



Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Vicerrectoría de Investigación y Estudios de
Posgrado

Facultad de Ingeniería Química



**“DISEÑO Y ELABORACIÓN DE UN EMBUTIDO
COCIDO ADICIONADO CON HIDROCOLOIDES,
PROTEÍNA DE SUERO Y FIBRA COMO
SUSTITUTOS DE GRASA”**

FECHA: enero 2025

TESIS PRESENTADA PARA OBTENER EL GRADO DE:
Maestro en Ingeniería Química

PRESENTA:

Mariana Mota Toquero

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Irving Israel Ruiz López

CODIRECTOR DE TESIS:

Dr. Héctor Ruiz Espinosa



BUAP

Oficio: FIQ/SIEP/002/2025

Mtro. Ricardo Valderrama Valdez
Director de la Dirección de Administración Escolar
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
PRESENTE

Reciba un afectuoso saludo y al mismo tiempo me permito presentar a usted a los integrantes del jurado de examen que para obtener el grado de Maestro en Ingeniería Química sustentará el:

I. Q. Mariana Mota Toquero

perteneciente a la generación 2022 con número de matrícula 222470212 y cuyo tema de tesis es: "DISEÑO Y ELABORACIÓN DE UN EMBUTIDO COCIDO ADICIONADO CON HIDROCOLOIDES, PROTEÍNA DE SUERO Y FIBRA COMO SUSTITUTOS DE GRASA".

Dicho jurado está integrado por:

JURADO

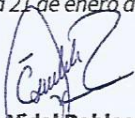
Presidente	Dra. Edith Corona Jiménez
Secretario	Dra. María Leticia Calderón Fernández
Vocal	Dr. Irving Israel Ruiz López
Vocal	Dr. Héctor Ruiz Espinosa

Asimismo, comunico a usted que el alumno cumple con todos los requisitos para poder llevar a cabo su examen de grado, y que los integrantes de este jurado están citados con anticipación para la fecha y lugar indicados a continuación.

FECHA DE EXAMEN: 28 de enero de 2025
HORA: 17:00 horas
LUGAR: Edificio FIQ7/302
DÍA: Martes

Sin otro particular, me es grato quedar de usted.

Atentamente,
"Pensar bien, para vivir mejor"
H. Puebla de Z. a 21 de enero de 2025


Dra. Esmeralda Vidal Robles
Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado



c.c.p. Archivo
E-mail: esmeralda.vidal@correo.buap.mx

Facultad
de Ingeniería
Química

Av. San Claudio s/n, Col. San
Manuel, Ciudad Universitaria,
Puebla, Pue. C.P. 72590
01 (222) 229 55 00
Exts. 7250 y 7251



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS DE POSGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS DE POSGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA QUÍMICA



ACTA DE REVISIÓN, LIBERACIÓN E IMPRESIÓN DE TESIS

Nombre del (de la) estudiante: Mariana Mota Toquero

Matrícula: 222470212

Nombre del director: DR. IRVING RUIZ LÓPEZ

Nombre del codirector: DR. HÉCTOR RUIZ ESPINOSA

Título de la Tesis:

“DISEÑO Y ELABORACIÓN DE UN EMBUTIDO COCIDO ADICIONADO CON HIDROCOLOIDES, PROTEÍNA
DE SUERO Y FIBRA COMO SUSTITUTOS DE GRASA”


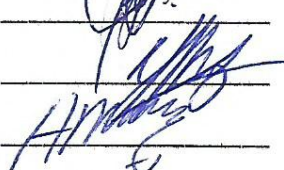
Comisión Revisora:

Presidente: Dra. Edith Corona Jiménez

Secretario(a): Dra. Ma. Leticia Calderón Fernández

Vocal (1): Dr. Irving Ruiz López

Vocal (2): Dr. Héctor Ruiz Espinosa

Firma: 
Firma: _____
Firma: _____
Firma: 

Los integrantes de la Comisión Revisora expresamos que hemos leído y revisado el manuscrito de la tesis de maestría que presenta el (la) estudiante arriba indicado, por lo que **estamos de acuerdo en que se proceda con la impresión definitiva de la tesis y que el (la) estudiante presente su defensa y examen de grado en la fecha, horario y lugar que se indican a continuación.**

Fecha de examen: 28 de enero del 2025

Hora: 17:00 hrs.

Día de la semana: Martes

Lugar: FIQ7-302



Agradecimientos

En primer lugar agradezco a mi madre, mi padre, hermana y tía, por el apoyo, disponibilidad y buenos consejos; a mi esposo, por inculcar y motivar la idea de realizar un posgrado; a mi director de tesis, codirector, profesores de licenciatura y posgrado, por contribuir de una inigualable manera en mi formación profesional y también personal; a mis compañeros, por los buenos momentos y el gran equipo que formamos y finalmente, gracias a Dios, por darme la fuerza a lo largo de estos dos años y por colocar en mi camino a tan maravillosas personas, quienes siempre permanecerán en mi memoria.

Resumen

El proyecto busca diseñar, elaborar y aplicar un sustituto de grasa conformado por un hidrocoloide, una fibra y proteína de suero de leche y así obtener una salchicha cocida de muy bajo contenido de grasa. Para observar apropiadamente el comportamiento del sustituto en el producto, se preparó una formulación control sustentando su diseño en un Análisis de Componentes Principales (PCA) usando una base de datos constituida por información de salchichas cocidas comerciales; esta salchicha control se elaboró con caña de lomo de cerdo, por su bajo contenido graso. Para el diseño del sustituto se ubicó el área factible de los elementos que conforman la mezcla, tomando como referencia cantidades máximas y mínimas de uso de cada componente identificando siete reemplazos diferentes. Se aplicaron experimentalmente los 7 sustitutos de grasa al proceso definido, registrando datos de pH y temperatura, para obtener las salchichas cocidas, las cuales fueron sometidas a un Análisis de Perfil de Textura (TPA). Finalmente, se seleccionaron 2 de ellas, nombradas como M5 y M6, y junto con la salchicha control, se implementó un análisis sensorial afectivo con panelistas no entrenados a dos temperaturas de servicio, resultando en una mayor aceptación de la salchicha elaborada con el reemplazo de grasa (M5) a una temperatura de servicio fría a comparación de la salchicha control, pero deficiente por su comportamiento a una temperatura de servicio caliente.

Abstract

The project seeks to design, prepare and apply a fat substitute made up of a hydrocolloid, a fiber and whey protein to obtain a cooked sausage with a very low fat content. To properly observe the behavior of the substitute in the product, a control formulation was prepared, supporting its design with a Principal Component Analysis (PCA) using a database consisting of information on commercial cooked sausages; this control sausage was made with pork loin, for its low fat content. For the design of the substitute, the feasible area of the elements that make up the mixture was located, taking as reference maximum and minimum quantities of use of each component, identifying seven different replacers. The seven fat substitutes were experimentally applied to the defined process, recording pH and temperature data, to obtain the cooked sausages, which were subjected to a Texture Profile Analysis (TPA). Finally, two of them were selected, named M5 and M6, and together with the control sausage, an affective sensory analysis was implemented with untrained panelists at two service temperatures, resulting in greater acceptance of the sausage made with the replacement of fat (M5) at a cold serving temperature compared to the sausage control, but poor performance at a hot serving temperature.

Índice

Resumen	I
Abstract	II
Índice de tablas	v
Índice de figuras	VII
Introducción	1
1 Antecedentes	3
1.1 Descripción general de embutidos	3
1.2 Embutidos cocidos - Salchicha	4
1.3 Grasa en embutidos cocidos	6
1.4 Sustituto de grasa	7
1.4.1 Hidrocoloides	9
1.4.2 Fibras	13
1.4.3 Proteína de suero de leche	17
1.5 Diseño de mezclas	19
1.6 Análisis de Componentes Principales (PCA)	23

1.7	Análisis sensorial	24
2	Justificación	27
3	Hipótesis y objetivos	28
3.1	Hipótesis	28
3.2	Objetivo general	28
3.3	Objetivos específicos	28
4	Metodología	30
4.1	Materiales	30
4.2	Diseño fórmula control	31
4.2.1	Identificación de componentes	31
4.2.2	Determinación de la técnica de elaboración	32
4.3	Diseño del sustituto	39
4.3.1	Diseño experimental del sustituto	41
4.4	Proceso de elaboración y aplicación del sustituto	43
4.5	Análisis de textura	44
4.6	Análisis sensorial	44
5	Resultados y discusión	47
5.1	Análisis de datos para la formulación de la salchicha cocida	47
5.2	Formulación y elaboración de los sustitutos de grasa	53
5.3	Análisis de textura	56
5.4	Caracterización salchichas seleccionadas	60

5.5	Análisis sensorial	63
5.5.1	Textura	64
5.5.2	Apariencia	65
5.5.3	Sabor	67
5.5.4	Aceptabilidad general	68
5.5.5	Atributos adicionales	69
5.5.6	Caracterización nutrimental	76
6	Conclusiones	78

Índice de tablas

1.1	Composición química de la carne de cerdo.	4
1.2	Ejemplos de tipos de salchichas cocidas y su carne usada encontradas en comercios.	6
1.3	Clasificación general de hidrocoloides.	9
1.4	Análisis sensorial de albóndigas con diferentes proporciones de sustitución de grasa usando goma guar.	12
1.5	Uso de inulina y pectina como reemplazo de grasa y su efecto en el pH.	13
4.1	Aditivos utilizados para la preparación de las salchichas cocidas. . . .	30
4.2	Cantidades máximas de uso permitidas para los componentes del sustituto.	40
4.3	Descripción de la conformación del sustituto de grasa considerando las cantidades máximas que se puede usar de cada componente en la base final disponible.	41
5.1	Base de datos final para la formulación de la salchicha control.	48
5.2	Formulación obtenida para la elaboración de la salchicha cocida. . . .	52
5.3	Formulación final para la elaboración de la salchicha cocida con grasa (salchicha control).	53

5.4	Composición de cada sustituto para la elaboración de salchicha. . . .	53
5.5	Distinciones entre los lotes de salchichas elaboradas experimentalmente.	55
5.6	Resultados TPA y comparación de las salchichas elaboradas experimentalmente más dos salchichas comerciales.	57
5.7	Resultados del cuestionario para el análisis sensorial referente a la propiedad de textura.	64
5.8	Resultados del cuestionario para el análisis sensorial referente a la propiedad de apariencia.	66
5.9	Resultados del cuestionario para el análisis sensorial referente a la propiedad de sabor.	67
5.10	Resultados del cuestionario para el análisis sensorial referente a la propiedad de aceptabilidad general.	68
5.11	Comparación de los componentes nutricionales de las salchichas seleccionadas por porción de 100 g.	76

