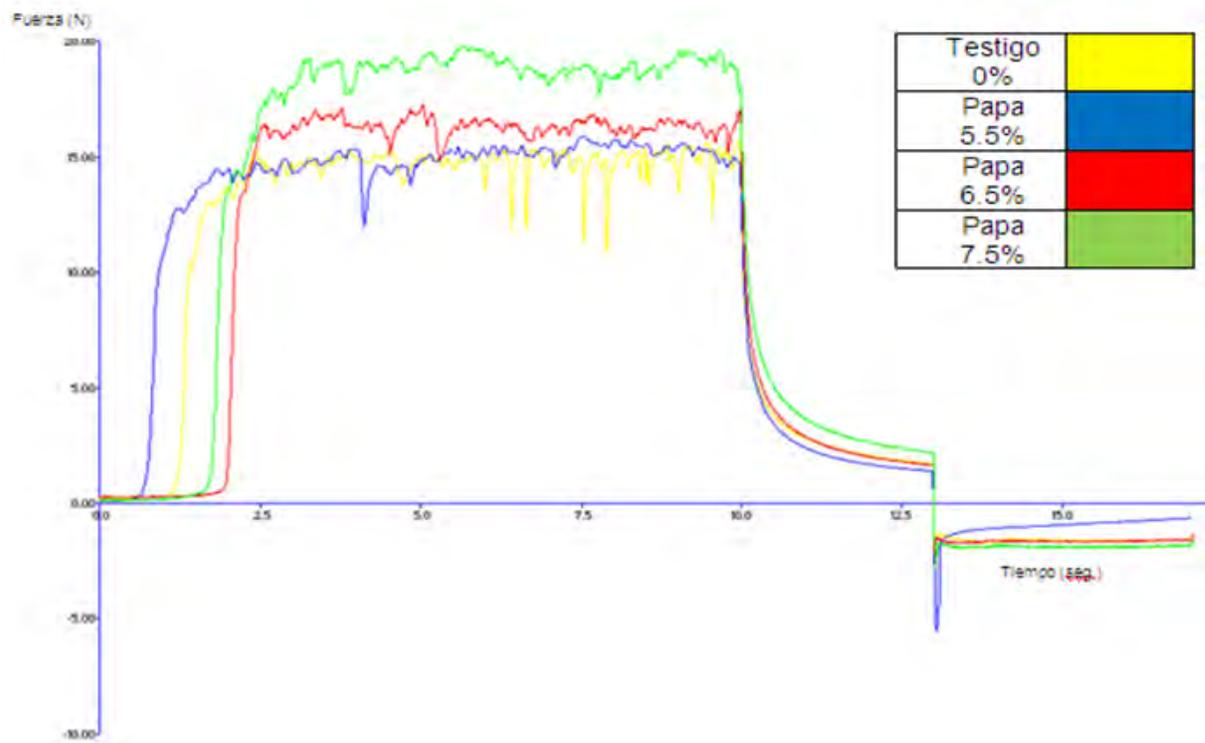


Figura 3.1 Curva de extrusión emulsión cárnica con almidón de papa

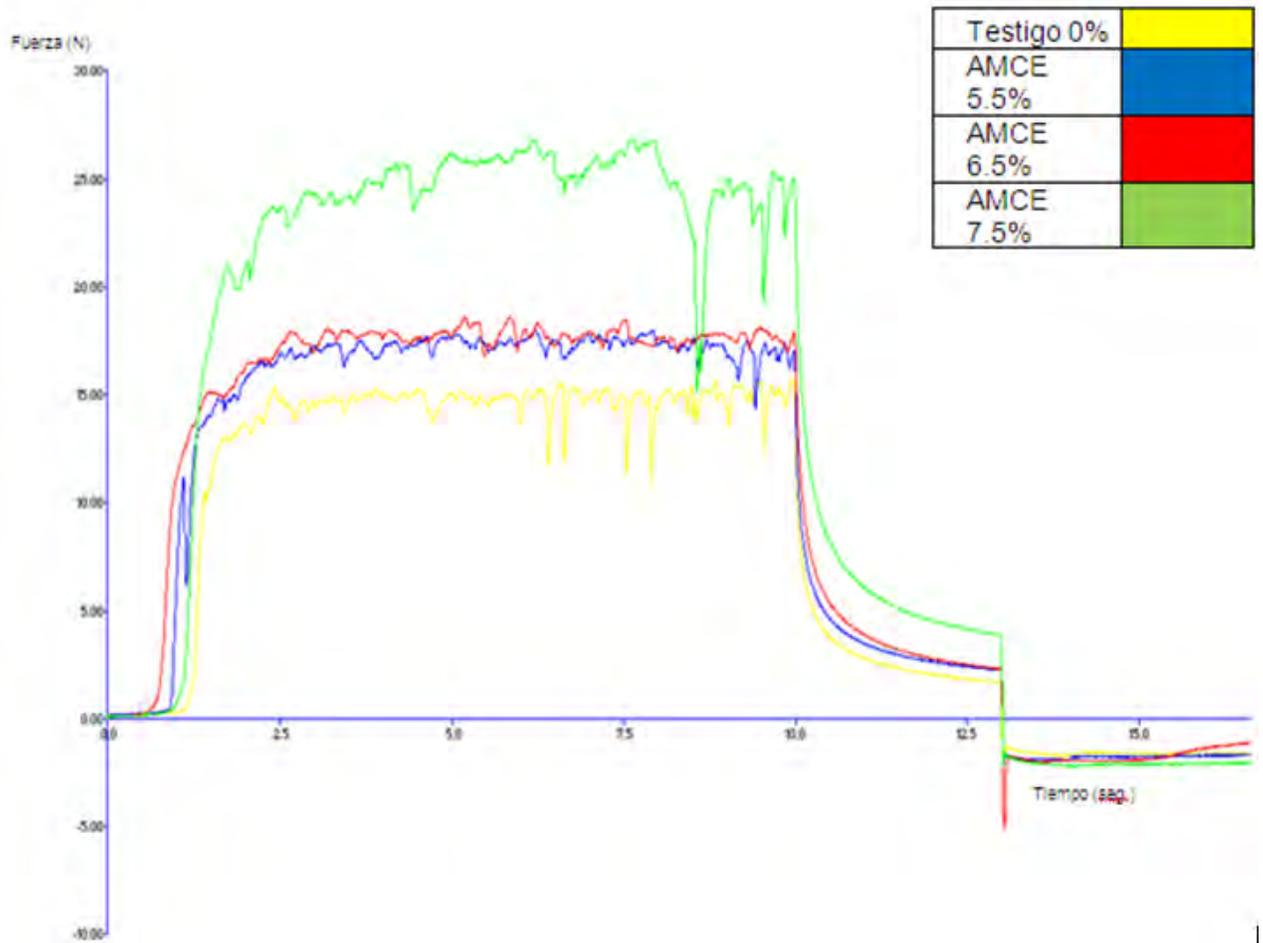


Figura 3.2 Curva de extrusión emulsión cárnica con AMCE

Cuadro 3.1 Efecto de la concentración de almidón en las propiedades texturales. Prueba de extrusión.

Variable		Extrusión positiva	
Tipo de almidón	Concentración (%)	Fuerza media (N)	Trabajo de extrusión (N s)
Testigo	0	13.04	131.41
Almidón de	5.5	15.00	126.02
	6.5	18.73	147.30

papa	7.5	19.32	152.59
AMCE	5.5	15.29	157.79
	6.5	15.88	158.28
	7.5	22.36	209.57

Lo anterior se pudo corroborar con los resultados del análisis estadístico realizado, (Cuadro 3.2) que demostró que al trabajar ambos almidones a la concentración de 5.5 y 6.5% no se encontró una diferencia significativa en la fuerza media y el trabajo de extrusión, así como que se obtuvo un incremento significativo en la consistencia de la emulsión a la máxima concentración (7.5%) al utilizar los dos tipos de almidón, aunque el AMCE, es el que ejerce un mayor efecto en el sistema incrementando la resistencia del mismo para fluir y por tanto el trabajo requerido, tal como lo reporta (Badui, 2006) lo que se puede deber a que es un almidón rico en amilopectina, molécula cuya función principal es absorber agua y modificado químicamente para que dicha absorción sea más lenta, desarrolla en la emulsión mayor consistencia, resistencia al tratamiento mecánico y dificultad para fluir por el espacio anular, contrario a lo descrito por (Fennema, 2000) en los gránulos de almidón de papa que al estar altamente hinchados se rompen fácilmente al aplicar fuerzas moderadas de cizalla y la viscosidad decrece.

Cuadro 3.2 Resultados del análisis estadístico de medias. Prueba de extrusión

Variables	Extrusión positiva	
	Fuerza media (N)	Trabajo de extrusión (N s)
Concentración (%)		
0	14.85 ^b	134.79 ^b
5.5	15.18 ^b	141.88 ^b
6.5	17.33 ^b	152.81 ^b
7.5	20.86 ^a	185.98 ^a
Tipo de Almidón		
Papa	16.99 ^a	142.61 ^b
AMCE	17.11 ^a	165.12 ^a

Valores con el mismo superíndice son estadísticamente iguales con un nivel de significancia de 0.05 al aplicar la prueba de Tukey.

3.1.2 Prueba de análisis de perfil de textura

En el Cuadro 3.3 se muestran los resultados de dureza, cohesividad, elasticidad instantánea (EI), elasticidad total (ET), resiliencia y masticosidad, obtenidos para cada tipo de almidón a las diferentes concentraciones, en la prueba de perfil de textura. Aparentemente en los parámetros de cohesividad, resiliencia y elasticidad total se obtuvieron valores muy similares con las concentraciones de 6.5 y 7.5% al utilizar el almidón de papa y valores muy similares en los tres niveles de concentración con respecto a los mismos parámetros con el AMCE. Sin embargo el análisis estadístico de medias (Cuadro 3.4) demostró que sólo en el parámetro de resiliencia hay una diferencia significativa a la concentración del 5.5% al trabajar con los dos tipos de almidón.

En cuanto a las propiedades de dureza y masticosidad, según los resultados del Cuadro 3.3, se observó un incremento en los valores de ambos parámetros al aumentar la concentración de los dos tipos de almidón aunque con el almidón de papa se observó una mayor diferencia en los valores al variar la concentración así como una mayor dureza a la máxima concentración como puede apreciarse también en la Figura 3.3. Lo anterior se corroboró con los resultados obtenidos del análisis estadístico de medias (Cuadro 3.4) y según lo descrito por Fanelli (2002) y Huerta et. al (2009), el almidón de papa se destaca por ejercer un mayor efecto en las propiedades de dureza y masticosidad que el AMCE lo cual puede atribuirse a que posee la habilidad de gelificar debido a que contiene el 24% de amilosa dentro de su estructura, molécula cuyas cadenas lineales pueden orientarse para formar uniones intermoleculares, factor que ayuda a fortalecer la red tridimensional formada durante la cocción de la salchicha al absorber agua; obteniéndose así un producto más firme que el obtenido con el AMCE que no gelifica debido a su alto contenido en amilopeptina (Blanno, 2005).

Cuadro 3.3. Efecto de la concentración de almidón de papa y AMCE en las propiedades texturales de salchichas. Prueba de perfil de textura.

Variable	Propiedad					
Concentración (%)	Dureza (N)	Cohesividad (-)	EI (-)	ET (-)	Resilencia (-)	Masticosidad (N)
Testigo						
0%	6.36	0.60	59.00	86.50	0.45	3.35
Almidón de Papa						
5.5	9.12	0.62	45.70	85.00	0.47	4.84
6.5	15.39	0.58	64.20	89.10	0.42	8.08
7.5	20.20	0.58	79.30	89.00	0.43	10.59
Almidón de maíz céreo entrecruzado (AMCE)						
5.5	10.10	0.59	61.70	89.40	0.46	5.40
6.5	11.76	0.61	69.00	89.50	0.43	6.46
7.5	13.92	0.60	68.20	88.30	0.42	7.42

Valores con el mismo superíndice son estadísticamente iguales con un nivel de significancia de 0.05 al aplicar la prueba de Tukey

Los resultados del análisis estadístico de medias también indican que el tipo de almidón adicionado a las salchichas no afecta significativamente los parámetros de elasticidad instantánea, elasticidad total, resiliencia y cohesividad, lo cual puede deberse, en el caso del almidón de papa a que las moléculas de amilosa en su estructura dan lugar a la red tridimensional haciendo la estructura del producto más firme y con poca elasticidad según Fanelli, 2002. y, en cuanto al AMCE, compuesto principalmente por amilopeptina también aporta una textura firme al producto (FAO, 1993).

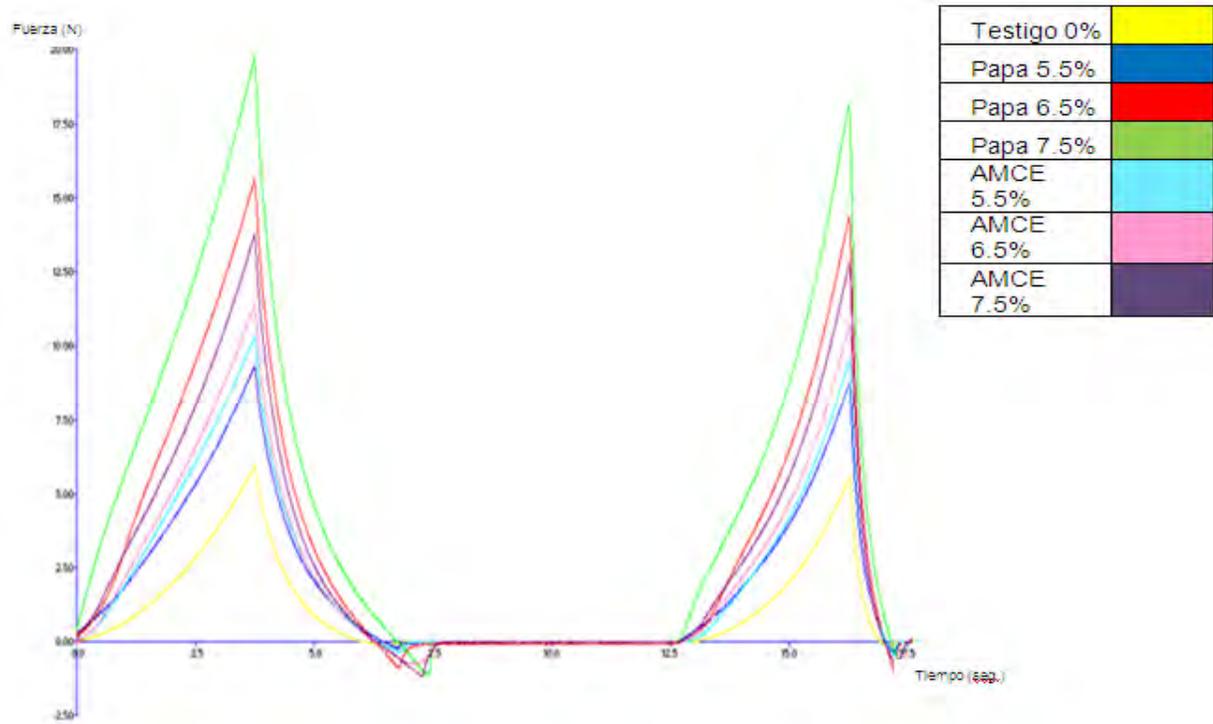


Figura 3.3 Curva de análisis de perfil de textura de salchichas con ϵ papa y AMCE.