Índice de figuras

1.1	Análisis sensorial de mezclas de fibras aplicadas como sustituto de grasa al 50 % similares a la control.	15
1.2	Análisis sensorial comparativo entre mezclas de sustitutos de grasa hidratadas y salchicha cocida control con cantidad de grasa definida.	16
1.3	Regiones factibles para mezclas de acuerdo al número de elementos que la componen.	20
1.4	Puntos experimentales de mezclas a aplicar en salchicha cocida baja en grasa y reducida en sodio.	22
4.1	Técnica diseñada para la elaboración de la salchicha cocida.	33
4.2	Molino modelo MG 22 con cedazo de 1/4" usado para moler componentes cárnicos.	34
4.3	Procesador de alimentos modelo 9501 usado para la elaboración de la emulsión de las salchichas.	35
4.4	Embutidora eléctrica modelo Vevor usada para la elaboración de piezas individuales de salchicha.	37
4.5	Componentes individuales que conforman sustituto.	40
4.6	Proyección del área factible que define la composición del sustituto. .	42

4.7	Cuestionario aplicado a los panelistas para la elaboración del análisis sensorial.	46
5.1	Gráfica de proyección doble PCA mostrando los dos componentes principales y puntos correlacionados.	49
5.2	Gráfica de puntuaciones en donde se identifican las salchichas relacionadas.	50
5.3	Gráfica de puntuaciones en tres ejes para comprobar la cercanía entre observaciones.	51
5.4	Sustitutos de grasa finales para ser aplicados.	54
5.5	Comportamiento de pH y temperatura durante los masajeos en el proceso de elaboración.	60
5.6	Salchichas cocidas finales obtenidas.	62
5.7	Salchichas finales presentadas en el análisis sensorial a los panelistas en sus dos temperaturas de servicio.	63
5.8	Histograma de frecuencia de la salchicha control a temperatura de servicio fría y caliente evaluando suavidad, jugosidad y sabor.	71
5.9	Histograma de frecuencia de la salchicha M5 a temperatura de servicio fría y caliente evaluando suavidad, jugosidad y sabor.	73
5.10	Histograma de frecuencia de la salchicha M6 a temperatura de servicio fría y caliente evaluando suavidad, jugosidad y sabor.	75

Introducción

Los productos cárnicos procesados, tales como jamones o salchichas, son considerados fuentes apropiadas de proteínas, minerales y vitaminas, sin embargo, un elemento que también se utiliza en esta industria es la grasa animal, la cual está incorporada en la materia prima usada o es adicionada en estos embutidos (Guo et al., 2024).

Sin embargo, la carne procesada y no procesada, se ha asociado a varios problemas de salud debido a la considerable variabilidad en el contenido de grasas saturadas e hidratos de carbono que contienen, ya que se ha confirmado que altera negativamente la salud de la población propiciando obesidad, hipertensión e incrementando riesgos de enfermedades cardiovasculares (Verma and Banerjee, 2010).

Es por eso que hay un aumento en la preocupación del consumidor por la ingesta excesiva de este tipo de alimentos de alto consumo, buscando y eligiendo opciones nutricionalmente más benéficas, por lo cual la reestructuración de productos ha aumentado, buscando reducir o modificar la grasa usada, adicionando otros elementos como fibras o proteínas vegetales (Sun, 2009). Inclusive, organizaciones internacionales de salud promueven que los alimentos procesados muestren de una manera visible y clara si contienen cantidades no apropiadas de sales, grasas saturadas o azúcares; pidiendo la reformulación de alimentos tradicionales para que sean más saludables (Domínguez et al., 2020)

La sustitución de grasa en estos productos, para que sea efectivo, no debe comprometer o modificar excesivamente los procesamientos ya establecidos, alterando lo menor posible las características sensoriales, como lo son textura y sabor principal-

mente (Kwon et al., 2021), es por eso que la dificultad en reemplazar la totalidad de grasa añadida es elevada, teniendo que encontrar el componente y la proporción adecuada del sustituto obtener un embutido de calidad.

1. Antecedentes

1.1. Descripción general de embutidos

Un embutido es un producto derivado de la carne el cual es sometido al menos a un proceso de corte/picado y curación, valiéndose también de procedimientos de inyección, ahumado, escaldado etc., teniendo la opción de usar tripas naturales o sintéticas (Durand, 2022). La elaboración de este tipo de productos es compleja por el gran número de variables que incorpora; por ejemplo, el tipo y selección de masa cárnica, condiciones de elaboración y manejo del alimento, maquinaria usada, aditivos empleados, entre otros. El objetivo es que los factores indicados se compenetren entre sí para conservar por el mayor tiempo posible la mayoría de las características resultantes buscadas del producto final (sabor, color, textura, aroma, costo, etc.) por esto muchos consideran al embutido una conserva, clasificándose generalmente en embutidos crudos, madurados y cocidos (Frey, 1998).

Para la elaboración de estos alimentos procesados, se debe considerar la composición química y elementos que identifican a la carne magra, indicados en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1. Composición química de la carne de cerdo.

Componente	Clasificación	g/100 g
Agua		75.0
Proteína	Miofibrilar	11.5
	Sarcoplásmica	5.5
	Tejido conectivo	2.0
Lípidos		2.5
Carbohidratos		1.2
Misceláneos (Vitaminas, minerales)		2.3

Fuente: Hoogenkamp (2001).

El componente más relevante para la elaboración de embutidos es la fracción presente de proteína miofibrilar integrada por la miosina, actina, tropomiosina, troponina, proteínas M y actininas, encargándose de alcanzar satisfactoriamente la emulsificación y gelificación del producto final. Estas proteínas son parte integral de los filamentos que componen el tejido muscular de la carne y cuando la extracción de esta se hace adecuadamente se forma un gel fuerte y elástico. Las proteínas sarcoplásmicas contribuyen principalmente en aportar el color típico de la carne curada y la presencia de tejido conectivo llega a aportar propiedades texturales adecuadas (Hoogenkamp, 2001).

1.2. Embutidos cocidos - Salchicha

Para un embutido cocido, las características finales del producto deben ser las siguientes: rebanable, firme, de color y aroma agradable, que no desprenda ningún líquido o similar después de su proceso térmico de desnaturalización proteica. Las formulaciones pueden variar considerablemente entre un diseñador y otro, pero de

acuerdo con el tipo de producto, estos deberían ser similares. Para embutidos que deban tener alta humedad, suavidad y sabor potenciado, se usa grasa dorsal o tisular adicional, la cual aporta un elemento altamente benéfico en todas las características sensoriales finales, como por ejemplo en productos como salami, paté, salchicha y pepperoni (Ranken, 2000).

La salchicha cocida es considerada como un alimento idóneo para consumo instantáneo, ya sea fría o cocinada, necesitando poco tiempo de preparación si así se requiere. La materia prima que se usa para elaborar salchichas cocidas incluye cualquier materia cárnica de la canal, pero el contenido de carne magra y grasa dependerá de la parte y del tipo del animal del cual se extrae. Dependiendo del resultado buscado, se suelen agregar cantidades adicionales de grasa, por eso existe una gran variedad de salchichas cocidas disponibles en el mercado (Toldrá, 2014).

De acuerdo con la Norma Mexicana NMX-F-065-1984 (1984), una salchicha es un producto alimenticio embutido de pasta semifirme que posee un color característico y debe estar conformado mínimo por 60 % de carne; esta masa cárnica puede estar conformada de carne magra de cerdo, res o ternera más grasa. En esta norma únicamente se describen 3 tipos de salchichas: Viena, Frankfurt y Cocktail definiendo incluso longitud y diámetro permitidos. Sin embargo, a pesar de la existencia de esta norma, al no ser obligatoria, se han creado y comercializado más tipos de salchichas, como lo ejemplifica la Tabla 1.2, haciendo modificaciones a cada una de ellas, variando todo tipo de factores; desde la clase y cantidad de carne, hasta el contenido de sodio, almidones y grasa, alterando igualmente el costo final del producto y la aceptación por parte de los consumidores.

Tabla 1.2. Ejemplos de tipos de salchichas cocidas y su carne usada encontradas en comercios.

Salchicha	Tipo de carne usada
Frankfurt	Ave y/o cerdo
Viena	Ave
Para asar	Ave y/o cerdo
Hot dog	Ave y/o cerdo
De pavo	Pollo y/o pavo
Pechuga de pavo	Pollo y/o pavo
Alemana	Cerdo
Ahumada	Cerdo y ave
Polaca	Cerdo
Rosten Wurst	Cerdo y res

Fuente: Elaboración propia.

1.3. Grasa en embutidos cocidos

La composición y comportamiento de las grasas depende de la especie del animal del cual proceden, condicionando su uso en diferentes tipos de productos. Dependiendo de su localización y del animal del cual procedan, se dividen en dos tipos principales (las cuales se pueden dividir en subgrupos): grasas de depósito y grasas intercaladas entre las fibras musculares. Sin embargo, ambas desde cierto punto de vista, poseen una composición parecida, aunque una se extrae más fácilmente que la otra. Dependiendo de la raza, edad, sexo, sistema de alimentación, ejercicio realizado etc., la cantidad de grasa varía en cantidad y características finales (Visier, 1980).

El papel que desempeña la grasa en la elaboración de embutidos cocidos, como salchichas, es más relevante que solo la aportación de sabor y textura. En una emulsión con proteína ya extraída, estas dirigen sus regiones hidrofílicas hacia la interfaz

aceite/agua formando enlaces apropiados entre los elementos de la emulsión. Para salchichas con cantidad de grasa reducida, las regiones hidrofóbicas de las proteínas no son utilizadas, causando que las moléculas proteicas cambien sus patrones de absorción y adsorción resultando en proteínas con baja capacidad retenedora de agua, enfatizando la importancia de la grasa a un nivel molecular. Se ha observado que entre mayor sea la cantidad de grasa añadida (aproximadamente hasta un 30 %) menor es el grado de contracción de la estructura proteica, obteniendo un mayor rendimiento. Para poder elaborar un producto embutido bajo en grasa, se considera que, al disminuir grasa, el contenido de agua debe aumentar; el simple hecho de cambiar el tamaño de corte de la carne (lo cual es recomendado para exponer mayor cantidad de proteína y absorber mayor cantidad de agua) implica la generación de tres dificultades: se cambia las variables del proceso de manufactura, se modifica de forma significativa el sabor, textura y jugosidad, y aumenta costos (Hoogenkamp, 2001).

1.4. Sustituto de grasa

Para generar un sustituto de grasa exitoso, hay que considerar su interacción e incorporación durante la elaboración del producto cárnico, el tipo de emulsión (entre la grasa y los demás elementos de la formulación) que se realiza es muy particular ya que interviene tanto el procesamiento de la carne, como la adición de agua, sales y fosfatos. Analizando el proceso global de producción de un embutido, durante el método de elaboración, se activan las proteínas del músculo (actina-miosina), las

cuales desarrollan un proceso emulsificante al interactuar con los otros elementos agregados, incluyendo la grasa incorporada. Los fosfatos y las sales añadidas tienen como objetivo solubilizar la proteína miofibrilar, las cuales hacen que la carne molida se convierta en una mezcla viscosa, siendo esta conversión la responsable de la emulsión de la grasa agregada o la ya contenida en la carne trabajada obteniendo como resultado una mezcla gelificada semisólida cocida. Por lo tanto, las cualidades de estos productos cárnicos que contienen grasa también varían según el tipo, proporción y calidad de esta y por eso los retos para incorporar sustitutos de grasa son considerables (Kumar, 2021).