Cuadro 3.4. Resultados del análisis estadístico de medias. Prueba de perfil de textura

Variable	Propiedad					
	Dureza (N)	Cohesividad (-)	EI (-)	ET (-)	Resilencia (-)	Masticosidad (N)
0	6.36 ^d	0.60 ^a	59.00 ^a	86.5 ^a	0.45 ^a	3.35 ^d
5.5	9.62 ^c	0.61 ^a	56.40 ^a	90 ^a	0.50 ^a	5.29 ^c
6.5	13.51 ^b	0.60 ^a	66.60 ^a	90 ^a	0.40 ^b	7.31 ^b
7.5	17.10 ^a	0.59 ^a	73.80 ^a	90 ^a	0.40 ^b	9.18 ^a
Tipo de almidón						
Papa	12.74 ^a	0.60 ^a	63.10 ^a	90 ^a	0.40 ^a	6.89 ^a
AMCE	10.54 ^b	0.60 ^a	68.00 ^a	90 ^a	0.40 ^a	5.74 ^b

3.1.3 Prueba de corte

En las curvas de la prueba de corte (Figuras 3.4 y 3.5) y en los resultados del Cuadro 3.5 se observó que al aumentar la concentración de cada almidón también aumento la fuerza y el trabajo necesarios para romper la estructura de la salchicha. Sin embargo al realizar el análisis estadístico (Cuadro 3.6) se percibió que la fuerza necesaria para romper la estructura en ambos almidones es muy similar al utilizarlos a las concentraciones del 5.5 y 6.5% y sólo a la concentración del 7.5% se obtuvo un aumento significativo en este parámetro y en la distancia de corte. Se observó también que el trabajo requerido para romper la estructura de las salchichas elaboradas con las tres diferentes concentraciones de almidón (5.5, 6.5 y 7.5%) es muy semejante. Lo anterior puede atribuirse a que el almidón de papa aporta firmeza al producto debido a su capacidad para formar geles e incrementar la dureza al producto (Fanelli, 2002), y el AMCE al ser una variedad cérea cuenta también con la característica de aportar una textura firme al producto (FAO, 1993); además de que los valores obtenidos en el parámetro de cohesividad con ambos almidones no presentaron una diferencia significativa Cuadro 3.4.

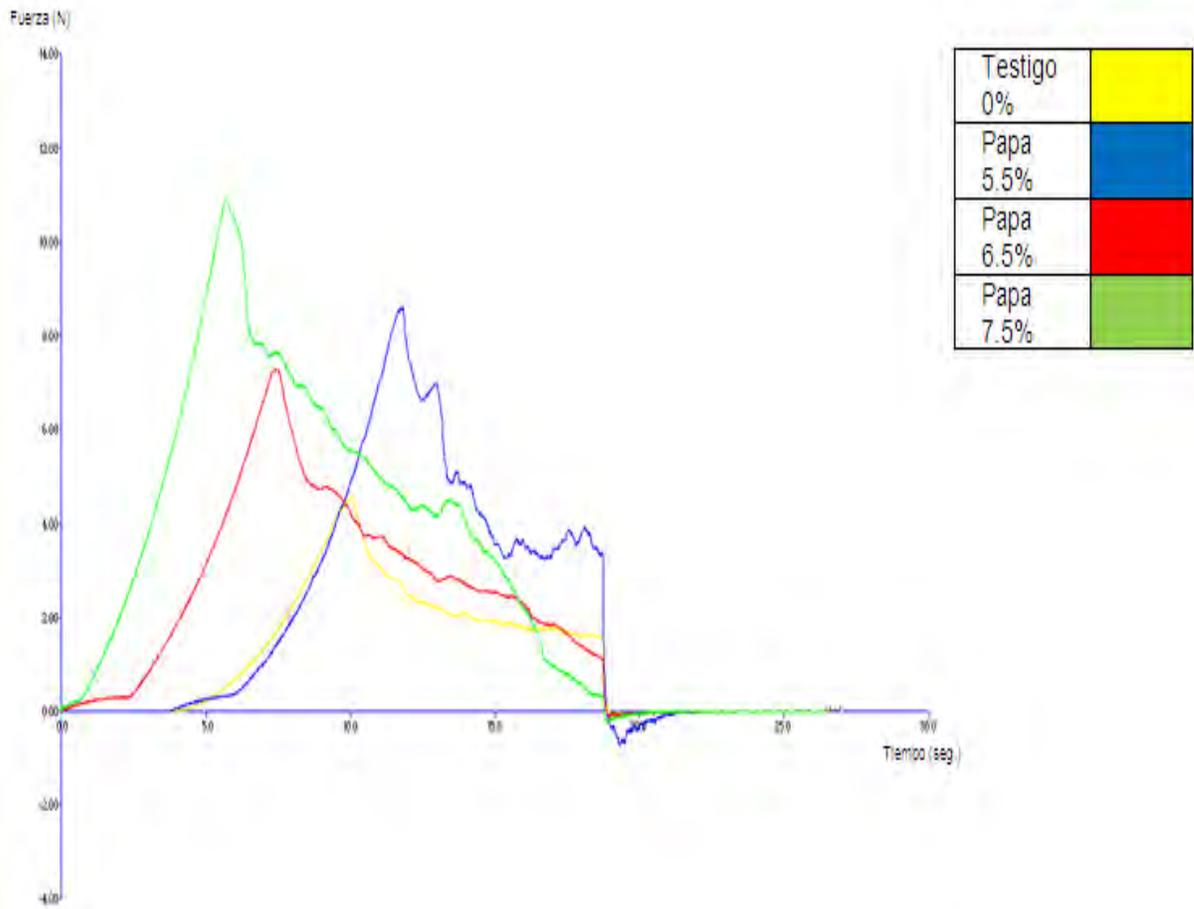


Figura 3.4 Curva de prueba de corte de salchichas con almidón de papa.

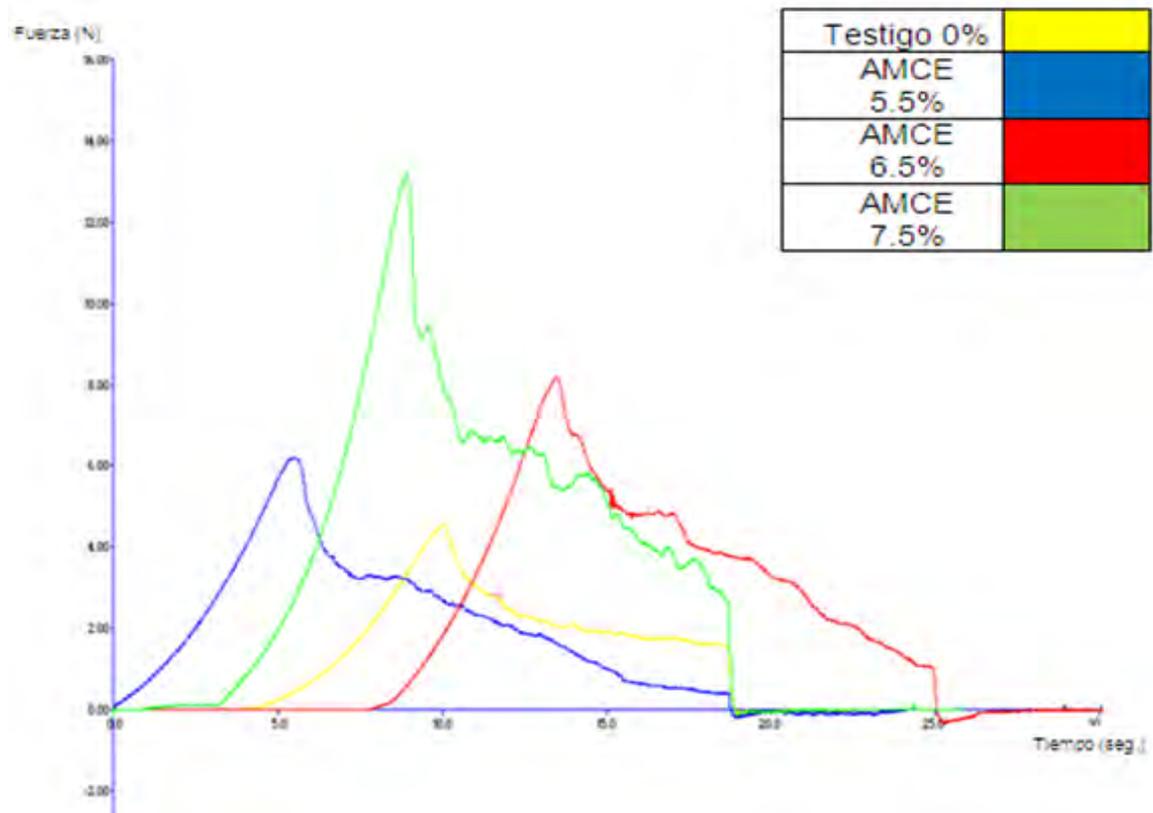


Figura 3.5 Curva de prueba de corte de salchichas con AMCE

Cuadro 3.5. Efecto de la concentración de almidón de papa y AMCE en las propiedades texturales de salchichas. Prueba de corte.

Variable		Prueba de corte		
Tipo de almidón	Concentración (%)	Fuerza máxima (N)	Trabajo de corte (N)	Distancia (mm)
Testigo	0	4.38	28.63	17.31
Almidón de papa	5.5	8.66	54.13	18.43
	6.5	7.98	57.46	10.03
	7.5	11.42	70.70	17.78
AMCE	5.5	6.08	42.85	8.97
	6.5	8.14	70.41	23.22
	7.5	13.23	108.56	27.14

Al comparar estadísticamente ambos almidones se puede decir que las salchichas elaboradas con almidón de papa requieren de mayor fuerza y trabajo para romper su estructura debido a que este almidón aporta mayor dureza al producto aunque ambas salchichas requieren de la misma distancia de corte.

Cuadro 3.6. Resultados del análisis estadístico de medias. Prueba de corte.

Variables	Prueba de corte		
	Fuerza máxima (N)	Trabajo de corte (N)	Distancia (mm)
Concentración (%)			
0	4.38 ^c	28.71 ^b	17.30 ^{ab}
5.5	7.37 ^b	48.55 ^a	13.70 ^b
6.5	7.61 ^b	57.19 ^a	16.60 ^{ab}
7.5	9.44 ^a	54.94 ^a	22.50 ^a
Papa	8.11 ^a	52.77 ^a	15.90 ^a
AMCE	6.29 ^b	41.92 ^b	19.20 ^a

Valores con el mismo superíndice son estadísticamente iguales con un nivel de significancia de 0.05 al aplicar la prueba de Tukey.

3.1.4 Prueba porcentaje de sinéresis e hinchamiento

En el Cuadro 3.7 puede observarse la disminución del porcentaje de sinéresis obtenido al incrementar la concentración y variar el tipo de almidón; aparentemente el porcentaje de sinéresis se mantiene casi constante a las concentraciones del 6.5 y 7.5% con ambos almidones aunque con el AMCE se obtiene un porcentaje mucho menor. También se observa que mientras el almidón de papa incrementa el porcentaje de hinchamiento conforme aumenta la concentración, con el AMCE se alcanza el mayor porcentaje de hinchamiento a la concentración del 6.5%; mientras a las concentraciones del 5.5 y 7.5% se obtienen valores muy semejantes, aun así superiores a los obtenidos con el almidón de papa a la máxima concentración.

Cuadro 3.7 Efecto de la concentración de almidón de papa y AMCE en los parámetros de calidad. Prueba de % de sinéresis y % hinchamiento.

Variable \ Prueba	% Sinéresis	% Hinchamiento
Testigo 0% almidón	3.64	2.79
Almidón de Papa Concentración (%)		
5.5	2.08	8.87
6.5	1.02	10.55
7.5	0.97	12.49
AMCE Concentración (%)		
5.5	0.30	13.26
6.5	0.21	14.12
7.5	0.26	13.01

Los resultados del Cuadro 3.8 demuestran que el porcentaje de sinéresis disminuye en gran proporción al adicionar ambos tipos de almidón pero que en esta disminución no influye el porcentaje de concentración en que son utilizados los almidones pues no existe diferencia significativa en los valores obtenidos a las tres diferentes concentraciones. Al igual que en el porcentaje de sinéresis no hay una diferencia significativa en el porcentaje de hinchamiento obtenido al variar la concentración de almidón y tampoco el tipo, lo cual puede atribuirse a que ambos almidones poseen la capacidad de absorber agua; pero si comparamos el porcentaje de hinchamiento obtenido entre las salchichas sin almidón y con almidón a cualquier concentración podemos notar significativamente el efecto de los mismos.

Cabe destacar también que en base a los resultados del análisis estadístico (Cuadro 3.8) se corroboró que el AMCE ejerce un mayor efecto en cuanto a la disminución del porcentaje de sinéresis, ya que la estructura de sus gránulos es reforzada para resistir las diferentes condiciones del proceso así como aumentar la absorción y retención de agua (Badui, 2006 y FAO, 1993) contrariamente a lo que sucede con los gránulos del almidón de papa que al estar altamente hinchados se rompen fácilmente, además de ser un almidón nativo que presenta sinéresis después de transcurrir cierto tiempo (Fennema, 2000 y Werner 2007).

Cuadro 3.8. Resultados del análisis estadístico de medias. Prueba de % de sinéresis y % hinchamiento.

Variable	Pruebas de Calidad	
	Sinéresis (%)	Hinchamiento (%)
0	3.60 ^a	5.80 ^b
5.5	1.20 ^b	11.90 ^a
6.5	0.70 ^b	13.30 ^a
7.5	0.60 ^b	10.90 ^a
Tipo de Almidón		
Papa	1.90 ^a	10.20 ^a
AMCE	1.10 ^b	10.80 ^a

Valores con el mismo superíndice son estadísticamente iguales con un nivel de significancia de 0.05 al aplicar la prueba de Tukey.

3.2 Almidones en mezcla: concentración total 6.5%

3.2.1 Prueba de extrusión

Al elaborar la emulsión con la mezcla de almidones se obtuvo un sistema mucho más consistente que el resultante al utilizarlos por separado ya que los valores obtenidos con el de Papa 100% y AMCE 100% (Cuadro 3.9) son menores a los obtenidos con cualquier mezcla en los dos parámetros evaluados en esta prueba. En el Cuadro 3.9 se observa que los valores obtenidos en la fuerza media entre las mezclas de almidones papa 25% - AMCE 75% y papa 50% - AMCE 50% son muy similares, observándose un menor trabajo de extrusión en la mezcla papa 50% - AMCE 50%. Sólo al trabajar con la mezcla en la cual el almidón de papa se encuentra en mayor proporción (papa 75% - AMCE 25%) se obtiene la máxima fuerza media y trabajo de extrusión, tal y como puede apreciarse en la Figura 3.6.

El diseño estadístico de mezclas (Anexo 1) que se llevó a cabo demostró que la mezcla de almidones potencializa los dos parámetros evaluados en esta prueba, lo cual se atribuye, según lo reportado por Werner, (2007) y Badui, (2006) a que ambos almidones poseen la capacidad de retener agua incrementando la

consistencia de la emulsión. Conforme a dicho diseño estadístico puede decirse también que, aún al estar en mezcla el almidón de papa ejerce un mayor efecto sobre la fuerza media y el AMCE sobre el trabajo requerido al igual que cuando son utilizados por separado.

Cuadro 3.9 Efecto de la mezcla de almidones en las propiedades texturales. Prueba de extrusión.

Variables	Extrusión positiva	
	Fuerza media (N)	Trabajo de extrusión (N s)
AMCE 100%	15.90	158.32
Papa 100%	18.76	147.30
Papa 25% AMCE 75%	20.17	188.16
Papa 50% AMCE 50%	20.63	174.91
Papa 75% AMCE 25%	21.55	192.75

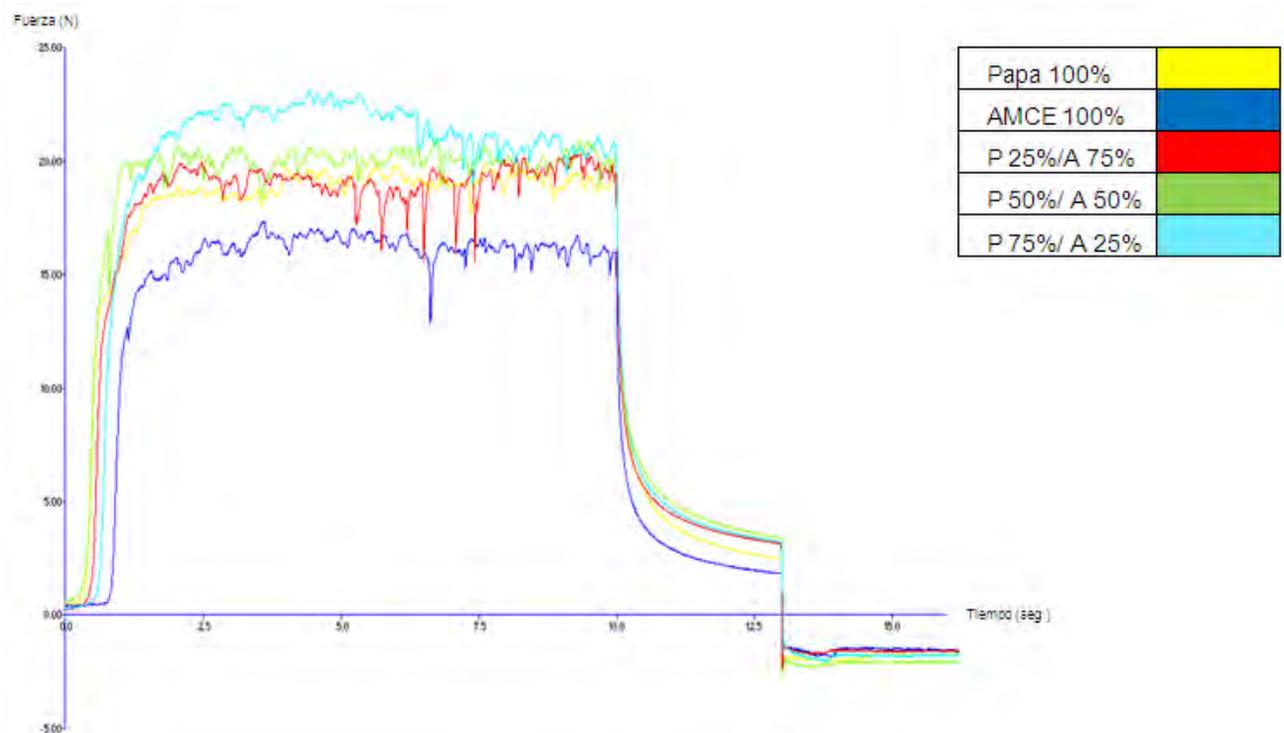


Figura 3.6 Curva de extrusión, emulsión cárnica de almidones en mezcla a diferentes proporciones de almidón de papa y AMCE.

3.2.2 Prueba de análisis de perfil de textura

De la prueba de perfil de textura (Figura 3.7) se observó que sólo cuando se utilizan los almidones en mezcla a la misma proporción (papa 50% - AMCE 50%) se obtienen valores más altos en los parámetros de dureza y masticosidad, así como en la elasticidad instantánea y total, en comparación con los almidones utilizados por separado (papa y AMCE al 100%).

Sin embargo en cuanto a los parámetros de cohesividad y resiliencia, la mezcla papa 50% - AMCE 50% obtiene valores por debajo de las otras dos mezclas y a su vez estos parámetros son mayores al utilizar la mezcla papa 25%- AMCE 75% (Cuadro 3.10).

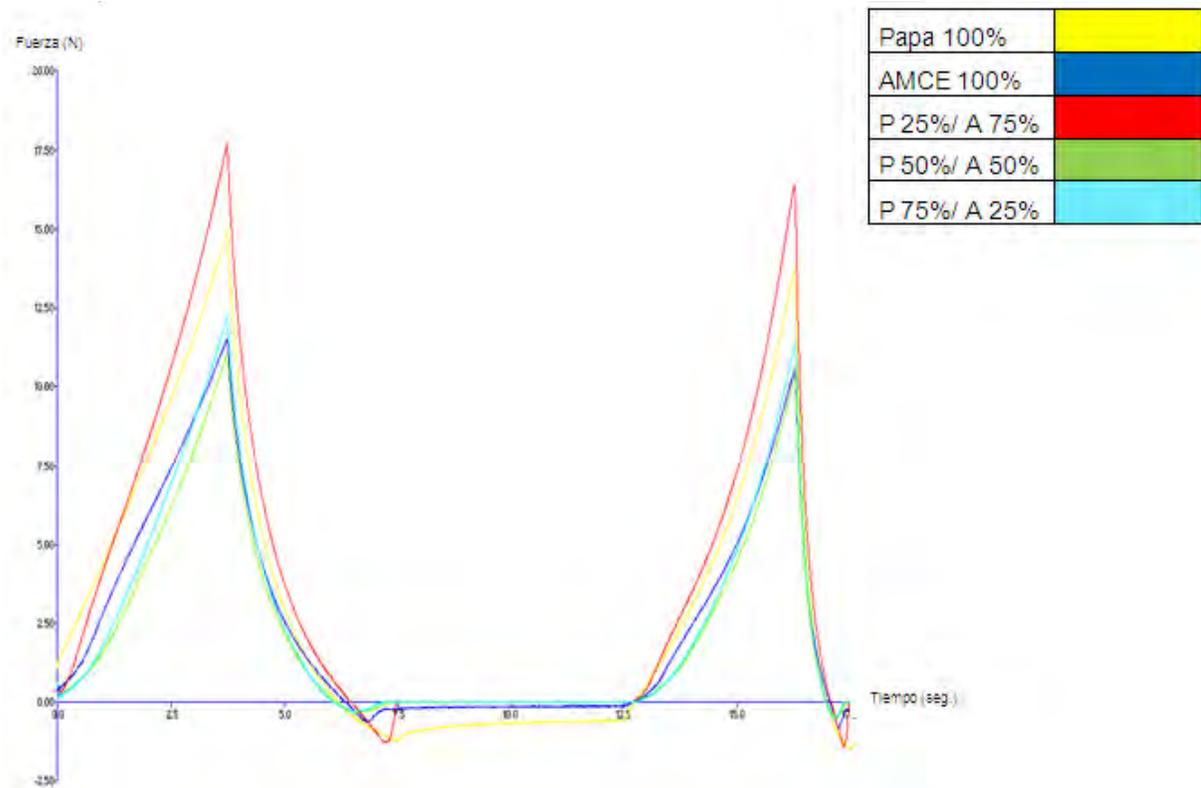


Figura 3.7 Curva de análisis de perfil de textura de salchichas con almidones en mezcla a diferentes proporciones de almidón de papa y AMCE.

El diseño estadístico (Anexo 1) demuestró que aunque existe una interacción entre los almidones, ésta no potencializa los parámetros de dureza y masticidad; aunque el almidón de papa ejerce un mayor efecto en los parámetros al igual que cuando se utilizó por separado, lo cual también se ve reflejado en los resultados del Cuadro 3.10 en los cuales se observa que en la mezcla en la cual el almidón de papa se encuentra a la mínima proporción (25%) se obtienen valores menores en los parámetros en comparación con las otras dos mezclas, ya que este almidón es el que posee la capacidad de formar geles y aumentar la firmeza del producto y por tanto, al estar en menor proporción en la mezcla se obtiene un producto con menor dureza y masticidad (Fanelli, 2002). Por lo anterior al utilizar el almidón de papa al 100% se obtienen mayores valores en los parámetros texturales (Cuadro 3.10).

En cuanto a los parámetros de elasticidad instantánea, elasticidad total, y resiliencia, el almidón con mayor efecto fue el AMCE (Anexo 1) lo cual se atribuye a que no aporta firmeza al producto, debido a que da lugar a débiles enlaces intermoleculares que no permiten la formación de un gel como en el caso del almidón de papa, además de que absorbe una gran cantidad de agua (Fanelli, 2002).

Cuadro 3.10. Efecto de la mezcla de almidones en las propiedades texturales de salchichas. Prueba de perfil de textura.

Variable	Propiedad					
	Dureza (N)	Cohesividad (-)	EI (-)	ET (-)	Resilencia (-)	Masticosidad (N)
AMCE 100%	11.74	0.61	68.69	89.50	0.43	6.45
Papa 25% AMCE 75%	11.07	0.61	64.32	93.66	0.45	6.35
Papa 50% AMCE 50%	17.40	0.59	71.09	94.50	0.43	9.71
Papa 75% AMCE 25%	12.14	0.59	67.52	92.26	0.44	6.69
Papa 100%	15.27	0.58	64.41	89.16	0.42	8.01

3.2.3 Prueba de corte

Cuando las salchichas se sometieron a la prueba de corte, las elaboradas con las mezclas papa 75% - AMCE 25% y papa 50% - AMCE 50% obtuvieron mayores valores (Cuadro 3.11) en el trabajo de corte en comparación con la mezcla papa 25% - AMCE 75%; pero en la fuerza máxima se obtuvieron valores similares entre las mezclas (Figura 3.8) aunque en ambos parámetros se obtuvieron valores menores en comparación a los obtenidos cuando se utilizan por separado. Por otra parte, la mezcla de almidones disminuye en gran medida la fragilidad del producto ya que la distancia de corte obtenida al emplear los almidones en mezcla fue mucho mayor a la obtenida cuando se utilizaron por separado; cabe destacar también que en la mezcla donde el AMCE se encuentra en mayor proporción se obtuvo un producto con menor fragilidad en comparación con las otras dos mezclas, lo que se puede atribuir a que una característica de los almidones céreos según la FAO,1993 es mantener la textura del producto aún después de la cocción (Cuadro 3.11).

Lo anterior se corroboró con los resultados del diseño estadístico (ANEXO 1) el cual demostró que la mezcla de almidones no incrementa la firmeza al producto y tampoco se obtuvo una diferencia significativa entre sus coeficientes en el parámetro de fuerza máxima para demostrar que alguno de estos ejerció un mayor efecto en dicho parámetro; contrario a los resultados obtenidos con el parámetro de trabajo de corte, en el cual, el almidón que ejerció un mayor efecto fue el AMCE, al igual que cuanto se empleó por separado. De este análisis puede decirse también que efectivamente, la mezcla de almidones solo potencializa el parámetro de distancia de corte con un mayor efecto del AMCE tal y como se había observado en los datos (Cuadro 3.11).

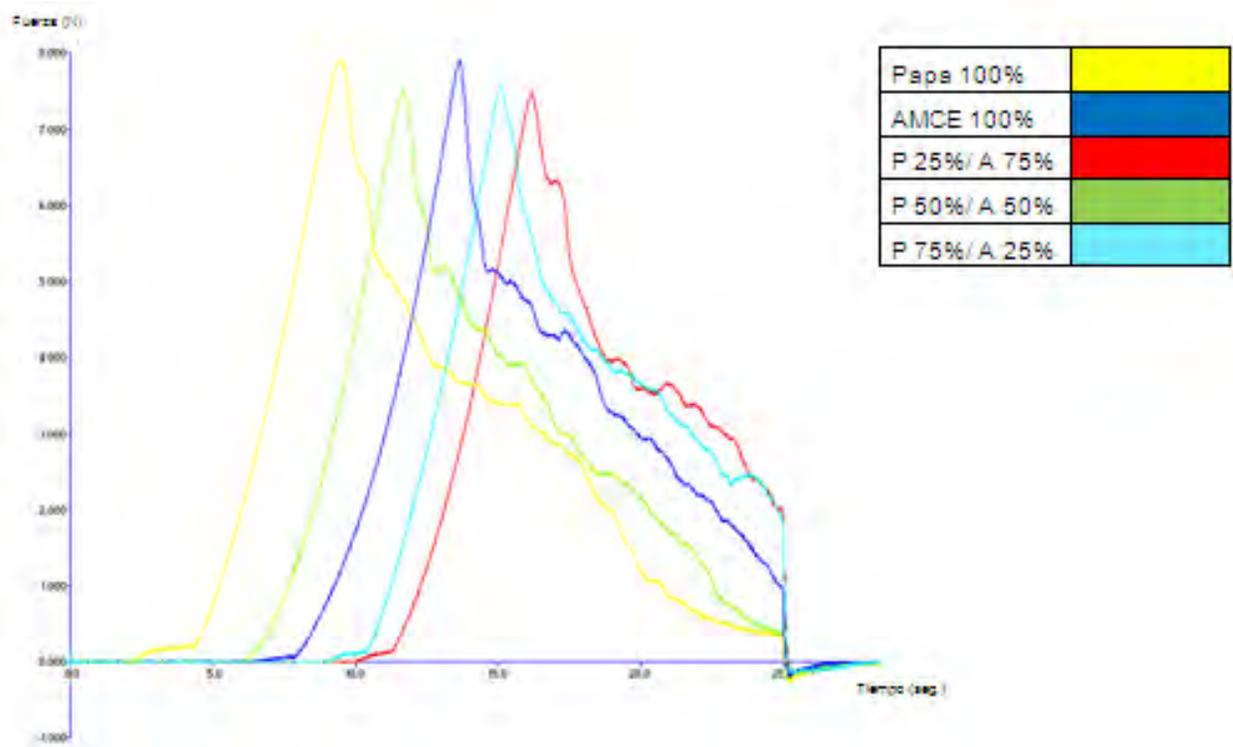


Figura 3.8 Curva de prueba de corte de salchichas con almidones en mezcla a diferentes proporciones de almidón de papa y AMCE.

Cuadro 3.11 Efecto de la mezcla de almidones en las propiedades texturales de salchichas. Prueba de corte.