La grasa en las formulaciones para productos cocidos, como salchicha, salami o paté; está presente por una razón en particular, ya sea para reducir costos o para brindarle cualidades al producto, indicando que las grasas saturadas se llegan a usar en altos niveles en algunos productos cárnicos emulsionados y fermentados, por las excelentes propiedades que brindan al producto, como lo son textura, sensación en boca y sabor, así como un aumento de rendimiento en el producto final. Los sustitutos que se exploraron inicialmente fueron las emulsiones con aceites, los cuales resultaron en productos con características similares a las formulaciones desarrolladas con grasas saturadas ofreciendo también aportaciones adicionales, como minerales, vitaminas y agentes fenólicos. Esta reestructura en el reemplazo de grasa incluye una interesterificación, lo cual hace propensa la oxidación de este sustituto, especialmente cuando el aceite usado es rico en ácidos grasos polinsaturados. Por esto, se muestra un especial interés en que el sustituto de grasas saturadas sean geles emulsionados, pudiendo usar hidrocoloides como elemento principal, los cuales tienen una estruc-

tura definida que podría funcionar en estructuras sólidas, como lo es el embutido cocido (Paglarini et al., 2022).

1.4.1. Hidrocoloides

Los hidrocoloides son estructuras macromoleculares que tienen afinidad por el agua y se usan principalmente para modificar la textura de alimentos, teniendo la capacidad de hidratarse y modificar la estructura final. Generalmente se categorizan como naturales, semi sintéticos y sintéticos. Entre estos tres tipos de hidrocoloides que pueden emplearse en la industria alimentaria, se prefiere en la mayoría de los casos los de origen natural por su bajo costo, sin embargo, su uso en cantidades elevadas para que sean efectivos se considera una desventaja (Jayakody et al., 2023).

Ya que la mayoría de los hidrocoloides caen en la categoría de polisacáridos, pueden clasificarse también de acuerdo a su procedencia en: tejidos vegetales (árboles y plantas), algas o animales. Asimismo, conforme a su estructura iónica pueden dividirse en gomas no iónicas, como el xantano y la goma guar; y en gomas aniónicas como la carragenina (Belorio and Gómez, 2022). Estas clasificaciones se abrevian en la Tabla 1.3.

Tabla 1.3. Clasificación general de hidrocoloides.

Categoría	Se dividen en:
Origen	Naturales, semi sintéticos o sintéticos.
Fuente - polisacáridos	Tejido vegetal, algas o animales.
Estructura iónica	No iónicas y aniónicas.

Dada la amplia cantidad de hidrocoloides que pueden encontrarse y aplicarse en alimentos, se ha estudiado su capacidad de alterar la reología y modificar las propie-

dades sensoriales de productos, y así, tener una mejor aceptabilidad al consumirse de acuerdo al propósito buscado. Es por eso que los hidrocoloides poseen diferentes funcionalidades, pudiendo usarse como espesates, agente gelantes, emulsionantes, agente encapsulantes e incluso como sustitutos de grasa (Pirsa and Hafezi, 2023).

Los factores que afectan el comportamiento de un hidrocoloide es la temperatura, solubilidad, viscosidad, gelificación, termoestabilidad, comportamiento en medios ácidos, entre otros. Los hidrocoloides más comunes que se usan en alimentos son metilcelulosa, goma guar, goma de xantano, carrageninas, pectinas y almidones modificados. La elección de alguna de estas sustancias se basará en el objetivo que se busque cubrir, a excepción de los almidones modificados, ya que estos aportarían cantidad adicional de hidratos de carbono (Cortés, 2023).

Los hidrocoloides usualmente usados en la industria de alimentos son la carragenina, la pectina y la goma guar. La carragenina es de origen vegetal, extraída principalmente de algas rojas dividiéndose en 3 tipos: kappa, iota y lambda. Las primeras dos actúan como agentes gelificantes, teniendo dificultad para disolverse en medios a temperatura ambiente, y la última se usa como espesante. La kappa y la iota carragenina forman geles térmicamente reversibles, por lo que en líquidos se usa la lambda carragenina. Sin embargo, para nuestro interés, está comprobado que esta sustancia tiene facilidad para interactuar con sustancias proteicas, es decir, masas cárnicas y proteínas de origen animal o vegetal añadidas. La pectina, por otro lado, se llega a clasificar en 4 tipos: las de gelificación rápida y lenta, estabilizantes y las pectinas de bajo metoxilo, también testeados en la industria cárnica, pero sin tener resultados muy favorecedores. Finalmente, está la goma guar, la cual tiene la propie-

dad de hidratarse rápidamente y producir mezclas altamente viscosas considerándose mayormente como agente espesante, estabilizador y retenedor de agua (Rodríguez and Sandoval, 2003).

También se ha explorado el uso de varios hidrocoloides como sustitutos de grasa en albóndigas, usando carragenina y goma guar de manera independiente. En este estudio se menciona que, para usar algún tipo de goma, es necesario añadir agua adicional, lo cual nos indica que, aparte de ser agregado directamente, si se quiere usar algún tipo de hidrocoloide, podría resultar en un producto de alto rendimiento. Los efectos de la temperatura (proceso de cocción) fueron estudiados encontrando que la carragenina, en producto con muy bajo índice de grasa, presenta mejores resultados que aquella a la que se le agregó goma guar (Ulu, 2004).

Del mismo modo, se investiga con mayor profundidad el uso de la goma guar como sustituto de grasa en emulsiones cárnicas para albóndigas, observando modificaciones en las variables registradas, como color, pH, estabilidad de la emulsión y liberación de líquido durante la cocción. Se identificó que usando mayor cantidad de goma guar, la liberación de líquido durante la cocción fue mayor, alterando la firmeza del producto, su intensidad de sabor y la aceptabilidad general, evaluadas en el análisis sensorial por panelistas entrenados. Finalmente se encontró que, en lo referente a aceptabilidad general, la muestra más similar a la albóndiga con un contenido de grasa normal, es la que posee el porcentaje mínimo de goma guar (0.5 %), mostrado en la Tabla 1.4. También destacan que para obtener mejores resultados, al elevar la cantidad de goma, también se debe aumentar el agua agregada a la emulsión, pero no en proporción directa. Esto destaca la importancia de método de aplicación de

los reemplazos de grasa, ya que en este estudio, la goma guar se aplicó sin hidratar, y conforme se incrementa la goma usada, se disminuye la cantidad de agua, promoviendo la variabilidad en la firmeza, intensidad de sabor y aceptabilidad general (Rather et al., 2016).

Tabla 1.4. Análisis sensorial de albóndigas con diferentes proporciones de sustitución de grasa usando goma guar.

Tratamiento	Firmeza	Intensidad de sabor	Jugosidad	Aceptabilidad general
T0 (20 % grasa)	7.90±0.23 ^c	8.90±0.50 ^c	8.00±0.30 ^c	8.26±0.05 ^c
TC (10 % grasa)	8.13±0.10 ^c	6.90±0.20 ^b	6.60±0.60 ^a	7.36±0.05 ^b
T1 (10 % grasa, 0.5 % goma guar)	7.27±0.30 ^b	7.30±0.20 ^b	7.50±0.30 ^a	7.50±0.20 ^c
T2 (10 % grasa, 1.0 % goma guar)	7.11±0.15 ^b	7.10±0.20 ^b	8.00±0.20 ^c	7.40±0.10 ^b
T3 (10 % grasa, 1.5 % goma guar)	6.01±0.20 ^a	5.97±0.50 ^a	8.10±0.30 ^c	6.00±0.10 ^a

Nota: Media±desviación estándar. Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0.05$). Fuente: Rather et al. (2016).

También se han estudiado mezclas de hidrocoloides ya que pueden complementarse y funcionar de una manera más apropiada, obteniendo mejores resultados (Fontes-Candia et al., 2023). Un ejemplo de ello fue la implementación de pectina de bajo metoxilo combinado con inulina en polvo para sustituir grasa dorsal de cerdo en salchicha cocida tipo Frankfurt. Los resultados mostraron que al usar proporciones iguales y elevadas de estos elementos (prueba T6), mostrados en la Tabla 1.5, el pH de la masa cárnica disminuye, lo cual favorece la reducción en la retención total de agua, liberando parte de esta durante la cocción de la salchicha.

Tabla 1.5. Uso de inulina y pectina como reemplazo de grasa y su efecto en el pH.

Tratamiento	Inulina (g)	Pectina (g)	Grasa (g)	pH
T1	0	0	19.47	6.03
T2	0	0	13.63	5.89
T3	2.92	0	16.55	6.01
T4	5.84	0	13.62	5.95
T5	1.46	1.46	16.55	5.88
T6	2.92	2.92	13.63	5.64

Fuente: Silva-Vazquez et al. (2018).

Se concluyó que los mejores resultados se obtienen al usar únicamente un tipo de hidrocoloide, adecuando el comportamiento del pH, enfatizando la importancia de la compatibilidad al usar mas de un elemento como sustituto de grasa (Silva-Vazquez et al., 2018).

1.4.2. Fibras

Las fibras dietéticas son también seleccionables para elaborar un reemplazo de grasa, definiéndose como hidratos de carbono no digeribles o insolubles, es decir, que no son asimilados por el sistema digestivo para ser transformados en energía. Por el contrario, la fibra soluble, es aquella que es afín al agua y se gelifica durante la digestión (Olagnero et al., 2007).

Inicialmente, las fibras se comenzaron a incorporar en los productos cárnicos para darles un valor agregado, es decir, que el producto contuviera un porcentaje significativo de fibra y, por lo tanto, fuera más saludable su consumo. Un ejemplo de ello fue el estudio realizado con povidexrosa, una fibra soluble derivada de la dextrosa, para verificar su comportamiento en un embutido cocido resultando en una emulsión

mejorada, aumentando la retención de agua, disminuyendo las pérdidas por cocción y no afectando el sabor final del producto. Esto nos indica que la fibra es un elemento potencial que puede usarse para desarrollar un sustituto de grasa (Verma and Banerjee, 2010).

Otras fibras ampliamente estudiadas como reemplazo de grasa en embutidos son aquellas que se encuentran naturalmente en frutas y leguminosas. Un estudio nos muestra que la mezcla de diferentes tipos de fibras vegetales provenientes de cáscaras de naranja, arveja y almidón de yuca (contenido de fibras solubles) pueden ser aplicadas para este propósito. El proyecto abarca desde la extracción de la fibra de dichos alimentos, combinarlos en diferentes proporciones, examinando un total de 18 mezclas, analizando su capacidad de retención de agua, viscosidad y elasticidad; y finalmente aplicarlas a la masa cárnica para evaluar su funcionalidad en las salchichas cocidas. Es importante resaltar, que en esta investigación, únicamente se substituyó la mitad de la grasa añadida, concentrándose en encontrar la mezcla más apropiada de fibras. Aplicando un análisis sensorial a panelistas entrenados, se encontró que las muestras M5 (Naranja: 1 g, Arveja: 1 g, Almidón:1.38 g), M7 (Naranja: 1 g, Arveja: 1.5 g, Almidón: 1.25 g) y M17 (Naranja: 1.38 g, Arveja: 1.25 g, Almidón: 0.13 g), indicadas en la Figura 1.1, no presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) tanto en dureza como en masticabilidad asemejándose más a la salchicha con grasa (C), sin embargo, los niveles de pérdida por cocción fueron elevados.