Variable	Prueba de corte		
	Fuerza máxima (N)	Trabajo de corte (N)	Distancia (mm)
Papa 100%	7.98	57.50	10.03
Papa 25% AMCE 75%	7.48	48.87	27.56
Papa 50% AMCE 50%	7.73	51.48	25.44
Papa 75% AMCE 25%	7.79	55.95	25.17
AMCE 100%	8.14	70.38	9.87

3.2.4 Prueba porcentaje de sinéresis

Según los resultados del Cuadro 3.12 las salchichas elaboradas con la mezcla de almidón de papa en un 25% y AMCE en 75% presentaron un menor porcentaje de sinéresis en comparación a las otras dos mezclas y muy similar con las salchichas elaboradas solamente con AMCE, lo cual puede atribuirse a que el AMCE se encuentra en mayor proporción y que posee una gran capacidad de retención de agua (Badui, 2006), así que, cuando este almidón se utiliza en menor proporción aumenta el porcentaje de sinéresis del producto. Lo anterior se corroboró con los resultados del diseño estadístico (Anexo 1), el cual indica que utilizar los almidones en mezcla no favorece la disminución del porcentaje de sinéresis; además de los resultados de este diseño se obtuvo también que el AMCE es el almidón con mayor efecto en esta prueba al obtener un coeficiente de regresión menor lo cual se atribuye a que posee una mayor capacidad de absorber agua por lo que aun cuando se encuentra a la mínima proporción en las mezclas se obtiene un porcentaje de sinéresis menor que el obtenido en la muestra con almidón de papa al 100%.

3.2.5 Prueba porcentaje de hinchamiento.

Conforme a los resultados (Cuadro 3.12) de la prueba de porcentaje de hinchamiento, los valores obtenidos en las proporciones papa 25%-AMCE 75% y papa 75%-AMCE

25% son muy similares, sin embargo cuando se utilizan a la misma proporción se obtiene un porcentaje de hinchamiento menor incluso al que resulto al utilizar el almidón de papa al 100%. En estos resultados se observó también que el valor más alto en esta prueba se obtuvo utilizando el AMCE al 100%. Lo anterior fue corroborado al llevar a cabo el diseño estadístico, el cual demostró que la mezcla almidones no potencializa este parámetro y que es el AMCE el almidón que presenta un mayor efecto en el mismo, lo cual se atribuyó a que según Fanelli,2002 sus gránulos son más resistentes a altas temperaturas, absorben y retienen más agua.

Cuadro 3.12 Efecto de la concentración de almidón de papa y AMCE en los parámetros de calidad. Prueba de % de sinéresis y % hinchamiento.

Variable \ Prueba	% Sinéresis	% Hinchamiento
Testigo 2 AMCE 100%	0.21	14.12
Papa 25% AMCE 75%	0.20	11.35
Papa 50% AMCE 50%	0.27	9.82
Papa 75% AMCE 25%	0.31	11.44
Testigo 1 Papa 100%	1.02	10.55

3.3 Fibras solas

3.3.1 Prueba de extrusión

En las Figuras 3.9 y 3.10 se muestran las curvas de extrusión de las emulsiones elaboradas con tres niveles de concentración (1,2 y 3%) de fibra de avena y prebiótica y una concentración constante de la mezcla de almidones del 6.5% en una proporción del 50% papa y 50% AMCE. En ambas figuras se puede observar que la curva testigo se encuentra por debajo de las curvas de las emulsiones elaboradas con los tres niveles de concentración de cada fibra, lo cual se puede atribuir a que la adición de ambas fibras al sistema incrementa la consistencia del mismo, tal y como se observa también en los resultados del Cuadro 3.13, en los cuales al incrementar la concentración de cada una de las fibras se obtiene un aumento en los valores del trabajo y la fuerza media requerida para hacer fluir la emulsión. En dichos resultados puede destacarse también que sólo al adicionar ambas fibras a la máxima concentración (3%) se obtienen valores mayores en los dos parámetros evaluados.

Sin embargo, los resultados del análisis estadístico demostraron que no hay ningún cambio en la fuerza media requerida para hacer fluir la emulsión cuando las fibras se adicionan a la mínima concentración (1%) como se había planteado en base a las Figuras 3.9 y 3.10 y los resultados del Cuadro 3.13, pero que si se requirió de un incremento en la fuerza media para hacer fluir el sistema al aumentar la concentración del 1 al 2% aunque el trabajo requerido fue el mismo. Por otra parte se corrobora que solo al trabajar ambas fibras a la máxima concentración se obtiene una diferencia significativa en ambos parámetros.

En cuanto al tipo de fibra, destaca la de avena por ejercer un mayor efecto en ambos parámetros, lo que puede deberse a que aporta una mayor consistencia a la emulsión en comparación a la fibra prebiótica ; ya que según Fennema (2000) y Molina y Martín (2007) esta fibra contiene una fracción soluble en su estructura que le proporciona la capacidad de retener una gran cantidad de agua y así incrementar la consistencia del sistema.

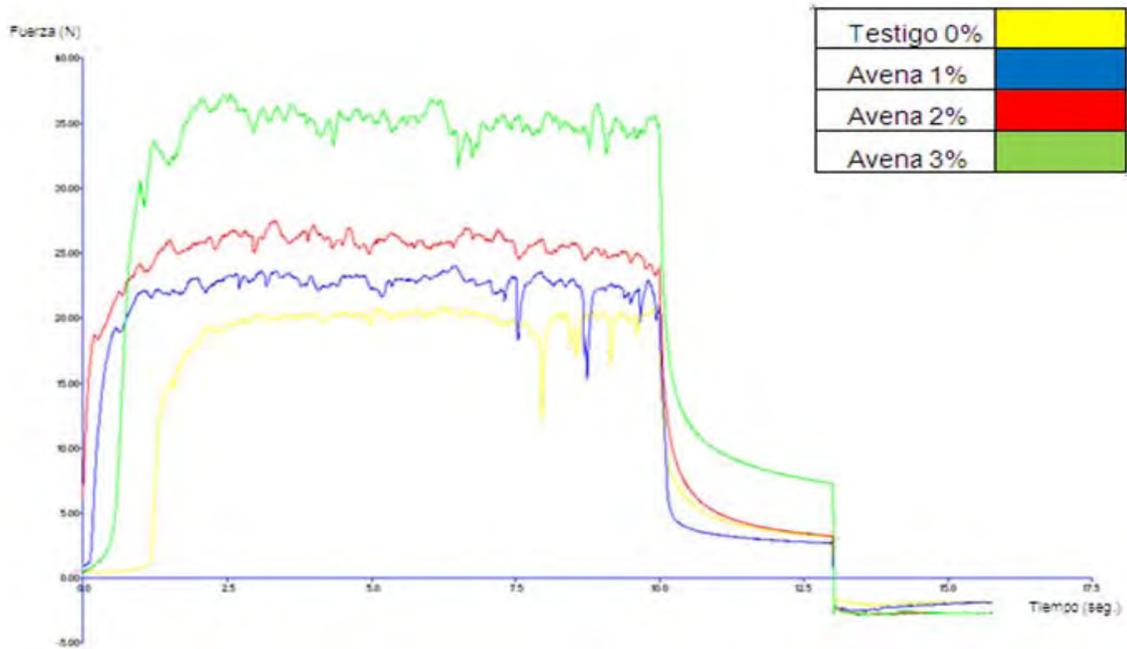


Figura 3.9 Curva de extrusión emulsión cárnica con fibra de avena.

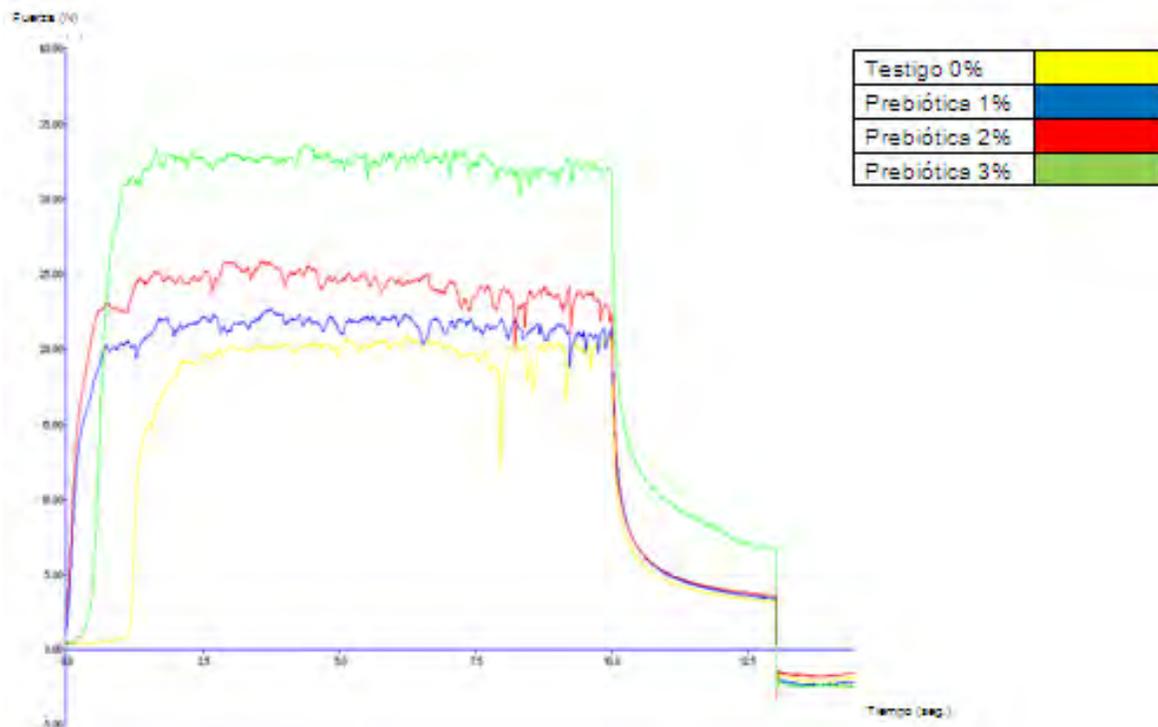


Figura 3.10 Curva de extrusión emulsión cárnica con fibra prebiótica.

Cuadro 3.13 Efecto del tipo y concentración de fibra en las propiedades texturales. Prueba de extrusión.

Variable		Extrusión positiva	
Tipo de fibra	Concentración (%)	Fuerza media (N)	Trabajo de extrusión (N)
Testigo	0	20.63	174.91
Fibra de Avena	1	22.14	207.61
	2	26.35	226.64
	3	37.65	329.56
Fibra Prebiótica	1	22.05	205.36
	2	24.70	215.23
	3	33.28	293.41

Cuadro 3.14 Resultados del análisis estadístico de medias. Prueba de extrusión.

Variables	Extrusión positiva	
	Fuerza media (N)	Trabajo de extrusión (N)
Concentración (%)		
0	19.60 ^c	166.60 ^c
1	22.10 ^c	206.50 ^b
2	25.50 ^b	220.90 ^b
3	35.50 ^a	311.50 ^a
Tipo de Fibra		
Avena	26.70 ^a	234.70 ^a
Prebiótica	24.70 ^b	218.10 ^b

Valores con el mismo superíndice son estadísticamente iguales con un nivel de significancia de 0.05 al aplicar la prueba de Tukey.

3.3.2 Prueba de perfil de textura

Al realizar la prueba de TPA a las salchichas elaboradas con los dos tipos de fibra se obtuvo que en los parámetros de dureza y masticosidad a las concentraciones del 1 y 2% se obtuvieron valores muy similares y un incremento significativo en el valor de dichos parámetros a la máxima concentración (3%) así como en comparación con el testigo (Cuadro 3.15). Cabe destacar que dicho aumento en los parámetros texturales mencionados fue mayor al utilizar la fibra de avena a los tres niveles de concentración lo cual puede apreciarse en la Figura 3.11 donde las curvas de esta fibra se ubican por arriba de las curvas de la fibra de avena.

En cuanto a los demás parámetros texturales, según los datos obtenidos del análisis de perfil de textura con la fibra de avena se obtuvo una disminución en los valores de cohesividad, elasticidad instantánea, elasticidad total y resiliencia conforme se incrementó la concentración de la misma, sin embargo esta disminución fue más notoria cuando se incrementó la concentración de fibra de avena del 1 al 2% (Cuadro 3.15).

Con respecto a la fibra prebiótica cuando se adicionó a la máxima concentración se obtuvieron valores menores en los parámetros de elasticidad total, resiliencia y cohesividad con respecto a las otras dos concentraciones. El único parámetro que presentó un incremento a esta misma concentración fue la elasticidad instantánea ya que el parámetro de resiliencia obtuvo un valor mayor a la concentración del 2%.

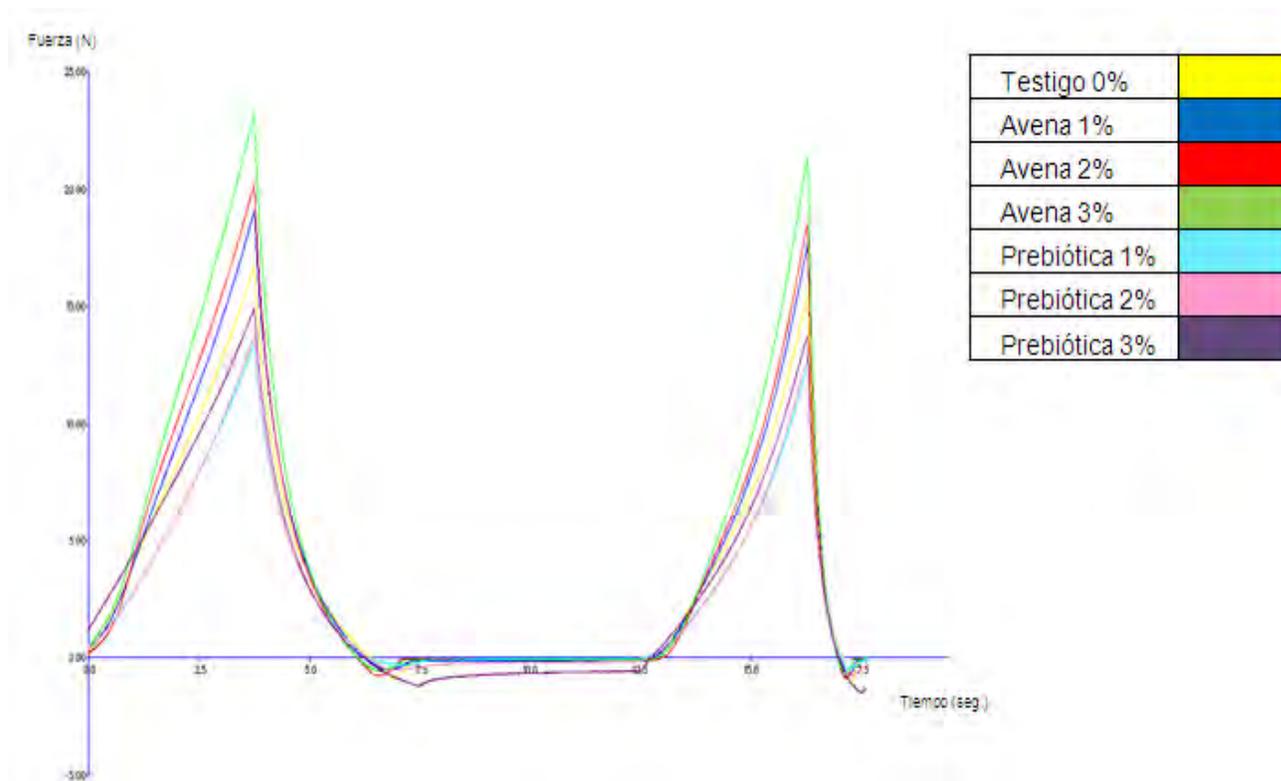


Figura 3.11 Curva de análisis de perfil de textura de salchichas con fibra de avena y prebiótica.

Al realizar el análisis estadístico (Cuadro 3.16) se observa que tal y como se había planteado con los datos del Cuadro 3.15 sólo se obtuvo una diferencia significativa en la dureza, masticosidad y cohesividad a la máxima concentración con resultados notoriamente mayores.

Con respecto a los otros parámetros, la elasticidad instantánea presentó una disminución significativa a la concentración del 2% y la resiliencia obtuvo una diferencia significativa sólo a la concentración del 3%, sin observarse cambios en la elasticidad total en los tres niveles de concentración. En cuanto al tipo de fibra, la de avena incrementó la dureza y masticosidad de las salchichas, ya que, al igual que el almidón de papa, posee cierta capacidad para formar geles y unirse a otros componentes, lo cual se atribuye a que contiene como componente principal una fracción de fibra soluble capaz de gelificar al enfriarse (Molina y Martín, 2007); reforzando así la formación de la

red tridimensional y por tanto dando lugar a un producto mucho más firme que el elaborado sólo con la mezcla de almidones.

Por otra parte, se puede decir que al adicionar la fibra prebiótica (Cuadro 3.16) esta ejerce un mayor efecto sobre los parámetros de cohesividad, elasticidad y resiliencia debido a que no posee la capacidad de gelificar.

Cuadro 3.15 Efecto de la concentración de fibra de avena y fibra prebiótica en las propiedades texturales de salchichas. Prueba de perfil de textura.

Variable	Propiedad					
Concentración (%)	Dureza (N)	Cohesividad (-)	EI (-)	ET (-)	Resiliencia (-)	Masticosidad (N)
Testigo						
0%	17.40	0.59	71.09	94.50	0.43	9.71
Fibra de avena						
1	19.72	0.59	68.08	94.37	0.41	11.07
2	19.91	0.57	64.63	91.67	0.37	10.51
3	23.87	0.57	64.37	90.87	0.36	12.38
Fibra Prebiótica						
1	13.34	0.60	70.83	97.57	0.44	7.84
2	13.74	0.60	69.63	95.73	0.46	8.00
3	15.90	0.58	73.12	94.63	0.41	8.77

Cuadro 3.16 Resultados del análisis estadístico de medias.

Prueba de perfil de textura

Análisis Estadístico						
Variable	Propiedad					
Concentración (%)	Dureza (N)	Cohesividad (-)	EI (-)	ET (-)	Resiliencia (-)	Masticosidad (N)
0	14.00 ^c	0.60 ^a	73.80 ^a	96.40 _a	0.50 ^a	8.20 ^c
1	16.50 ^b	0.60 ^a	69.50 ^a _b	96.00 _a	0.40 ^{ab}	9.50 ^b
2	16.80 ^b	0.60 ^a	67.10 ^b	93.70 _a	0.40 ^{bc}	9.30 ^b
3	19.90 ^a	0.60 ^b	68.80 ^a _b	92.80 _a	0.40 ^c	10.60 ^a
Tipo de Fibra						
Avena	20.20 ^a	0.60 ^b	67.00 ^b	92.90 _b	0.40 ^b	10.90 ^a
Prebiótica	13.40 ^b	0.60 ^a	72.50 ^a	96.60 _a	0.50 ^a	7.80 ^b

Valores con el mismo superíndice son estadísticamente iguales con un nivel de significancia de 0.05 al aplicar la prueba de Tukey.

3.3.3 Prueba de corte

En los resultados obtenidos de la prueba de corte (Cuadro 3.17) y en la Figura 3.12 se observó que la fuerza requerida para romper la estructura de las salchichas elaboradas con fibra de avena a las concentraciones del 1 y 2% es muy similar, observándose solo una mínima diferencia a la máxima concentración; también al utilizar esta fibra se pudo observar un incremento en los valores de este parámetro en comparación a los obtenidos con las salchichas elaboradas sin adicionar esta fibra.

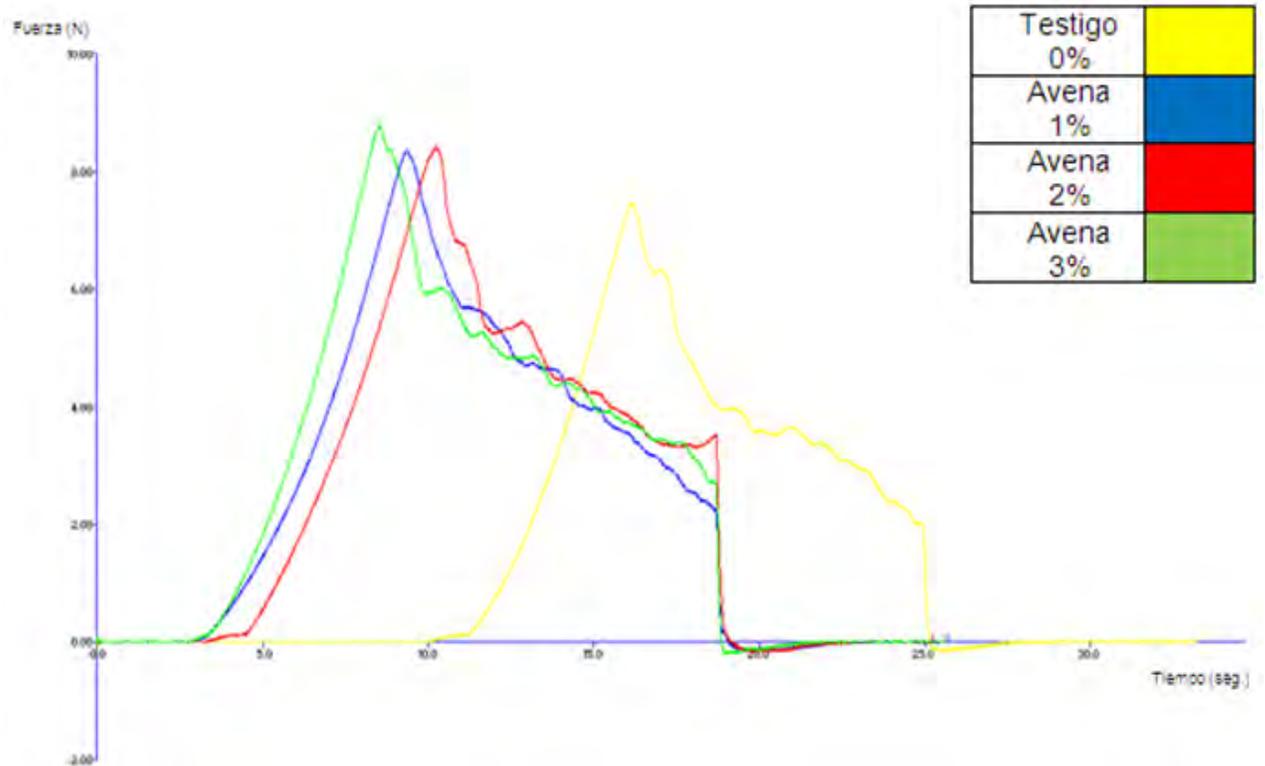


Figura 3.12 Curva de la prueba de corte de salchichas con fibra de avena

En cuanto a las elaboradas con fibra prebiótica sólo se observó una diferencia en los valores al aumentar la concentración del 1 al 2% ya que los valores obtenidos (Cuadro 3.17) de este parámetro con las concentraciones del 2 y 3% fueron muy similares; cabe señalar también que no existió una diferencia significativa entre la fuerza requerida para romper la estructura de las salchichas elaboradas sin fibra y las elaboradas con fibra prebiótica a la máxima concentración lo cual también puede apreciarse en la Figura 3.13 en donde las curvas correspondientes a las concentraciones del 1 y 2% de fibra así como la curva testigo son muy similares.

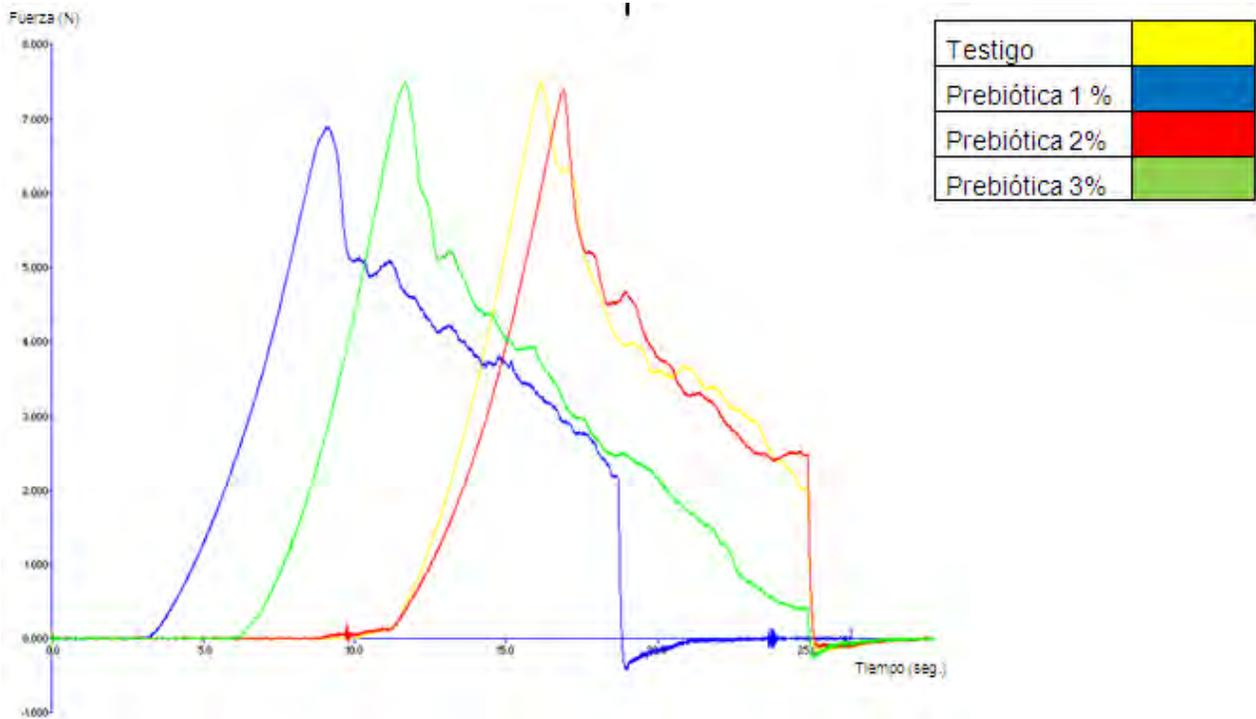


Figura 3.13 Curva de la prueba de corte de salchichas con fibra prebiótica

En el trabajo de corte se obtuvo que al trabajar con la fibra de avena el incremento del mismo fue proporcional al aumento de su concentración y en la fibra prebiótica este es menor a la concentración del 2% y mayor a la máxima concentración pero este resultado fue similar al de la muestra sin fibra lo cual puede apreciarse también en la Figura 3.13. En el parámetro de distancia de corte se aprecia que los valores disminuyeron al aumentar la concentración de fibra de avena y fue mayor al utilizar la fibra prebiótica a la concentración del 2%; sin embargo los valores obtenidos con ambas fibras en este parámetro fueron menores que los resultados de la muestra con 0% de fibra ya que el AMCE es el que disminuye en sí la fragilidad de las salchichas.

Los resultados del análisis estadístico (Cuadro 3.18) arrojan que la fuerza requerida para romper la estructura de las salchichas elaboradas con ambas fibras a las concentraciones del 2 y 3% es muy similar, como se había planteado con los resultados de la fibra prebiótica y que sólo se obtiene una diferencia significativa en el trabajo de corte a la mínima y máxima concentración de las fibras. Al obtener un producto más firme con la fibra de avena se requiere también de mayor fuerza y trabajo para romper su estructura tal y como se ve reflejado en los resultados; mientras que la fibra prebiótica da lugar a un producto menos frágil con una mayor distancia de corte en comparación a la fibra de avena tal y como se observó también en los datos del Cuadro 3.17.

Cuadro 3.17 Efecto de la concentración de almidón de papa y AMCE en las propiedades texturales de salchichas. Prueba de corte

Variable		Prueba de corte		
Tipo de almidón	Concentración (%)	Fuerza máxima (N)	Trabajo de corte (N)	Distancia (mm)
Testigo	0	7.73	51.48	25.44
Fibra de Avena	1	8.53	61.50	16.21
	2	8.54	74.26	15.24
	3	8.62	76.52	8.06
Fibra Prebiótica	1	7.03	44.71	17.82
	2	7.52	38.25	23.41
	3	7.64	51.22	18.19

Cuadro 3.18 Resultados del análisis estadístico de medias. Prueba de corte.

Variables	Prueba de corte		
	Fuerza máxima (N)	Trabajo de corte (N)	Distancia (mm)
Concentración (%)			
0	7.10 ^b	38.50 ^c	28.80 ^a
1	7.80 ^{ab}	53.10 ^b	17.00 ^b
2	8.00 ^a	56.30 ^b	19.30 ^b
3	8.10 ^a	63.90 ^a	13.10 ^c
Avena	8.40 ^a	65.90 ^a	16.20 ^b
Prebiótica	7.20 ^b	39.90 ^b	22.90 ^a

Valores con el mismo superíndice son estadísticamente iguales con un nivel de significancia de 0.05 al aplicar la prueba de Tukey.

3.3.4 Prueba porcentaje de sinéresis

Conforme a los resultados obtenidos del Cuadro 3.19 ambas fibras disminuyen el porcentaje de sinéresis al aumentar la concentración. En el caso de la fibra de avena dicha disminución es mucho mayor en comparación a la fibra prebiótica; aunque el menor porcentaje de sinéresis se obtuvo al utilizar la mezcla de almidones por separado ya que, incluso cuando se utilizó la máxima concentración de fibra de avena se obtuvo un porcentaje de sinéresis mayor al de la mezcla de almidones.

3.3.5 Prueba porcentaje de hinchamiento

En cuanto a los resultados del porcentaje de hinchamiento en el Cuadro 3.19 se observó un incremento en el porcentaje de hinchamiento de forma proporcional al aumentar la concentración de fibra de avena; pero en el caso de la prebiótica el mayor porcentaje es obtenido con la concentración del 2%. Aun así con ambas fibras se obtienen valores similares a las concentraciones del 2 y 3% y al igual que en la prueba de porcentaje de

sinéresis el valor obtenido con la mínima concentración de ambas fibras es muy superior al obtenido en comparación al testigo.

Cuadro 3.19 Efecto de la concentración de fibra de avena y prebiótica en los parámetros de calidad. Prueba de % de sinéresis y % hinchamiento.