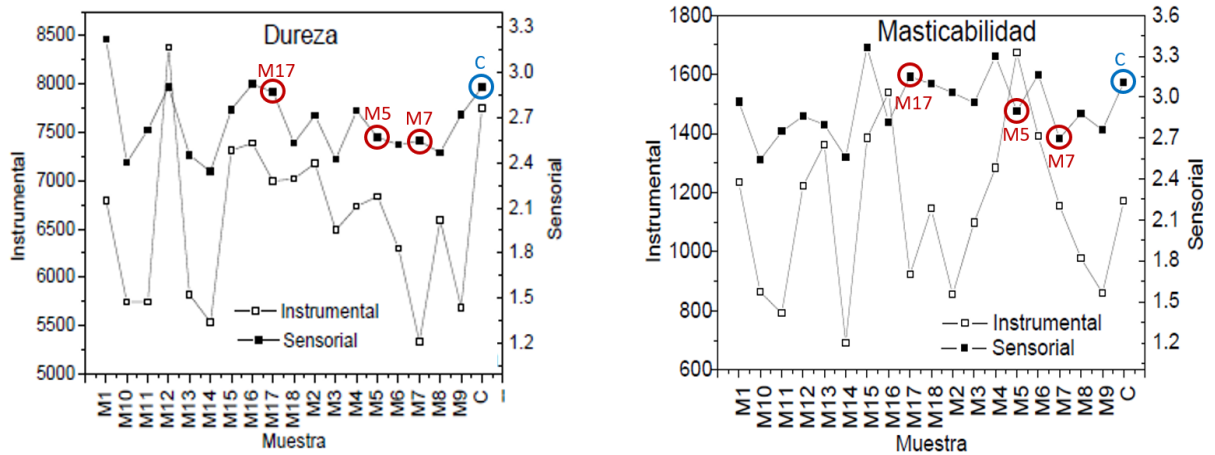


Figura 1.1. Análisis sensorial de mezclas de fibras aplicadas como sustituto de grasa al 50 % similares a la control.

Fuente: Ramírez-Camargo et al. (2016).

Los resultados sensoriales se compararon con un Análisis de Perfil de Texturas, obteniendo comportamientos similares destacando la importancia de la relación entre estas dos pruebas (Ramírez-Camargo et al., 2016).

Las fibras también proporcionan textura y jugosidad, reduciendo el contenido energético final del producto, sin afectar la sensación de saciedad cuando se termina de ingerir. Particularmente la inulina se ha estudiado considerablemente como reemplazo de grasa en embutidos, indicando que, aparte de incrementar el contenido de fibra en forma de gel, presenta una mejor cohesión microestructural y un perfil de textura adecuado (Domínguez et al., 2022).

Por si sola, la inulina ha sido estudiada para verificar su alcance como reemplazo de grasa en embutidos cocidos, concentrándose en el nivel de hidratación óptimo en la que debe aplicarse, encontrando que con una relación de 1:1.5, reemplazando un 50 % de la grasa animal en una salchicha cocida, se obtiene como resultado un embutido

que se acerca a las características sensoriales de la muestra control, indicadas en la Figura 1.2 (Nasonova and Tunieva, 2019).

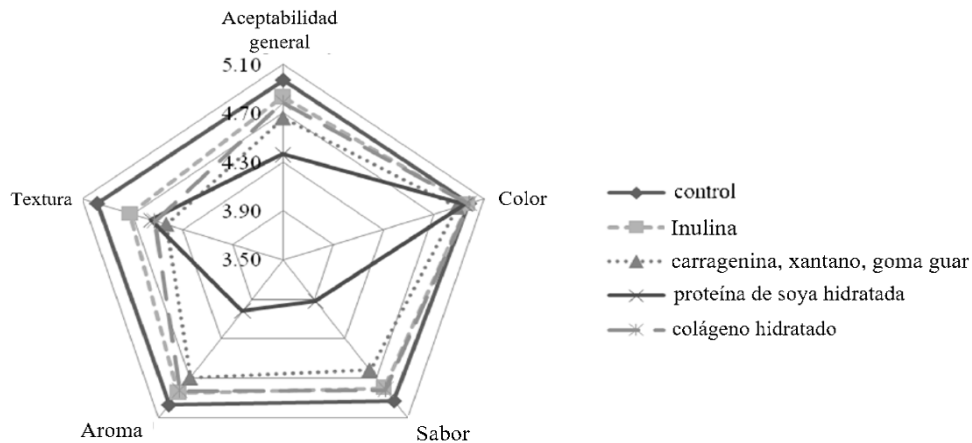


Figura 1.2. Análisis sensorial comparativo entre mezclas de sustitutos de grasa hidratadas y salchicha cocida control con cantidad de grasa definida.
Fuente: Nasonova and Tunieva (2019).

Otro tipo de sustitutos de grasa ampliamente estudiados, son aquellos que poseen aceites vegetales como parte de la matriz de reemplazo, esto para seguir aportando la jugosidad y humedad que la grasa animal brinda (Alejandre et al., 2016). Un proyecto que busca aprovechar este beneficio, es aquel que estudia la mezcla de fibra de salvado de arroz combinada con diferentes porcentajes de aceite de semilla de uva verificando principalmente las características químicas y el comportamiento antes y después de la cocción. Se observó que conforme se aumenta la proporción del aceite, se perciben mejoras en la estabilidad de la emulsión y se disminuye la pérdida durante la cocción, sin embargo, se reemplazó únicamente 10% del contenido de grasa de cerdo (Choi et al., 2010).

1.4.3. Proteína de suero de leche

Para complementar el uso de hidrocoloides y fibras, estos se usan en conjunto con ciertos tipos de proteínas (vegetales o animales), brindando una mejor configuración y estabilidad al hidrocoloide. Con este tipo de mezclas ya se han desarrollado sustitutos que son actualmente comercializados y usados generalmente en productos lácteos. En el área cárnica, estas mezclas teóricamente pueden aumentar la retención de agua, causada por la interacción con los grupos polares en la matriz proteica creando puentes de hidrógeno con el agua libre. Entonces la adición de un reemplazo de grasa basado en proteína, no nada más imita las propiedades de la grasa, sino también reduce los efectos negativos de las emulsiones con bajos índices de grasa (Asyrul-Izhar et al., 2022).

Asimismo, pueden resultar en aumentar la gelificación del producto final por unión de agua, lo cual incrementa la humedad durante la cocción. Estos pueden agregarse en forma de polvo, pastas, líquidos (aceites), fibras unidas con aceites, oleogeles y geles en emulsión modificando la solubilidad, viscosidad, retención de agua, emulsificación, gelificación y texturas las cuales están en función del tipo de proteína elegida; sin embargo, la funcionalidad de estas proteínas depende de su composición, pureza, método de extracción o purificación, aditivos incorporados y pH.

Las micropartículas y nanopartículas son las más recomendadas en la elaboración de sustitutos ya que aumentan ciertas características como la precipitación isoeléctrica, desnaturalización por calor, coagulación, efectos hidrofóbicos, formación de complejos proteína-proteína, formación de complejos proteína-carbohidrato y estabilidad en emulsiones.

Los sustitutos hechos a base de proteínas animales pueden tener mayores ventajas que las vegetales. Su calidad superior es determinada por valor biológico, coeficiente de digestibilidad, proteína neta disponible y rango de eficiencia. Ejemplos de proteínas animales son leche o componentes aislados de la leche, clara de huevo, grenetina, colágeno y suero de leche. El suero de leche tiene una estructura globular y propiedades estables a 25 °C pudiendo alcanzar valores de pH superiores a 7, además muestra poca estabilidad calorífica comparada con la caseína. Es bien conocido que el suero de leche es un residuo del proceso de elaboración de queso y puede dividirse en dos categorías, suero dulce o ácido dependiendo de su proceso de generación; y también dependiendo de método de purificación o separación se divide en dos tipos: concentrado de proteína de suero (WPC) y aislado de proteína de suero (WPI). El WPC puede contener de un 50 – 80 % de proteína, mientras que el WPI llega a niveles incluso mayores al 90 % enfatizando también que poseen la habilidad de difundirse fácilmente en el medio en el que se coloque dado a su tamaño de partícula esférica, de entre 3 y 5 μm (Yashini et al., 2021).

Por lo tanto, la proteína de interés para usar en un sustituto de grasa, debe ser ampliamente investigada para tratar de tomar en cuenta todas las variables que pueden intervenir, tanto en su formación, como en su implementación enfatizando que el factor térmico puede afectar la estabilidad de las proteínas presentes en el suero, los cuales se exhiben antes de que entren a un proceso de purificación. Para que la proteína de suero sea aplicada en otros procedimientos (como en un sustituto de grasa), ya sea como aislado o concentrado, este debe ser de alta calidad o de segura procedencia para que siga los comportamientos buscados (Bernal and Jelen, 1985).

Realizando una búsqueda más profunda sobre la proteína de suero usada en la preparación de geles, se distingue que es recomendable usar WPI en lugar de un concentrado, por su elevada estabilidad al gelificar, fomentando un buen comportamiento a temperaturas elevadas, induciendo así la gelificación, pudiendo ser aplicado en el área de alimentos lácteos, cárnicos e inclusive panificación (Moakes et al., 2015).

También puede ser utilizada una mezcla de proteína de suero de leche y un hidrocoloide, como la pectina, para generar un gel que podría ser usado como reemplazo de grasa en alimentos varios. Primero se seleccionó el aislado de proteína de suero con las fracciones de proteínas siguientes: 69.2 % de β -lactoglobulina, 14.2 % α -lactoalbúmina principalmente; para posteriormente combinarla con pectina ácida de bajo metoxilo (LMP). La concentración final del complejo resultante fue de 1.0 % de proteína y 0.2 % de pectina, manteniendo el rango de masa de proteína y pectina 5:1, la cual mostró una saturación de proteína-pectina completa. Este tipo de geles, deben consolidarse antes de aplicarse al alimento para asegurar la interacción apropiada entre los dos componentes y no con una matriz más compleja de elementos que integran al alimento (Protte et al., 2019).

1.5. Diseño de mezclas

La aplicación del diseño de mezclas posee muchos beneficios en el área industrial pero particularmente en el área de alimentos, se aplica para determinar la proporción más conveniente de cada elemento que conformará el producto y así lograr el resultado buscado y apropiado para los consumidores (Ramírez et al., 2015).