Prueba Variable	% Sinéresis	% Hinchamiento
Testigo 0%	0.27	9.82
Fibra de Avena (%)		
1	0.37	26.21
2	0.30	28.43
3	0.29	29.31
Fibra Prebiótica (%)		
1	0.47	17.90
2	0.43	20.96
3	0.38	19.37

Con el análisis estadístico (Cuadro 3.20) se corrobora lo descrito con los resultados obtenidos en la prueba, ya que, el porcentaje de sinéresis disminuye conforme se incrementa la concentración de las fibras aunque, la disminución que se obtuvo en este parámetro es la misma al utilizar la máxima concentración de las fibras y la mezcla de almidones. Se observó también que la fibra de avena es la que reduce en mayor proporción el porcentaje de sinéresis del producto ya que la función principal de ésta fibra es absorber una gran cantidad de agua, lo cual se ve reflejado también en el porcentaje de hinchamiento, el cual fue mayor al obtenido con la fibra prebiótica y en cuestión de concentraciones se obtuvo un incremento significativo al adicionar las fibras, sin embargo no existió una diferencia significativa al incrementar la concentración del 2 al 3% en ambas fibras tal y como se había planteado en base a los resultados del Cuadro 3.19.

Cuadro 3.20 Resultados del análisis estadístico de medias. Prueba de % de sinéresis y % hinchamiento.

Variable	Pruebas de Calidad	
Concentración	Sinéresis (%)	Hinchamiento (%)
0	0.30 ^c	5.50 ^c
1	0.40 ^a	22.10 ^b
2	0.40 ^b	24.70 ^a
3	0.30 ^c	24.30 ^a
Tipo de Fibra		
Avena	0.30 ^b	23.40 ^a
Prebiótica	0.40 ^a	14.90 ^b

Valores con el mismo superíndice son estadísticamente iguales con un nivel de significancia de 0.05 al aplicar la prueba de Tukey.

3.4 Fibras en mezcla

3.4.1 Prueba de extrusión

Como puede observarse en los datos del Cuadro 3.21, conforme se incrementó la concentración de fibra de avena en la emulsión elaborada con la mezcla de fibras esta se volvió más consistente aumentando la fuerza y el trabajo requerido para hacerla fluir, aunque la fuerza media que se obtuvo con la mezcla avena 75%-prebiótica 25% fue exactamente igual a la obtenida cuando se utilizó únicamente la fibra de avena al 3%. Por otra parte en la Figura 3.14 puede observarse que las curvas de las emulsiones elaboradas con la mezcla de fibras avena 50% - prebiótica 50% y la emulsión con fibra prebiótica al 3% fueron muy similares al igual que los resultados obtenidos en el parámetro de fuerza media. En cuanto al parámetro de trabajo de extrusión se observó que únicamente al utilizar la proporción avena 75% - prebiótica 25% se obtuvo un mayor valor en comparación al obtenido al utilizar la fibra prebiótica por separado; aunque el valor más alto en este parámetro se obtuvo solo al utilizar la fibra de avena por separado

Con el diseño estadístico de mezclas (Anexo 2) se corroboró lo anterior ya que la fibra de avena ejerce un mayor efecto al incrementar la consistencia de la emulsión, obteniéndose un mayor trabajo y fuerza de extrusión; el diseño estadístico también arrojó que al trabajar las fibras en mezcla estas no trabajan de manera sinérgica en ambos parámetros texturales por lo que la fuerza media obtenida cuando la fibra de avena se encuentra a la mayor proporción en la mezcla es igual a la obtenida cuando se utilizó por separado. Es muy importante tener en cuenta que una emulsión demasiado consistente como la que se obtuvo al trabajar la avena en mayor proporción en la mezcla podría ser perjudicial en el proceso de elaboración ya que el trabajo necesario para hacerla fluir en la embutidora sería mayor; además de que puede traer como consecuencia problemas de aglutinación en la fase dispersa provocando inestabilidad en la misma (Knipe, 2004).

Cuadro 3.21 Efecto de la mezcla de fibras en las propiedades texturales. Prueba de extrusión.

Variables	Extrusión positiva	
	Fuerza media (N)	Trabajo de extrusión (N s)
Prebiótica 3%	33.28	293.41
Avena 25% Prebiótica 75%	28.26	237.33
Avena 50% Prebiótica 50%	32.53	285.54
Avena 75% Prebiótica 25%	37.65	314.92
Avena 3%	37.65	329.56

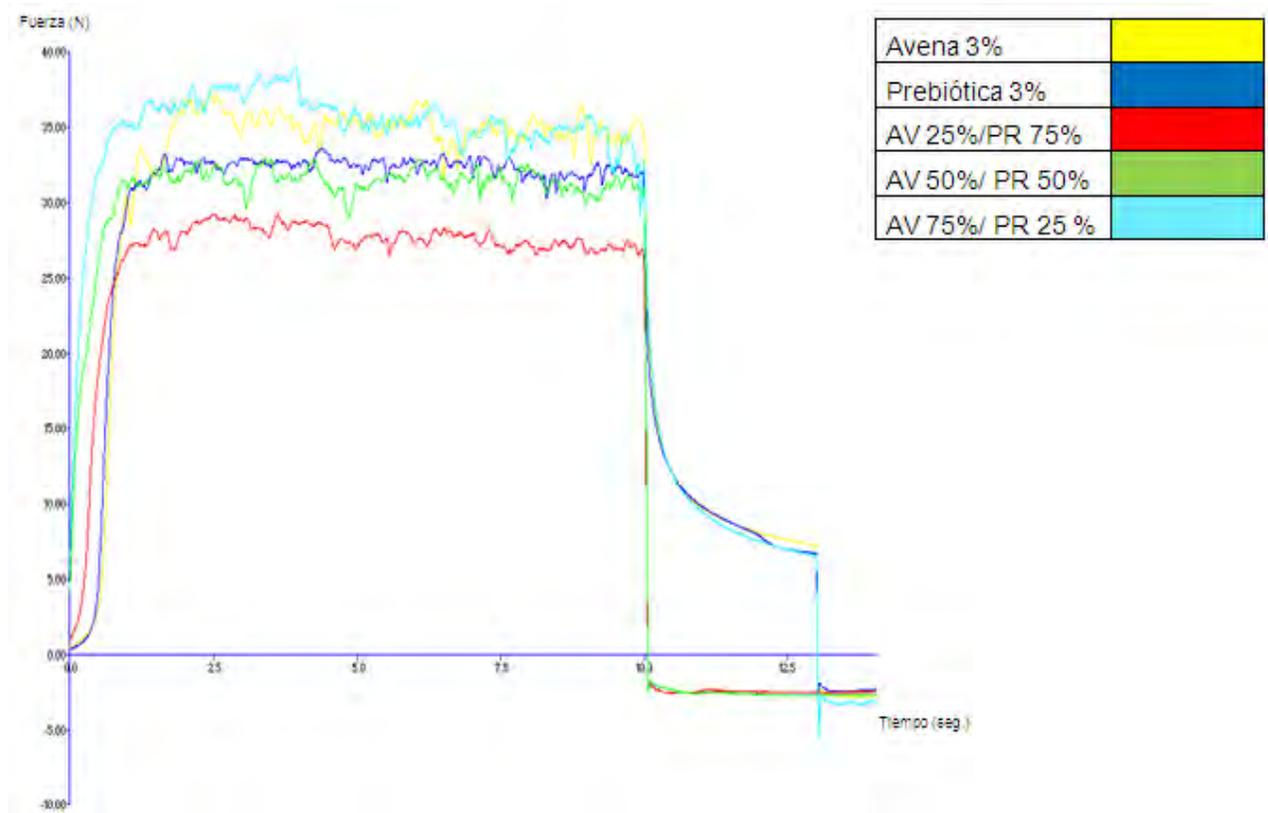


Figura 3.14 Curva de extrusión, emulsión cárnica con mezcla de fibras a diferentes proporciones de fibra de avena y prebiótica.

3.4.2 Prueba de perfil de textura

En los datos obtenidos en la prueba de perfil de textura (Cuadro 3.22) se observó un aumento en los valores del parámetro de dureza y por consecuencia en el de masticosidad al incrementar en las mezclas la proporción de fibra de avena, aunque los valores fueron muy similares entre la mezcla de las fibras en la misma proporción y cuando se adiciono únicamente la fibra de avena al 3%. Se observó también que los valores obtenidos de estos parámetros con la mezcla de fibras en los tres niveles de proporción fueron mayores a los obtenidos utilizando únicamente la fibra prebiótica al 3%, lo cual puede observarse en la Figura 3.15 donde se aprecia que la curva de la fibra prebiótica se encuentra por debajo de todas las demás.

En cuanto a los parámetros de elasticidad instantánea y total, los valores obtenidos de las fibras en mezcla (Cuadro 3.22) fueron mayores cuando las fibras se utilizaron a la misma proporción, el valor más alto de cohesividad se obtiene con la mezcla avena 75% -

prebiótica 25% y en el parámetro de resiliencia no hay diferencia en los valores. También se observó que los valores más altos en los parámetros de cohesividad, elasticidad instantánea y resiliencia se obtuvieron con la fibra prebiótica al 3%.

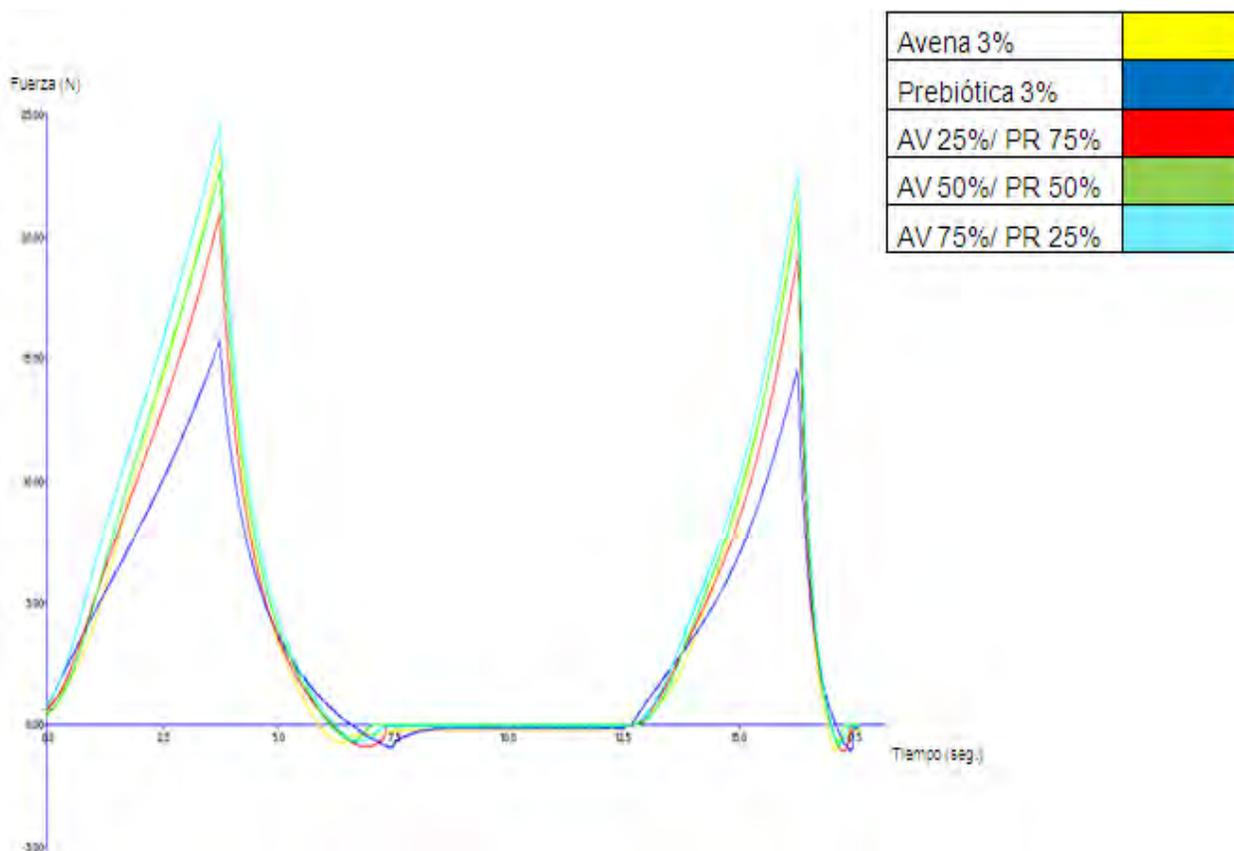


Figura 3.15 Curva de análisis de perfil de textura de salchichas con mezcla de fibras a diferentes proporciones de fibra de avena y prebiótica.

Cuadro 3.22 Efecto de la mezcla de almidones en las propiedades texturales. Prueba de perfil de textura.

Variable	Propiedad					
	Dureza (N)	Cohesividad (-)	EI (-)	ET (-)	Resiliencia (-)	Masticosidad (N)
Prebiótica 3%	15.90	0.58	73.12	94.63	0.41	8.77
Avena 25% Prebiótica 75%	21.41	0.55	67.19	95.10	0.36	11.35
Avena 50% Prebiótica	23.39	0.55	68.04	97.50	0.36	12.67

50%						
Avena 75% Prebiótica 25%	25.02	0.56	65.25	95.17	0.35	13.55
Avena 3%	23.87	0.57	65.37	90.87	0.36	12.38

Los resultados del diseño estadístico de mezclas (Anexo 2) demostraron que las fibras al estar en mezcla actúan de forma complementaria para obtener salchichas con mayor dureza y masticidad, aunque tal y como se había planteado en base a los resultados del Cuadro 3.22 la fibra con mayor efecto es la de avena; lo cual puede observarse también en la Figura 3.15 en donde la curva de la mezcla donde esta fibra se utilizó en mayor proporción (75%) queda por arriba incluso de la curva de esta fibra al 3%.

Los resultados del diseño estadístico también corroboraron que, con respecto a los parámetros de elasticidad instantánea y resiliencia, la fibra con mayor efecto fue la prebiótica; dichos resultados demostraron también que las fibras no llevan a cabo ninguna interacción que afecte estos parámetros.

3.4.3 Prueba de corte

En la Figura 3.16 y en los resultados del Cuadro 3.23 pudo observarse que la fuerza máxima requerida para romper la estructura del producto fue mayor conforme se incrementó la concentración de fibra de avena en la mezcla y disminuye la fibra prebiótica.

En estos resultados se observó también que los valores obtenidos en los tres parámetros evaluados en esta prueba presentaron un aumento significativo al incrementar la concentración de fibra de avena del 25 al 50% en la mezcla, ya que los valores obtenidos en los parámetros de fuerza y trabajo de corte con la mezcla en donde la avena se adiciono en menor proporción (25%) fueron menores a los obtenidos al utilizar esta fibra por separado.

Los resultados del diseño estadístico de mezclas (Anexo 2) demostraron que la adición de la mezcla de fibras a las salchichas potencializa significativamente los parámetros de fuerza y trabajo de corte haciendo más resistente la estructura del producto; así como que la fibra de avena es la que ejerce un mayor efecto sobre los parámetros mencionados, lo cual se puede atribuir a que, tanto la fibra de avena como el almidón de papa contenidos en el producto poseen la capacidad de gelificar haciendo más firme al producto (Molina y Martín, 2007, Fanelli, 2002).

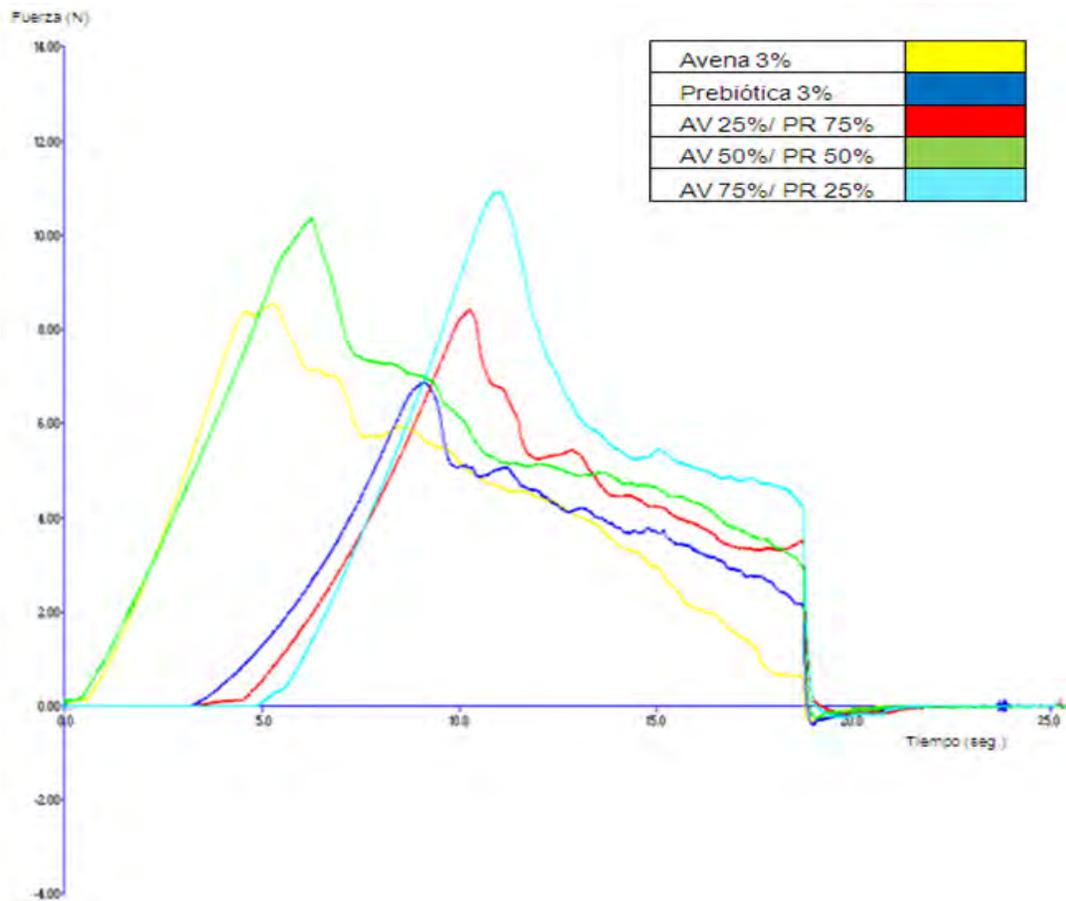


Figura 3.16 Curva de la prueba de corte de salchichas con mezcla de fibras a diferentes proporciones de fibra de avena y prebiótica.

Cuadro 3.23 Efecto de la mezcla de almidones en las propiedades texturales. Prueba de corte.

Variables	Prueba de Corte		
	Fuerza máxima (N)	Trabajo de corte (N)	Distancia (mm)
Prebiótica 3%	7.03	49.71	17.82
Avena 3%	8.62	76.52	8.06
Avena 25% Prebiótica 75%	8.49	73.40	9.12
Avena 50% Prebiótica 50%	10.28	86.85	11.42
Avena 75% Prebiótica 25%	10.93	82.10	15.78

Con respecto al parámetro distancia de corte, al utilizar las mezclas de fibras los valores aumentaron al incrementar el porcentaje de fibra de avena; sin embargo en los resultados del diseño estadístico se observó que la fibra que proporciono una mayor distancia de corte es la prebiótica, lo cual es notorio al observar los resultados obtenidos cuando se utilizaron las fibras por separado ya que el valor obtenido con la fibra prebiótica fue mucho mayor al de la fibra de avena tal y como se observó cuando se trabajaron las fibras por separado.

3.4.4 Prueba porcentaje de sinéresis

En los resultados de la prueba de porcentaje de sinéresis (Cuadro 3.24) se observó que al ser utilizadas por separado la fibra de avena retuvo una mayor cantidad de agua en comparación a la fibra prebiótica; aunque no sucede lo mismo cuando estas se encuentran en mezcla, obteniéndose que el menor porcentaje de sinéresis se consiguió cuando la fibra de avena se encuentra en la mínima proporción (25%) y la prebiótica a la máxima (75%) lo cual es constatado con los resultados del diseño estadístico (Anexo 2) el cual indico que la mezcla de fibras no favorece la disminución de este parámetro y que la fibra con mayor efecto al utilizarlas en mezcla en esta prueba es la prebiótica.

3.4.4 Prueba porcentaje de hinchamiento

En los resultados de esta prueba (Cuadro 3.24) se observó que el porcentaje de hinchamiento obtenido al trabajar con la mezcla de las fibras a la misma proporción es muy similar al que se consigue con la fibra de avena al 3% y el mayor porcentaje se obtuvo al utilizar la mezcla con la fibra de avena a la máxima proporción (75%) y la prebiótica a la mínima (25%) ya que aunado a la capacidad de las fibras para absorber agua está también la capacidad de absorber agua del AMCE por lo consiguiente el resultado es mucho mayor al que se tiene con la mezcla de almidones y la máxima concentración de fibra de avena (3%). Lo anterior fue corroborado con los resultados del diseño estadístico de mezclas(Anexo 2), ya que se observó que la mezcla de fibras incrementa significativamente el porcentaje de hinchamiento y que la fibra que proporciona un mayor porcentaje de hinchamiento al producto es la de avena, lo cual es muy notorio también al observar los resultados del Cuadro 3.24 en donde el menor porcentaje de hinchamiento resulta de aquellas salchichas elaboradas con 3% de fibra prebiótica y en la mezcla en donde esta se adiciona en mayor proporción.

Cuadro 3.24 Efecto de la concentración de almidón de papa y AMCE en los parámetros de calidad. Prueba de % de sinéresis y % hinchamiento.

Prueba Variable	% Sinéresis	% Hinchamiento
Avena 3%	0.29	29.31
Avena 25% Prebiótica 75%	0.25	25.65
Avena 50% Prebiótica 50%	0.34	29.17
Avena 75% Prebiótica 25%	0.31	31.69
Prebiótica 3%	0.38	19.37

CONCLUSIONES

Al estudiar la influencia del almidón de papa y el AMCE por separado en la elaboración de una salchicha de pavo, se obtuvo que ambos almidones incrementan la consistencia de la emulsión conforme se incrementa la concentración de cada uno en el sistema; sin embargo se observó un aumento considerable de dicha propiedad a la máxima concentración de 7.5% en ambos almidones, aunque el almidón que posee las características en su estructura para aumentar en gran medida la consistencia de la emulsión es el AMCE.

En los parámetros texturales, se obtuvo que el almidón de papa se destaca por dar como resultado una salchicha más firme, lo cual se apreció en los parámetros de dureza y masticosidad en la prueba de análisis de perfil de textura así como en la fuerza y el trabajo en la prueba de corte, aunque cabe destacar que ambos almidones incrementan los valores obtenidos en dichos parámetros al incrementar su concentración. En cuanto a los parámetros de elasticidad instantánea, elasticidad total, resiliencia y cohesividad, estos no se ven afectados por el tipo de almidón utilizado.

En cuanto a las pruebas de calidad, se obtuvo un menor porcentaje de sinéresis al utilizar el AMCE aunque en cuanto al porcentaje de hinchamiento no se observó ninguna diferencia significativa al variar el tipo y concentración de almidón.

Con respecto al efecto de la concentración se obtuvo que estadísticamente se obtienen valores muy semejantes en la mayoría de los parámetros al utilizar la concentración del 5.5. y 6.5% de ambos almidones y sólo es notoria la diferencia con la concentración del 7.5%.

La evaluación de la mezcla de almidones reflejó que sólo los dos parámetros evaluados en la prueba de extrusión (fuerza media y trabajo) así como el parámetro de distancia de corte se potencializan al trabajar los almidones en mezcla

Cabe destacar que aun en mezcla los almidones conservaron sus capacidades para potencializar algunos parámetros en particular, como en el caso de la dureza y masticosidad en el análisis de perfil de textura donde el almidón predominante fue el de papa y en la pruebas de calidad el AMCE fue el almidón que predominó en cuanto a la disminución del porcentaje de sinéresis.

Al evaluar la adición de fibra de avena y prebiótica a una concentración constante de la mezcla de almidones (6.5%) se obtuvo que la adición de las estas al sistema aportan cambios significativos cuando se utilizan a la máxima concentración (3%) en la prueba de extrusión así como en los parámetros de dureza, cohesividad y masticosidad en la prueba de análisis de perfil de textura.

En cuanto al tipo de fibra se observó que la fibra de avena incrementa considerablemente la consistencia de la emulsión, aporta mayor dureza y firmeza a las salchichas con valores mayores en los parámetros de dureza y masticosidad, por tanto hace más resistente al corte la estructura del producto requiriendo de mayor fuerza para romperla. Con respecto a la fibra prebiótica solo favorece los parámetros de elasticidad instantánea y total así como la cohesividad y resiliencia en la prueba de perfil de textura.

La fibra de avena presento también un mayor efecto en el porcentaje de hinchamiento superando por mucho al obtenido con los almidones y sus mezclas, y en la reducción del porcentaje de sinéresis su efecto sólo se asemeja al obtenido con la mezcla de almidones cuando es utilizada a la máxima concentración del 3%, y aunque la fibra de prebiótica disminuye el porcentaje de sinéresis y aumento el porcentaje de hinchamiento sus resultados no fueron tan significativos como los obtenidos con la fibra de avena.

Al llevar a cabo el estudio de la mezcla de fibras en tres diferentes proporciones a una concentración constante del 3% resulto que dicha mezcla no potencializa ninguno de los parámetros evaluados en la prueba de extrusión y que la fibra de avena aporta mayor consistencia a la emulsión conforme se incrementa su concentración en las mezclas. En las pruebas de perfil de textura y de corte, las fibras llevaron a cabo una sinergia en los parámetros de dureza y masticosidad así como en el trabajo y fuerza de corte; aunque la fibra de avena conservó su predominio en los parámetros de dureza y masticosidad y la prebiótica en la elasticidad y resiliencia.

Por último, en las pruebas de calidad el resultado fue que en el porcentaje de sinéresis, contrariamente a lo esperado, predomino la fibra prebiótica con un resultado incluso menor al obtenido cuando se utilizo la fibra de avena a la máxima concentración del 3%. En lo que respecta al porcentaje de hinchamiento las fibras trabajaron en una sinergia con predominio de la fibra de avena, obteniéndose un resultado mucho mayor debido a la conjunción de la funcionalidad de las fibras y los almidones para absorber grandes cantidades de agua.

Finalmente, la aplicación de cada uno de los almidones dependerá de las características que deseen obtenerse en la emulsión y el producto final, debido a que cada uno posee una funcionalidad o propiedades específicas; así como también de la cantidad en que sean utilizados siempre y cuando no se rebase el límite establecido por la normatividad vigente.

Lo anterior ocurre también con las fibras, cuyas propiedades son diferentes entre sí y aunque interaccionan para potencializar algunos parámetros es la fibra de avena la que destaca por presentar propiedades similares a las de los almidones como la de gelificar, absorber grandes cantidades de agua, disminuir el porcentaje de sinéresis del producto e incrementar el porcentaje de hinchamiento del mismo. En cambio, la fibra prebiótica puede caracterizarse por hacer mas elástico y menos frágil al producto ya que generalmente no interviene en las características texturales del producto y su aporte generalmente es reconocido nutricionalmente.

BIBLIOGRAFIA

1. Aleixandre B. J.L., 1996. "Procesos de Elaboración de los Alimentos" Depto. De Tecnología de Alimentos, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Valencia.
2. Apango O. A. n.d "Elaboración de Productos Cárnicos". Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Elaboraci%C3%B3n%20de%20productos%20c%C3%A1rnicos.pdf>.
3. Astiasarán I., Martínez J.A. 2000. Alimentos: composición y propiedades. McGraw-Hill -Interamericana de España. Madrid, España.
4. AVEBE Argentina S.A. 2001, "Las féculas tomaron el control" elaboró el Laboratorio de Productos Cárnicos. Proporcionado por Foxhol, Holanda. Disponible en: www.alimentacion.enfasis.com/notas/7212-las-feculas-tomaron-el-control
5. Badui D., 2006. "Química de los alimentos" Ed. Pearson Edicación, México.
6. Blanco M. H., 2000. "Guías Empresariales, Embutidos." Limusa México D.F.
7. Blanno, M. 2005 "La emulsión Cárnica en la elaboración de salchicha tipo Viena", México
8. Boletín "Las Salchichas no Pasan de Moda." Disponible en: http://www.industriaalimenticia.com/Archives_Davinci?article=1304.
9. Casas N. y Ramírez M., 2001. "Reología y textura de materiales biológicos". Universidad Nacional Autónoma de México, México.
10. Calvo R., 1991). "Aditivos Alimentarios. Propiedades, aplicaciones y efectos sobre la salud". Mira Editores, Zaragoza. Disponible en: <http://milksci.unizar.es/adit/aditivos.html>
11. Charalambous G. y Doxastakis G., 1989. Food Emulsifiers, Chemistry Technology, Functional Properties and Applications. Ed. Elsevier, Amsterdam, Oxford, N.Y. Tokyo.