Usualmente, establecer las cantidades de ingredientes a utilizar en una mezcla y comprender el funcionamiento que tiene cada elemento que la integra es el principal motivo para estudiar la relación entre la composición de la mezcla, la respuesta que se obtiene de esta composición y las variables controlables del proceso.

Para tener un mejor entendimiento del tipo de composición que puede llegar a tener la mezcla, se puede hacer una descripción geométrica del espacio, dependiendo de la cantidad de elementos que la forman, esta área será determinada. Para mezclas que poseen dos elementos, se tiene el espacio en forma de línea recta, para 3 elementos se tiene un espacio triangular equilátero; o para 4 elementos, se tiene un tetraedro. Estas regiones se expresan en la Figura 1.3, aseverando que entre más elementos integren la mezcla que se quiere analizar, más complicado será visualizar la región experimental.

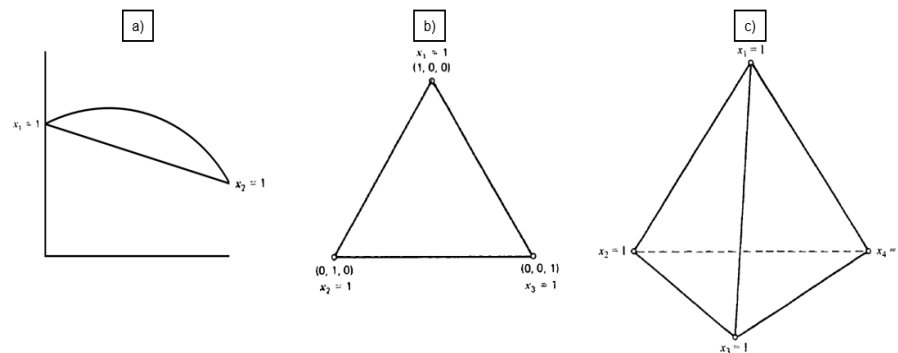


Figura 1.3. Regiones factibles para mezclas de acuerdo al número de elementos que la componen.

Nota: La imagen describe mezclas de a) 2 componentes, b) 3 componentes c) 4 componentes. Fuente: Cornell (2002).

Para este estudio se tiene una mezcla de 3 elementos, representando su composición dentro del área de un triángulo equilátero, describiendo la región factible de mezcla

de la siguiente manera: los puntos interiores del triángulo representan mezclas en donde ninguno de los 3 elementos está ausente; el centro del triángulo, denominado centroide, representa la mezcla de los 3 elementos en iguales proporciones y las aristas representan solamente la presencia de un elemento. También se permite que, en algunos casos en donde el uso de algún elemento está restringido a cierta cantidad, se delimitan las áreas de mezclado a ciertas partes del triángulo y no al área total.

Generalmente, el uso de diseño de mezclas, se aplica cuando se sabe que la respuesta va a variar o a depender de la proporción de cada elemento que compone la mezcla y no solo de la cantidad de mezcla aplicada; a diferencia de un diseño de experimento factorial, en donde el objetivo es medir el cambio en la respuesta cuando se cambian 2 o más factores (diferentes niveles), y no se centra en la composición de la mezcla(Cornell, 2002).

Un estudio que aplica el diseño experimental de mezclas es aquel que busca reemplazar o disminuir el uso de fosfatos en la elaboración de salchichas tipo desayuno aplicando polvo de pulpa de manzana y polvo de cáscara de café. En este proyecto se empleó una geometría triangular, es decir, un diagrama tricomponente, el cual incluye al polvo de pulpa de manzana, el polvo de cáscara de café y al fosfato, teniendo como objetivo encontrar una mezcla apropiada de estos 3 componentes que satisfaga apropiadamente las respuestas analizadas, que fueron la capacidad de retención de agua, pérdida durante la cocción, color y análisis de textura (Thangavelu et al., 2022).

Relacionado con la sustitución de grasas, el empleo de diseño de mezclas es usada en una investigación en donde se utiliza esta herramienta para reducir la cantidad

de grasa y sodio en un producto cárnico, específicamente en salchichas cocidas. En este estudio realizado por García-García and Totosaus (2007), aplican una mezcla tricomponente la cual está constituida por fécula de papa, goma de algarroba, y kappa carragenina para verificar su comportamiento durante la cocción, analizando la humedad final del producto, color y textura. Para encontrar la mejor proporción de los elementos de la mezcla, usando un diagrama ternario, se distribuyeron las combinaciones a realizar en proporciones equidistantes, como se muestran en la Figura 1.4.

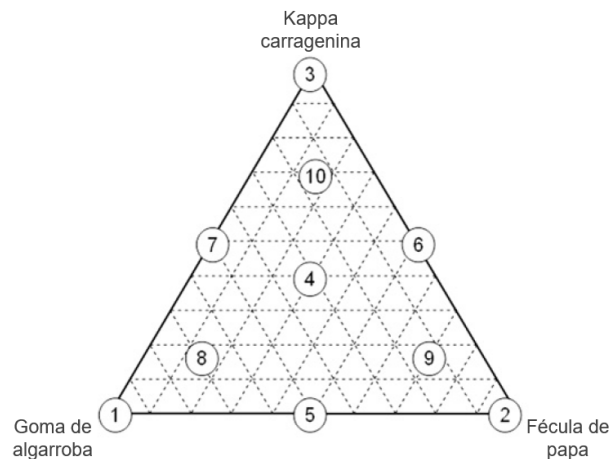


Figura 1.4. Puntos experimentales de mezclas a aplicar en salchicha cocida baja en grasa y reducida en sodio.

Fuente: García-García and Totosaus (2007).

Como se observa en la figura anterior, se decidió examinar 4 mezclas que tuvieran los 3 elementos, incluyendo el centroide, mezclas con 2 elementos en proporciones iguales y finalmente, comprobar el efecto individual de cada componente. Aplicando estas combinaciones al embutido, se encontró que el punto número 10, el cual contiene mismas cantidades de carragenina y goma de algarroba pero alta cantidad de fécula de papa, mejoran el comportamiento durante la cocción y la pérdida de agua final,

sin embargo, las mezclas con baja cantidad de fécula de papa e iguales proporciones de los otros dos elementos, pueden ser aplicadas como un extensor en productos con bajo contenido de grasa.

1.6. Análisis de Componentes Principales (PCA)

Una herramienta estadística muy útil en el área de la ciencia de los alimentos, en donde se puede llegar a obtener y procesar un gran número de variables, es el Análisis de Componentes Principales. El PCA tiene como finalidad reducir el número de las variables que se tengan a dos o tres componentes, siendo éstos suficientes para explicar el total de la variabilidad del banco de datos original, y observar la relación final para tomar decisiones sobre procedimientos, caracterizar productos y métodos de elaboración, e incluso aplicarlo para el diseño de nuevos productos (Vainionpaa et al., 2004).

Este método ha sido aplicado para caracterizar diferentes tipos de carne procesada, tales como marcas de salchichas frankfurters, salchichas curadas y otros productos cárnicos españoles tradicionales. En este caso, se analizaron muestras de los productos mencionados que, a pesar de ser de la misma marca, son elaboradas en lugares diferentes aunque comparten el mismo procedimiento de elaboración. Usando un Análisis de Componentes Principales, se aplicó a las variables propias de cada producto elaborado en diferente lugar, determinado los componentes que las caracterizan y así poder llevar a cabo los cambios necesarios para unificar los productos (Probola and Zander, 2007).

Asimismo, aparte de ser usado como control en procesos, también es aplicado para el diseño de nuevos productos mediante la caracterización de los elementos que busquen aplicarse o que conformen al nuevo producto. En el área alimentaria, se estudia la sustitución parcial de carne por alguna alternativa vegetal, en este caso, se investiga la relación entre la estructura química de polvo de hoja de morera y que tan afín es con el resto de elementos que conforman al sustituto de carne, el cual es originalmente una mezcla de aislado de soya, gluten y fécula de maíz. Todas las variables resultantes de las diferentes mezclas que se elaboraron se relacionaron con las respuestas obtenidas de los análisis de textura, revelando que el mejoramiento de la textura está relacionada con ciertos enlaces químicos que únicamente se forman con este componente vegetal añadido, brindando un sustituto cárnico final apropiado que además posee un alto contenido de fibra (Zhang et al., 2024).

1.7. Análisis sensorial

El análisis sensorial es ampliamente usado para el diseño de nuevos productos alimentarios, ya que, al elaborar un producto nuevo, siempre se busca la aprobación del consumidor al que va dirigido. Este tipo de evaluaciones se definen propiamente como un método científico usado para analizar, medir e interpretar las respuestas que se tienen hacia un producto mediante los sentidos: vista, tacto, gusto, olfato y oído (Lawless and Heymann, 2010).

Las pruebas que pueden ser aplicadas se dividen principalmente en dos tipos; analíticas, en donde se requiere a personal o panelistas entrenados, y las afectivas, en

las cuales pueden participar todas aquellas personas que, cumpliendo con ciertos requerimientos, quieran contribuir; pudiendo ser ambos tipos de clase cuantitativa o cualitativa. Los resultados son analizados con herramientas estadísticas (seleccionadas de acuerdo con el objetivo) para obtener resultados numéricos que abalen al producto para continuar con su desarrollo, producción o rediseño (Stone and Sidel, 2004). Cuando se tiene el objetivo de conocer la preferencia que una persona puede tener por cierto tipo de productos, se puede aplicar la técnica de “prueba de aceptabilidad” (prueba hedónica de 5, 7 ó 9 puntos) en donde el objetivo es evaluar varios aspectos del producto para confirmar su grado de agrado. Uno de los aspectos más importantes para este tipo de técnica, es la construcción del cuestionario que se debe aplicar, ya que, dependiendo el objetivo buscado, estos deben recabar la mayor cantidad de información útil para su posterior análisis (Salazar-Duque, 2019).

Para identificar mejor la escala hedónica que se debe usar, se tomó en cuenta el estudio que diseñó un sustituto de grasa a base de colágeno aplicado a una salchicha de pollo ahumada. Para el análisis sensorial usaron una prueba afectiva con escala hedónica de 9 puntos, preguntando únicamente por el nivel de agrado debido a que cada panelista no entrenado, 52 en total, evaluó 12 muestras de salchicha (Schmidt et al., 2017). Esto hace notar la relación entre el número de preguntas del cuestionario, con la cantidad de muestras que cada persona probará.

En caso de querer conocer mejor otras características del alimento diseñado, y usando ese mismo tipo de prueba, se pueden incluir en el cuestionario preguntas adicionales como lo ejemplifica el proyecto que realizó un reemplazo de grasa a base de aceite vegetal aplicado a una salchicha de cerdo cocida. Para el análisis sensorial,

realizaron pruebas afectivas (aceptabilidad) para valorar la jugosidad, color, textura, sabor y aceptabilidad usando una escala hedónica de 9 puntos. Contaron con un total de 80 panelistas no entrenados, en donde cada uno evaluó en un mismo momento las 3 muestras finales (Li et al., 2023).