12. Charley, H., Tecnología de alimentos. Procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos. Ed. Limusa, México D.F.
13. Cheftel, J. y Lorient D., 1989. Los principales sistemas proteicos alimenticios, en Proteínas Alimentarias. Bioquímica. Propiedades funcionales. Valor nutritivo. Modificaciones químicas, Cap. 6, Acribia, Zaragoza.
14. Connor J.M., Schiek W.A. 1997. Food Processing. Wiley Interscience. EUA. 2a edición.
15. Cubero N, et. al. 2002, Tecnología de Alimentos, Aditivos Alimentarios, Ed, Mundi-Prensa Barcelona, Madrid España.
16. Escudero E. y Gonzalez P., 2006. Artículo “La fibra dietética” elaboró la Unidad de dietética y nutrición, hospital de Fuenfría, Madrid España. Disponible en: <http://www.nutricionhospitalaria.com/pdf/3722.pdf>
17. Departamento de Alimentos, Universidad de Buenos Aires, 2007 “Tecnología de Alimentos II Guía de trabajos prácticos-laboratorio” Licenciatura en ciencia y tecnología de alimentos Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Facultad de Farmacia y Bioquímica. Disponible en: <http://www.qo.fcen.uba.ar/Cursos/TecnolII/guia.pdf>
18. Desrosier N. W., 1998. “Elementos de Tecnología de Alimentos.” Continental México.
19. Fanelli B. 2002, “Química de los alimentos” elaboró la Universidad Nacional de Quilmes, Argentina. Disponible en: www.scribd.com/doc/75171731/02-Almidon
20. Fennema Q. R., 2000. Características de los tejidos musculares comestibles, en Química de los alimentos, Acribia, Zaragoza.
21. Garduño, A. y Morales V, 2005 “Fibras Dietéticas: Beneficios para la salud y oportunidades de negocio en México” Revista Mundo Alimentario.
22. Herrera J., 2007. “Estudios Preliminares de la Contribución de las fases lipídica y acuosa de una emulsión cárnica modelo a la percepción de aroma

a carne". Disponible en:
<http://www.yumpu.com/es/document/view/12717984/anexo-xxx>

23. Hoogenkamp H., 2008. Proteína de Soja y Formulas para productos Cárnicos Ed. Acribia S.A. Zaragoza España.
24. Huerta Abrego, L. et. al. 2009. "Incorporación en Salchichas tipo Frankfurt de Mezclas de Proteína de Phaseolus lunatus L. con diferentes almidones, Revista de la Facultad de Ingeniería Química.
25. Imeson A. 1997. Thickening and gelling agents for food. Ed. Blackie Academic and Profesional. 2º ed. London, England.
26. Kirchner. S. y López G. E., 2000. "Elaboración de Productos Cárnicos." Trillas México.
27. Knipe L., 2004. "Use of Phosphates in Meat Products" Revista Mundo Lacteo y Cárnico, Ohio State University.
28. Llamas O., 2007 Artículo "Las salchichas" Revista ANTAD (Asociación Nacional de Tiendas de Autoservicio y Departamentales).
29. López A. SJ., 2007. "Desarrollo y Evaluación Sensorial de una Salchicha de Pollo con Fibra", Tesis de Licenciatura, Ingeniería en Agroindustria Alimentaria; Escuela Agrícola Panamericana, Honduras.
30. Lortzing D., et. al., 1996 "Elaboración Casera de Carnes y Embutidos" Acribia, Zaragoza, España.
31. Lozada P, 2011. "Procesamientos Agropecuarios" elaboró la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Ibarra Ecuador. Disponible en: www.pucesi.edu.ec
32. Madrigal Z. y Sangronis E., 2007. Artículo " La inulina y sus derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales" elaboró Universidad Simón Bolívar, departamento de procesos biológicos y bioquímicos. Caracas Venezuela.
33. Molina M. y Martín A., 2007. Artículo "La fibra dietética procesada como alimento funcional" elaboró, Escuela de Andaluza de Salud Pública, Zaidín Granada.

34. NACAMEH, 2008, "Embutidos de sangre en diversos países del mundo", Departamento de Higiene y Tecnología de los alimentos Universidad de León, España.
35. NCR 146:1991 Gaceta No.115 Decreto N0. 21299 Productos Cárnicos Salchichas.
36. NMX-F-065-1984. Alimentos. Salchichas. Especificaciones. Normas Mexicanas Dirección General de Normas.
<http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-065-1984.PDF>
37. NORDOM 392 Proyecto de Norma "Carne y Productos Cárnicos, Salchichas, Especificaciones".
38. Ministerio de Economía, Industria y Comercio (MEIC), 2010 "Guía para el etiquetado de embutidos", San José Costa Rica.
39. Mitolo, J., et. al., n.d. "Manual del Taller de Cárnicos".
40. Müller S. & Ardoíno M. n.d. "Procesamiento de Carnes y Embutidos. Elaboración, estandarización, control de calidad".
http://www.science.oas.org/oea_qtz/libros/embutidos/pdf/carnes_all.pdf
41. Olazar, L., 2010. Artículo. "Almidón: Un misterio estructural" Disponible en:
<http://www.scienceinschool.org/2010/issue14/starch/spanish>
42. Osorio T. et al. 2004. Artículo "Caracterización textural y fisicoquímica del queso Edam" Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín, vol. 1 elaboró Universidad Nacional de Colombia, Colombia.
43. Pearson M. y Gillett T. 1996. Sausages, en Processed Meats, Champman & Hall, Nueva York.
44. Price J.F. y Schweigert B. S., 1994. "Ciencia de la Carne y los Productos Cárnicos" 2ª ed. Acribia-Zaragoza España.
45. Primo Y. E., 1998. "Química de los alimentos." Síntesis S.A. Madrid España.
46. Quiroga T. y López J., 2002. Curso industrias cárnicas, Universidad Nacional de Colombia. Disponible en:
<http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/2001819/index.html>.

47. Rodríguez E. et al. 2005. Artículo. "Reología y textura de masas: aplicaciones en trigo y maíz". Revista Ingeniería e Investigación. Vol. 25, número 001. Universidad Nacional de Colombia, Colombia.
48. Rosenthal A., 2001. "Textura de los alimentos medida y percepción" Ed. Acribia Zaragoza España.
49. Roudot A., 2004 "Reología y análisis de la textura de los alimentos" Ed. Acribia Zaragoza España.
50. Rust R., n.d. "Producción de salchicha fresca" (Parrillera) Iowa State University. Disponible en: <http://meatsci.osu.edu/SpanishDocuments/salchichafrescarust.pdf>
51. Werner F., 1995. "Fabricación fiable de Embutidos." Ed. Acribia Zaragoza España.
52. Werner B., 2007. "Química de los Alimentos" Ed. Ed. Acribia Zaragoza España.
53. Wong, D. W. S., 1995 "Química de los Alimentos" Ed. Acribia, Zaragoza España.
54. www.envapack.com.

ANEXO 1

ANÁLISIS FACTORIAL DE ALMIDONES EN MEZCLA

- **Prueba de Extrusión**

Regresión para mezclas: FUERZA vs. modificado, papa

Coefficientes de regresión estimados para FUERZA (proporciones del componente)

	EE del					
Término	Coef	coef.	T	P	VIF	
modificado	16.03	0.8333	*	*	1.661	
papa	18.87	0.8333	*	*	1.661	
modificado*papa	15.62	3.7861	4.12	0.001	2.429	

Regresión para mezclas: TRABAJO vs. modificado, papa

Coefficientes de regresión estimados para TRABAJO (proporciones del componente)

	EE del					
Término	Coef	coef.	T	P	VIF	
modificado	158.7	10.77	*	*	1.661	
papa	151.7	10.77	*	*	1.661	
modificado*papa	136.5	48.93	2.79	0.016	2.429	

- **Prueba de Perfil de Textura**

Regresión para mezclas: DUREZA vs. modificado, papa

Coeficientes de regresión estimados para DUREZA (proporciones del componente)

	EE del					
Término	Coef	coef.	T	P	VIF	
modificado	11.334	1.285	*	*	1.661	
papa	14.585	1.285	*	*	1.661	
modificado*papa	4.543	5.839	0.78	0.452	2.429	

Regresión para mezclas: COHESIVIDAD vs. modificado, papa

Coeficientes de regresión estimados para COHESIVIDAD (proporciones del componente)

Término	Coef	EE del coef.	T	P	VIF	
modificado	0.61599	0.004710	*	*	1.661	
papa	0.58946	0.004710	*	*	1.661	
modificado*papa	-0.01486	0.021399	-0.69	0.501	2.429	

Regresión para mezclas: INDICE EI vs. modificado, papa

Coeficientes de regresión estimados para INDICE EI (proporciones del componente)

	EE del					
Término	Coef	coef.	T	P	VIF	
modificado	67.164	2.158	*	*	1.661	
papa	65.023	2.158	*	*	1.661	
modificado*papa	8.932	9.806	0.91	0.380	2.429	

Regresión para mezclas: INDICE ET vs. modificado, papa

Coefficientes de regresión estimados para INDICE ET (proporciones del componente)

		EE del				
Término	Coef	coef.	T	P	VIF	
modificado	89.72	1.055	*	*	1.661	
papa	88.89	1.055	*	*	1.661	
modificado*papa	20.11	4.793	4.20	0.001	2.429	

Regresión para mezclas: RESILENCIA vs. modificado, papa

Coefficientes de regresión estimados para RESILENCIA (proporciones del componente)

Término	Coef	EE del coef.	T	P	VIF	
modificado	0.43714	0.007069	*	*	1.661	
papa	0.42314	0.007069	*	*	1.661	
modificado*papa	0.05219	0.032118	1.62	0.130	2.429	

Regresión para mezclas: MASTICOSIDAD vs. modificado, papa

Coefficientes de regresión estimados para MASTICOSIDAD (proporciones del componente)

EE del

Término	Coef	coef.	T	P	VIF
modificado	6.248	0.6927	*	*	1.661
papa	7.636	0.6927	*	*	1.661
modificado*papa	4.049	3.1475	1.29	0.223	2.429

- **Prueba de Corte**

Regresión para mezclas: FUERZA_1 vs. modificado, papa

Coeficientes de regresión estimados para FUERZA_1 (proporciones del componente)

	EE del				
Término	Coef	coef.	T	P	VIF
modificado	8.045	0.2263	*	*	1.661
papa	8.043	0.2263	*	*	1.661
modificado*papa	-1.723	1.0282	-1.68	0.120	2.429

Regresión para mezclas: DISTANCIA vs. modificado, papa

Coeficientes de regresión estimados para DISTANCIA (proporciones del componente)

	EE del				
Término	Coef	coef.	T	P	VIF
modificado	10.92	1.662	*	*	1.661
papa	10.09	1.662	*	*	1.661
modificado*papa	72.92	7.552	9.66	0.000	2.429

Regresión para mezclas: AREA vs. modificado, papa

Coefficientes de regresión estimados para AREA (proporciones del componente)

	EE del					
Término	Coef	coef.	T	P	VIF	
modificado	67.43	2.795	*	*	1.661	
papa	59.96	2.795	*	*	1.661	
modificado*papa	-54.83	12.699	-4.32	0.001	2.429	

- **Prueba Porcentaje de Sinéresis**

Regresión para mezclas: sinéresis vs. modificado, papa

Coefficientes de regresión estimados para sinéresis (proporciones del componente)

	EE del					
Término	Coef	coef.	T	P	VIF	
modificado	0.264	0.06026	*	*	1.661	
papa	0.954	0.06026	*	*	1.661	
modificado*papa	-1.608	0.27382	-5.87	0.000	2.429	

- **Prueba Porcentaje de Hinchamiento**

	EE del					
Término	Coef	coef.	T	P	VIF	
modificado	13.857	0.5182	*	*	1.661	

papa 11.039 0.5182 * * 1.661

modificado*papa -7.905 2.3544 -3.36 0.006 2.429

ANEXO 2

ANÁLISIS FACTORIAL DE FIBRAS EN MEZCLA

- **Prueba de Extrusión**

	EE del				
Término	Coef	coef.	T	P	VIF
avena	39.06	1.427	*	*	1.661
prebiotica	31.81	1.427	*	*	1.661
avena*prebiotica	-12.44	6.484	-1.92	0.079	2.429

Regresión para mezclas: TRABAJO vs. avena, prebiotica

Coefficientes de regresión estimados para TRABAJO (proporciones del componente)

	EE del				
Término	Coef	coef.	T	P	VIF
avena	339.6	12.04	*	*	1.661
prebiotica	279.7	12.04	*	*	1.661
avena*prebiotica	-140.1	54.70	-2.56	0.025	2.429

- **Prueba de Perfil de Textura**

Regresión para mezclas: DUREZA vs. avena, prebiotica

Coefficientes de regresión estimados para DUREZA (proporciones del componente)

	EE del				
Término	Coef	coef.	T	P	VIF
avena	23.88	0.5867	*	*	1.661
prebiotica	16.06	0.5867	*	*	1.661

avena*prebiotica 15.65 2.6658 5.87 0.000 2.429

Regresión para mezclas: COHESIVIDAD vs. avena, prebiotica

Coefficientes de regresión estimados para COHESIVIDAD (proporciones del componente)

Término	Coef	EE del coef.	T	P	VIF
avena	0.57466	0.006589	*	*	1.661
prebiotica	0.57986	0.006589	*	*	1.661
avena*prebiotica	-0.07886	0.029939	-2.63	0.022	2.429

Regresión para mezclas: EI vs. avena, prebiotica

Coefficientes de regresión estimados para EI (proporciones del componente)

Término	Coef	EE del coef.	T	P	VIF
avena	64.633	2.149	*	*	1.661
prebiotica	72.411	2.149	*	*	1.661
avena*prebiotica	-7.398	9.765	-0.76	0.463	2.429

Regresión para mezclas: ET vs. avena, prebiotica

Coefficientes de regresión estimados para ET (proporciones del componente)

Término	Coef	EE del coef.	T	P	VIF
avena	91.12	1.373	*	*	1.661

prebiotica	94.11	1.373	*	*	1.661
avena*prebiotica	16.30	6.237	2.61	0.023	2.429

Regresión para mezclas: RESILENCIA vs. avena, prebiotica

Coefficientes de regresión estimados para RESILENCIA (proporciones del componente)

Término	Coef	EE del coef.	T	P	VIF
avena	0.3700	0.006786	*	*	1.661
prebiotica	0.4131	0.006786	*	*	1.661
avena*prebiotica	-0.1291	0.030834	-4.19	0.001	2.429

Regresión para mezclas: MASTICOSIDAD vs. avena, prebiotica

Coefficientes de regresión estimados para MASTICOSIDAD (proporciones del componente)

Término	Coef	EE del coef.	T	P	VIF
avena	12.499	0.3290	*	*	1.661
prebiotica	8.731	0.3290	*	*	1.661
avena*prebiotica	9.072	1.4949	6.07	0.000	2.429

- **Prueba de Corte**

Regresión para mezclas: Fuerza corte vs. avena, prebiotica

Coefficientes de regresión estimados para Fuerza corte (proporciones del componente)

Término	EE del		T	P	VIF
	Coef	coef.			
avena	8.959	0.3338	*	*	1.661
prebiotica	6.708	0.3338	*	*	1.661
avena*prebiotica	9.926	1.5166	6.54	0.000	2.429

Regresión para mezclas: DISTANCIA vs. avena, prebiotica

Coefficientes de regresión estimados para DISTANCIA (proporciones del componente)

Término	EE del		T	P	VIF
	Coef	coef.			
avena	10.445	2.509	*	*	1.661
prebiotica	15.587	2.509	*	*	1.661
avena*prebiotica	-4.590	11.401	-0.40	0.694	2.429

Regresión para mezclas: AREA vs. avena, prebiotica

Coefficientes de regresión estimados para AREA (proporciones del componente)

Término	EE del		T	P	VIF
	Coef	coef.			
avena	74.80	3.667	*	*	1.661
prebiotica	45.86	3.667	*	*	1.661
avena*prebiotica	99.13	16.661	5.95	0.000	2.429

- **Prueba Porcentaje de Sinéresis**

Regresión para mezclas: sineresis vs. avena, prebiotica

Coefficientes de regresión estimados para sineresis (proporciones del componente)

Término	EE del		T	P	VIF
	Coef	coef.			
avena	0.3095	0.02464	*	*	1.661
prebiotica	0.3610	0.02464	*	*	1.661
avena*prebiotica	-0.1425	0.11196	-1.27	0.227	2.429

- **Prueba Porcentaje de Hinchamiento**

Regresión para mezclas: hinchamiento vs. avena, prebiotica

Coefficientes de regresión estimados para hinchamiento (proporciones del componente)

Término	EE del		T	P	VIF
	Coef	coef.			
avena	29.61	0.5725	*	*	1.661
prebiotica	19.24	0.5725	*	*	1.661
avena*prebiotica	20.94	2.6014	8.05	0.000	2.429