En los dos proyectos mencionados se hace notar que las muestras de las salchichas fueron evaluadas al mismo tiempo por cada panelista, sin embargo, al elaborar pruebas afectivas de aceptabilidad se recomienda realizar pruebas monádicas, es decir, muestras presentadas individualmente para evitar efectos por interacciones (Grasso et al., 2021). Asimismo, cuando participan panelistas no entrenados, de acuerdo a lo que se quiera conocer, la escala hedónica se elige, para reducir o aumentar el tiempo necesario al contestar el cuestionario y evitar que el individuo se fatigue antes de tiempo, pudiendo concentrarse en la evaluación (Kemp et al., 2009).

En las secciones pasadas se analizaron trabajos que comprenden la exploración de posibles componentes que se han usado en el diseño y aplicación de reemplazos de grasa, también se examinó su proceso de elaboración, uso y comportamiento en varias clases de embutidos en donde solo se reemplazó la grasa parcialmente, por esa razón se estudiará y desarrollará uno que sustituya por completo la cantidad de grasa añadida a una salchicha cocida.

2. Justificación

En el área de la industria cárnica, para la elaboración de algunos tipos de embutidos, es necesario el uso de grasa la cual brinda cierto nivel de humedad, dando una apariencia más apetitosa a los productos que la contienen, mejorando la percepción de los sabores, ya que favorece su distribución, teniendo un efecto positivo en las propiedades reológicas de los embutidos, ayudando a la formación apropiada de las emulsiones en el proceso de elaboración (García et al., 2007). Un producto cárnico cocido en particular, el cual usa este tipo de materia prima en cantidades muy variables, es la salchicha cocida, donde la grasa favorece a la obtención de un embutido de calidad con adecuadas propiedades finales dada su interacción con otros componentes usados durante su procesamiento (Feiner, 2006).

Para disminuir la grasa animal que se usa en estos productos, la cual puede ser perjudicial para la salud, el campo de la ciencia cárnica y alimentaria se enfrenta a la consigna de reemplazar la grasa sin afectar la calidad final de estos alimentos (Geng et al., 2023), buscando uno que aporte los beneficios de usar la grasa común; sin embargo, el comportamiento de los sustitutos varía dependiendo de los elementos que lo conformen, el porcentaje en el que se usen, su manera de añadirse al producto de interés y las condiciones de operación a las que deben someterse. Los principales sustitutos están hechos a base de proteínas animales, almidones naturales o modificados, varias clases de fibras, etc., asegurando que sean apropiados para el consumo humano (Badui, 2006), y su diseño, modo de aplicación y método de procesamiento son claves para obtener los resultados y objetivos buscados.

3. Hipótesis y objetivos

3.1. Hipótesis

La hipótesis general del presente proyecto es que el reemplazo total de grasa de cerdo adicionada en una salchicha cocida puede llevarse a cabo mediante el desarrollo de un sustituto de grasa elaborado con un hidrocoloide, proteína de suero de leche y fibra. El proceso será efectivo si la incorporación experimental de dicho sustituto en el alimento cumple con los parámetros de textura, color y sabor a comparación del embutido original, verificándolo mediante un procedimiento de análisis sensorial.

3.2. Objetivo general

El objetivo general de este proyecto es diseñar y elaborar un sustituto de grasa conformado por un hidrocoloide, proteína de suero de leche y fibra, experimentando su capacidad para reemplazar totalmente la grasa añadida y así obtener una salchicha cocida con muy bajo contenido de grasa, teniendo las características sensoriales similares a las del embutido original.

3.3. Objetivos específicos

Para alcanzar este objetivo, se han planteado los siguientes objetivos específicos:

1. Proponer y elaborar la formulación de salchicha cocida inicial a modificar.

2. Producir y aplicar el sustituto de grasa con las proporciones idóneas de los tres elementos seleccionados.
3. Valorar experimentalmente la funcionalidad del sustituto aplicándolo al embutido, ubicando el método de agregación e incorporación, obteniendo datos comparativos de pH, temperatura y textura entre la fórmula original y la modificada.
4. Evaluar la aceptación de la salchicha mediante un análisis sensorial para comprobar la aprobación del producto.

4. Metodología

En este capítulo se describirán todos los elementos que fueron utilizados en la elaboración del proyecto, al igual que todos los procedimientos identificados para la elaboración y diseño de los sustitutos así como de la salchicha cocida, para finalmente indicar los parámetros y criterios de las pruebas realizadas a los productos obtenidos.

4.1. Materiales

Se usaron los aditivos siguientes para la elaboración de la fórmula control indicados en la Tabla 4.1, señalando la cantidad máxima de uso permitida. Esta información se extrajo de las fichas técnicas, incluidas en la sección de Anexos, otorgadas por el proveedor Fabpsa de Oriente S.A. de C.V. (Puebla, México).

Tabla 4.1. Aditivos utilizados para la preparación de las salchichas cocidas.

Aditivo	Cantidad máxima permitida (g/100 g)
FOSJAM 2000 (Marca Fabpsa) Tripolifosfato de sodio, pirofosfato de sodio, metafosfato de sodio, pirofosfato ácido.	0.31
SAL FABPSA FD-170 D (Marca Fabpsa) Sal, nitrito de sodio, silicato de calcio, dióxido de silicio	0.30
Fécula de papa (Marca KMC)	10
Conservador BS (P Y G) Benzoato de sodio, sorbato de potasio, p-hidroxibenzoato de metilo., p-hidroxibenzoato de propilo	0.10
Eritorbato de Sodio (Marca TY)	0.10

Fuente: Elaboración propia.

Para el diseño y la elaboración de los sustitutos se trabajó con la carragenina kappa marca Fabpsa como hidrocoloide, fibra de trigo concentrada (SANACEL W200), y un aislado de proteína de suero de leche (93% WPI) marca HOLIXLab. Para evitar dificultades con respecto a la vida de anaquel de las salchichas, y permitir su comparación en un mismo momento, se optó por aplicar un conservador. La carne de cerdo usada para todas las experimentaciones realizadas fue caña de lomo de cerdo que, de acuerdo con Munoz (2014), una porción de 100 g de caña de lomo congelado aporta un contenido energético de 110 kcal y está conformada por 73.24 g de humedad, 1.6 g de carbohidratos, 22.73 g de proteínas, 1.4 g de lípidos totales de los cuales 0.64 g son ácidos grasos saturados, sumando un total de 98.97 g, el resto lo aportan minerales y vitaminas. La grasa de cerdo usada para el procesamiento de la fórmula control fue de tipo dorsal.

4.2. Diseño fórmula control

4.2.1. Identificación de componentes

Para la obtención de la fórmula control, se recabaron datos de salchichas cocidas en diferentes puntos de venta y comercialización (supermercados, distribuidoras de carnes frías etc.) así como solicitud de fichas informativas por medio electrónico, verificando que estas tuvieran presente en su formulación carne de cerdo ya que la carne utilizada en este proyecto es caña de lomo de cerdo, por su contenido mínimo de grasa ya señalado anteriormente. Se rescataron las variables siguientes para la base de datos: nombre, tipo de salchicha, cantidad de proteína, grasa, carbohidratos,

fibra y sodio contenidos en 100 g, estas propiedades están incluidas en la tabla nutricional y fichas informativas de los productos. La cantidad de humedad se obtuvo por diferencia usando los componentes previamente mencionados.

Debido a la alta cantidad de variables a relacionar y para obtener una formulación apropiada, se realizó un Análisis de Componentes Principales (Principal Component Analysis - PCA) el cual reduce el número de dimensiones de una base de datos pero conservando la mayor parte de la información original, es decir, que los nuevos componentes o variables que se obtienen, hacen referencia a la base de datos original (Pla, 1986). El objetivo fue identificar aquellas salchichas que se relacionaran en su contenido de proteína, grasa, carbohidratos, fibra y sodio; la humedad se descartó ya que es una variable dependiente. Una vez obtenida la formulación para la salchicha control, se definió la cantidad de cada aditivo a incorporar, aplicando y respetando las cantidades de aditivos máximas permitidas por la NOM-213-SSA1-2018 (2018).

4.2.2. Determinación de la técnica de elaboración

Es importante definir apropiadamente el método de elaboración de la fórmula control, la cual está basada en el proceso descrito por Knipe (2014) realizando modificaciones asimiladas empíricamente para que al aplicar el sustituto se mantenga el mismo procedimiento de preparación y así conservar como única variable la cantidad de grasa a sustituir.

Para la elaboración de la salchicha, se buscó el mejor método de procesamiento con el objetivo de conseguir un producto final que se asemejara a las salchichas comerciales, las cuales tienen la característica principal de ser embutidos de color

uniforme, es decir, que no se aprecian fragmentos de carne o grasa, son firmes y consistentes. Al inicio del proceso de elaboración de la fórmula control, se intentaron diferentes técnicas, sin embargo, no se alcanzaba la uniformidad deseada, teniendo también dificultades adicionales causadas por el calentamiento de la mezcla, y, por ende, aumento de pH; lo cual trajo consigo desprendimiento de líquido (sinéresis) resultando en intentos fallidos de elaboración.

Por estas razones, se decidió hacer lotes de 300 g y se añadieron pasos intermedios en la preparación de la emulsión, llegando al método siguiente indicado en la Figura 4.1, para después describir detalladamente cada paso.

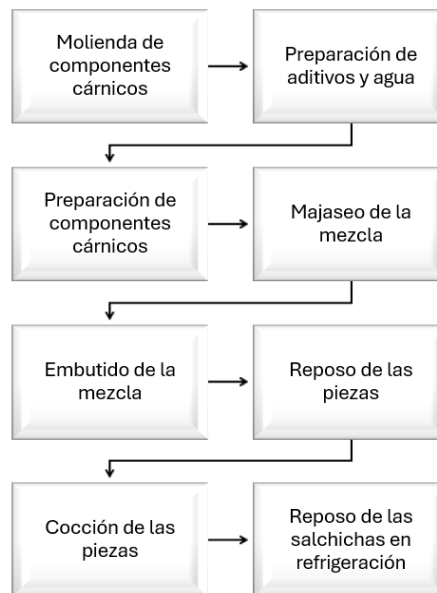


Figura 4.1. Técnica diseñada para la elaboración de la salchicha cocida.

Fuente: Elaboración propia.

1. Molienda de componentes cárnicos. Para cumplir con la uniformidad en textura y color del producto final, primeramente, se troceó manualmente con el uso de un cuchillo la caña de lomo de cerdo y la grasa de cerdo para proceder a

moler cada elemento por separado. Usando un molino modelo MG 22 (PIGORE, Guadalajara, México) con cedazo de 1/4", mostrado en la Figura 4.2, se molió cada componente un total de 3 veces. Con esto, se facilita el trabajo del procesador en la siguiente etapa obteniendo la textura homogénea requerida, mencionando también que no aumenta significativamente la temperatura de la carne a comparación del uso de un cedazo de 1/8". Ambos elementos se encontraban semicongelados al momento de comenzar la molienda para finalmente someterlos nuevamente a congelación por 24 horas, cada uno en contenedores plásticos cerrados.



Figura 4.2. Molino modelo MG 22 con cedazo de 1/4" usado para moler componentes cárnicos.

Fuente: Elaboración propia.

2. Preparación de aditivos y agua. Ya teniendo los componentes cárnicos preparados, se pesó por separado cada aditivo y el agua usando una balanza analítica portátil modelo SF.400 (MIALAB, China).
3. Preparación de componentes cárnicos. Para esta etapa se dejó a temperatura

ambiente la caña de lomo y la grasa previamente molida, 2 horas antes de comenzar el mezclado, esto para poder desmoronar la carne y grasa, garantizando una baja temperatura de inicio. Se pesaron ambos elementos y se colocaron en el procesador de alimentos modelo 9501 (AMERICAN, China) el cual cuenta con 4 navajas que abarcan toda la altura y ancho del recipiente, dispuesto en la Figura 4.3, asegurando el mezclado y el corte de toda la emulsión, a diferencia de otros que funcionan adecuadamente solo con sólidos.

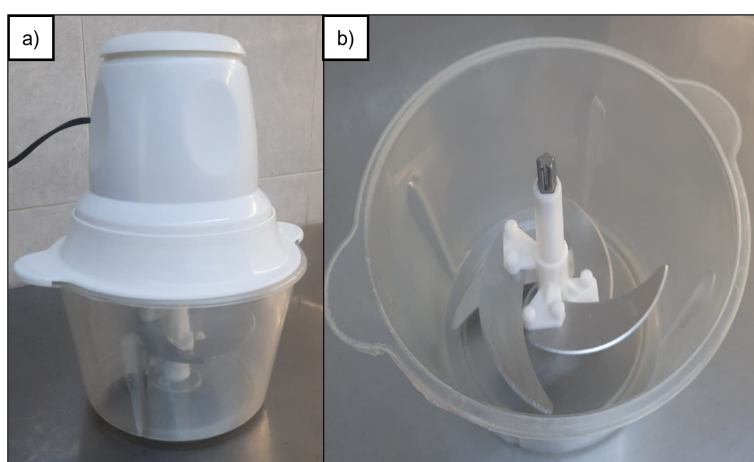


Figura 4.3. Procesador de alimentos modelo 9501 usado para la elaboración de la emulsión de las salchichas.

Fuente: Elaboración propia.

Para comenzar con el mezclado, y ya teniendo todo dispuesto, se elaboraron los siguientes pasos:

- a) Se disolvió la sal yodatada en 15 ml de agua, se agregó a la caña de lomo para mezclar durante 10 segundos.
- b) Se disolvió el FOSJAM en el resto del agua, y de esta, se agregaron 15 ml a la carne y se mezcló por 10 segundos.

c) Se agregaron el resto de los aditivos al agua con fosfato, para después agregar la totalidad de la salmuera al procesador, mezclando igualmente por 10 segundos.

d) Se incorporó la grasa de cerdo a la caña de lomo para comenzar con los tiempos de masajeo y descansos.

Los pasos a) y b) fueron necesarios para extraer la mayor cantidad de proteína antes de incorporar la grasa a la mezcla, ya que, en pruebas anteriores, no se obtuvo el producto final con las características apropiadas.

4. Masajeo. Una vez agregada la grasa a la caña de lomo ya tratada, se procedió a comenzar con los masajeos, realizando un total de 4 conformados cada uno por 5 repeticiones de 4 segundos de trabajo por 4 segundos de descanso. Después de cada mezclado se dejó reposar la mezcla por 15 minutos en congelación para evitar aumento de pH por calentamiento. Se llevaron a cabo un total de 3 reposos. Este tipo de masajeo se designó al elaborar pruebas previas encontrando que con tiempos de trabajo superiores a 20 segundos, la mezcla comienza a incorporar aire aumentando el volumen y alterando su color, resultando en un producto malogrado.

En otros ensayos se observó que con trabajos totales de 20 segundos el procesador se sobrecalienta, comprometiendo los masajeos posteriores y por lo tanto el resultado final buscado; sin embargo, la mezcla no se calienta excesivamente ni se observa la incorporación de aire. Por lo tanto, se dividieron los 20 segundos designados en 5 intervalos de 4 segundos cada uno. En cada masajeo se

tomaron los datos de pH y temperatura de la mezcla con un pH-metro portátil modelo PH-2023 (Technology, China); la temperatura del congelador en donde se almacenó durante el reposo se registró entre -15 y -19 °C.

5. Embutido de la mezcla. Para embutir la masa cárnica, se utilizó una embutidora eléctrica modelo Vevor (VEVOR, Monterrey, México), señalada en la Figura 4.4, embutiendo en funda artificial de cocimiento directo transparente de 3 cm de ancho plano. En esta etapa se elaboraron piezas individuales de aproximadamente 40 g, teniendo la precaución de no mantener contacto por mucho tiempo con las piezas, para así evitar su calentamiento. De los 600 g de emulsión obtenida (dos lotes de 300 g), de 150 – 200 g permanece en la embutidora, sin embargo, esta mezcla remanente se almacenó en un recipiente plástico cerrado junto con las piezas para tomar su pH y temperatura antes de la cocción de las piezas ya cerradas.



Figura 4.4. Embutidora eléctrica modelo Vevor usada para la elaboración de piezas individuales de salchicha.

Fuente: Elaboración propia.

6. Reposo de las piezas. Las piezas y la mezcla sin embutir se mantuvieron en refrigeración a una temperatura aproximada de entre 3 y 5 °C por 15 horas para asegurar la adecuada reacción y curación de la emulsión. Se midió el pH y la temperatura de la mezcla indicada en el paso anterior.
7. Cocción. Las piezas se cocieron en agua a una temperatura registrada de entre 74 ± 2 °C por 1 hora, sugerido por Toldrá (2014), asegurando que todas se mantuvieran sumergidas, pero sin tener contacto con el fondo del recipiente de cocción. Una vez transcurridos los 60 minutos, se mide la temperatura interna de una sola pieza, verificando que esta sea igual o superior a 73 °C; una vez cumplida con la temperatura se retiraron del agua de cocción para dejarlas atemperar. El tiempo se determinó de acuerdo al diámetro y tamaño del producto, como indica Colmenero and Santaolalla (1999).
8. Reposo en refrigeración. Una vez que las piezas están a temperatura ambiente (aproximadamente de hora y media a dos horas después de retirar del agua de cocción), se refrigeraron para asegurar la retrogradación de la fécula de papa incorporada (Hoogenkamp, 2001) y así obtener la textura final del producto.

Este es el proceso de elaboración fijado el cual fue implementado de manera estricta al usar los sustitutos, esto para verificar la viabilidad de la aplicación del nuevo producto sin la necesidad de hacer cambios al procedimiento establecido.

4.3. Diseño del sustituto

Para la elaboración de los sustitutos se usó agua como medio de disolución para los componentes. Para la selección del hidrocoloide, se identificó a la kappa carragenina como la mejor opción por su uso cotidiano en productos cárnicos procesados y embutidos (Huang et al., 2024), tomando también como indicador que la pectina y la goma guar se disuelven de una manera más uniforme en medios calientes y la alta viscosidad obtenida (comprobado experimentalmente) puede alterar la dispersión de los otros componentes a utilizar. Con lo relacionado a las fibras, se estudió teóricamente y comparó a la inulina y las dos fibras de trigo propuestas, eligiendo la que tiene una mayor longitud (SANACEL W200 con longitud de $250\mu\text{m}$) para retener de una manera más eficiente el agua adicional que conformará al sustituto, encontrando que a mayor longitud de fibra, mayor retención de agua (Sánchez-Alonso et al., 2005). Para la proteína de suero de leche, se hicieron pruebas experimentales con ambas, primero con el aislado de proteína de suero y después con el concentrado de proteína de suero; sin embargo, con el Concentrado de Suero de Leche (WPC), el producto final no cumplió con los resultados requeridos. Los componentes finales seleccionados para el sustituto se presentan en la Figura 4.5.

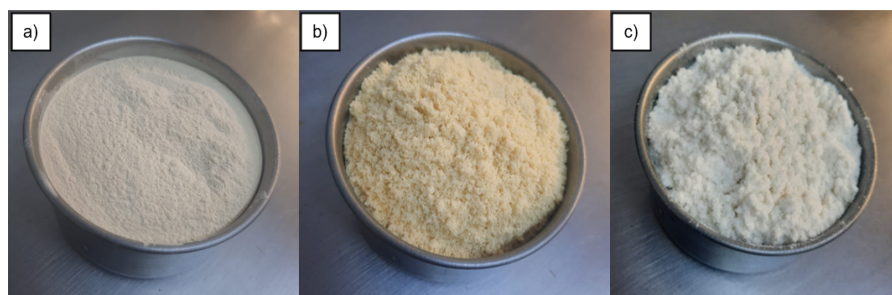


Figura 4.5. Componentes individuales que conforman sustituto.

Nota: La imagen describe a) carragenina marca Fabpsa, b) WPI marca HOLIXLab y c) Fibra de trigo marca SANACEL W200.

Para especificar la cantidad de los elementos que conformarán el sustituto de grasa, los cuales son 4 en total (hidrocoloide, SANACEL W200, WPI y agua), se procedió a fijar una de ellas para tener 3 variables modificables y visualizar más certeramente el área factible a la que se puede acceder, mejorando el entendimiento de la relación entre los 3 elementos.

Elaborando varios ejercicios, primero se mantuvo constante una variable en particular para alterar las tres, restringiéndose a sus límites máximos de uso permitido, señalado en las fichas técnicas (Anexo) e indicado en la Tabla 4.2, posteriormente se limitó también a sus valores mínimos; sin embargo, las áreas resultaron en una superficie muy limitada, por lo que se determinó el uso únicamente de límites máximos.

Tabla 4.2. Cantidades máximas de uso permitidas para los componentes del sustituto.

Elemento	g/100 g
Carragenina marca Fabpsa	1.5
Fibra de trigo (SANACEL W200)	2
Proteína 93 % WPI (HOLIXLab)	100

Fuente: Elaboración propia.

Para la elaboración de los sustitutos que se describirán a continuación se toma en cuenta la cantidad de grasa que se debe sustituir (obtenida en el PCA), descontando la cantidad de grasa que posee la caña de lomo.

4.3.1. Diseño experimental del sustituto

En la elaboración del sustituto se estableció la cantidad de agua como variable fija usando las cantidades máximas de cada elemento que podría tener la mezcla para obtener el área factible en un diagrama ternario. Posteriormente, de la cantidad restante (base final) se determinó la cantidad máxima de cada componente que podría incluir el sustituto, expuesto en la Tabla (4.3).

Tabla 4.3. Descripción de la conformación del sustituto de grasa considerando las cantidades máximas que se puede usar de cada componente en la base final disponible.

Cantidad de grasa a sustituir	23 g
Agua	17.5 g
Base final disponible	5.5 g
Componente	% máx. de la base final
WPI (máx.)	100 % = 5.5 g
SANACEL W200 (máx.)	38 % = 2.0 g
Carragenina (máx.)	27 % = 1.5 g

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo las cantidades máximas definidas, se representan en un diagrama ternario, mostrado en la Figura 4.6, para determinar el área factible de las combinaciones posibles entre los 3 componentes que conformaran la mezcla (resaltada en morado).

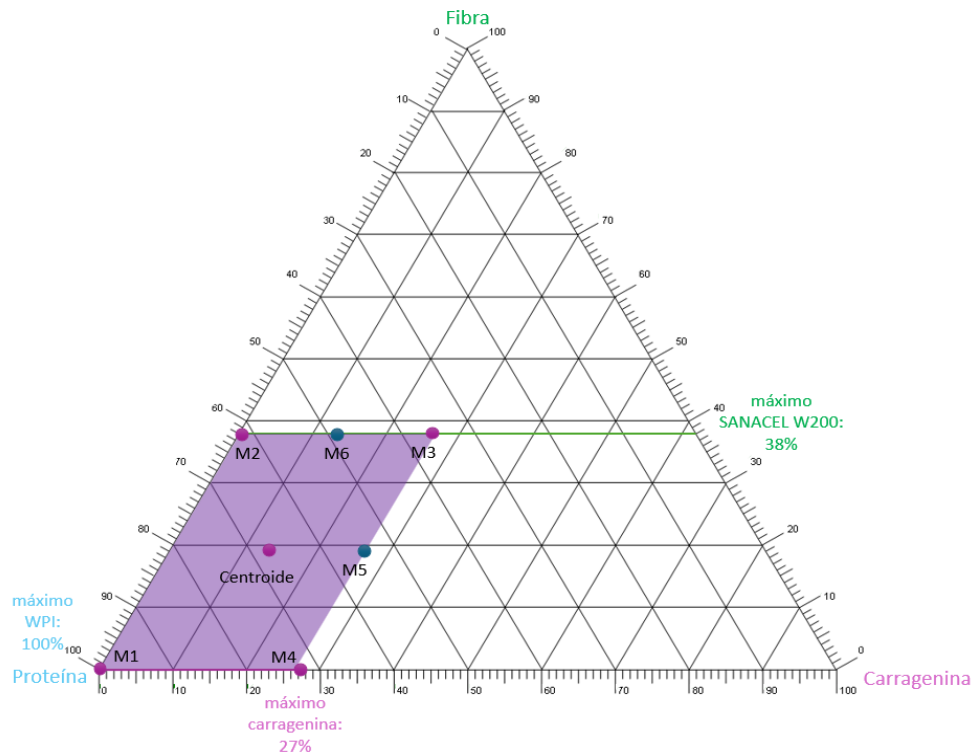


Figura 4.6. Proyección del área factible que define la composición del sustituto.

Para verificar el comportamiento y la interacción de los componentes, se realizó una experimentación exploratoria, usando las mezclas que se ubican en las aristas del área experimental (M1, M2, M3, M4) y la que se encuentra en el centro de la misma (centroide). De igual manera, se seleccionaron puntos adicionales colocados en los límites del área factible, para comprobar el comportamiento de los sustitutos que contienen una mezcla tricomponente, la cual está conformada por los puntos adicionales M5 y M6.

4.4. Proceso de elaboración y aplicación del sustituto

Al tener las cantidades definidas que conforman a cada sustituto dentro del área experimental, cada uno se elaboró de manera independiente para ser agregados a la mezcla de caña de lomo de cerdo molida y la salmuera, es decir, la técnica de elaboración es la misma que la implementada en la fórmula control, todo el procedimiento indicado en la Figura 4.1 se mantiene sin cambios. Para la preparación de todos los sustitutos señalados en el área factible, se siguieron los siguientes pasos:

a) Pesado de los componentes. Los 4 elementos se pesaron de manera independiente en una balanza analítica portátil marca MIALAB. El agua usada se aplicó a temperatura ambiente para asegurar una adecuada disolución de todos los ingredientes, particularmente de la carragenina.

b) Mezclado de los componentes. Con el uso de un batidor manual, se incorporó primero la carragenina para disolverla adecuadamente. Por separado se mezcló en seco el SANACEL W200 con el concentrado de proteína de suero de leche para posteriormente agregarla a la mezcla de agua con carragenina.

c) Incorporación del sustituto y elaboración de la salchicha. El sustituto sustituye a la grasa en el procedimiento diseñado, se procede con el método de elaboración normal.

Una vez obtenidas las 7 salchichas, cada una con su correspondiente sustituto, se realizó un análisis de textura para seleccionar aquellas con las que se llevaría a cabo el análisis sensorial. Cabe mencionar que de las salchichas seleccionadas para esta etapa, se registraron datos de pH y temperatura y así conocer su comportamiento.

4.5. Análisis de textura

De las salchichas obtenidas (tanto la que contiene grasa de cerdo, como las que contienen los sustitutos) se llevó a cabo una prueba TPA (Análisis de Perfiles de Textura) en el Texturómetro modelo TA.XTPPlus (Stable Micro Systems, Godalming, Inglaterra) obteniendo valores de firmeza (g), adhesividad (g/s), elasticidad, gomosidad, masticabilidad y resiliencia, usando una sonda cilíndrica P/50 de 50mm de diámetro de acero inoxidable. Las muestras analizadas tuvieron una altura de 2 cm y un diámetro de 2.5 cm (Zakaria and Sarbon, 2018). Las pruebas se realizaron mínimo por triplicado y se reportaron como media \pm desviación estándar. Las condiciones del ensayo fueron los siguientes: velocidad pre-ensayo: 1 mm/s, velocidad ensayo: 1 mm/s.

4.6. Análisis sensorial

Para comprobar los resultados obtenidos se realizó un análisis sensorial con panelistas no entrenados evaluando las propiedades y preferencias entre la muestra control y los productos que contienen el sustituto de grasa, realizando un análisis estadístico ANOVA con prueba post hoc de Tukey para 3 grupos ($p < 0.05$), usando también la prueba t-Student para 2 grupos ($p < 0.05$), demostrando la aceptación del producto; todas las pruebas estadísticas y obtención de gráficos se procesaron en el software SPSS.

El análisis se realizó en 2 niveles, es decir, se aplicaron muestras frías y calientes, usando la salchicha control, la salchicha que contiene el sustituto que más semejanzas

tiene con la que contiene grasa y una tercera salchicha que presenta el mayor nivel de firmeza de entre todas las elaboradas, dando un total de 6 muestras a evaluar. 5 de las 6 muestras fueron evaluadas por grupos de 50 personas, y la remanente por uno de 48, número superior a los 30 individuos recomendado por Munoz (2002), disponiendo de un total de 298 panelistas.

Las muestras frías se sirvieron a una temperatura de entre 6 y 8 °C, y las muestras calientes se sometieron a calentamiento mediante una freidora de aire modelo RJ38-4T-BLACK-DS-MX (Chefman, China) por un tiempo de 6 minutos a una temperatura de 190 °C, para servirse a los panelistas no entrenados a una temperatura de entre 60 y 66 °C, temperatura recomendada por Kemp et al. (2009), medida con termómetro infrarrojo modelo HS980E (SOVARCATE, China). Es importante resaltar que para el calentamiento de todas las salchichas se roció aceite en spray en la base del contenedor para evitar adherencia. Las dimensiones iniciales de las muestras para ser evaluada fueron de 2.5 cm de diámetro, establecida por la funda utilizada, y de 2-2.5 cm de altura (Li et al., 2023).

El cuestionario aplicado, dispuesto en la Figura 4.7, evalúa la aceptabilidad general del producto, textura, sabor y apariencia (escala hedónica no estructurada de 9 puntos) distinguiendo la siguiente equivalencia: 1 = «Me disgusta muchísimo», 2 = «Me disgusta mucho», 3 = «Me disgusta bastante», 4 = «Me disgusta ligeramente», 5 = «Ni me gusta ni me disgusta», 6 = «Me gusta ligeramente», 7 = «Me gusta bastante», 8 = «Me gusta mucho», 9 = «Me gusta muchísimo» (Drake et al., 2023). También se preguntó sobre algunos atributos (escala hedónica estructurada de 5 puntos) recomendada para pruebas afectivas (Guil, 2006) y así conocer otras ca-

racterísticas del producto; mencionando que antes de aplicar el cuestionario a cada individuo, se preguntó si conocían y si habían consumido con anterioridad salchicha cocida.

Selecciona el número de muestra que estás evaluando
XXX XXX XXX

1. Por favor, marca con una línea vertical sobre la recta, en el punto que corresponda a tu valoración.

Textura: Me disgusta mucho |-----| Me gusta mucho

Apariencia: Me disgusta mucho |-----| Me gusta mucho

Sabor: Me disgusta mucho |-----| Me gusta mucho

Aceptabilidad general Me disgusta mucho |-----| Me gusta mucho

2. Por favor, en cada fila selecciona la casilla que más te parezca.

Suavidad →	Muy suave	Suave	Adecuado	Firme	Muy firme
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<hr/>					
Jugosidad →	Muy jugoso	Jugoso	Adecuado	Seco	Muy seco
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<hr/>					
Sabor →	Muy intenso	Intenso	Intermedio	Suave	Muy suave
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 4.7. Cuestionario aplicado a los panelistas para la elaboración del análisis sensorial.

Fuente: Elaboración propia.

5.Resultados y discusión

5.1. Análisis de datos para la formulación de la salchicha cocida

Para el diseño de la salchicha control se tiene como resultado la siguiente base de datos, expuesta en la Tabla 5.1, en donde se muestra la información recabada de la declaración nutrimental de cada producto. Se registraron un total de 27 salchichas, indicando su marca comercial y rescatando también el tipo de producto que declara en el empaque; esto para distinguir la categoría a la que pertenecen. Se aseguró que todas ellas mostraran entre sus ingredientes carne de cerdo.

Tabla 5.1. Base de datos final para la formulación de la salchicha control.

#	Nombre	Tipo	Proteína (g)	Grasa (g)	Carbohidratos (g)	Fibra (g)	Sodio (g)	Humedad (g)
1	La pastora	Hot Dog	9.412	8.235	12.353	0.471	1.000	68.529
2	La pastora	Hot Dog	11.176	9.647	17.294	0.588	1.118	60.176
3	Chipilo	Polaca	11.500	22.300	3.200	0.000	1.200	61.800
4	Chipilo	Ahumada	10.200	15.300	8.500	0.100	1.200	64.700
5	La artesanal	Alemana	13.500	18.300	2.500	0.000	0.995	64.705
6	Zwanenberg	Alemana	12.600	23.800	3.200	0.000	0.869	59.531
7	La mexicana	Viena	8.100	7.200	15.200	0.000	0.996	68.505
8	Capistrano	Alemana	16.300	17.690	2.540	4.570	0.850	58.050
9	Peñaranda	Baby Frankfurt	11.364	22.727	5.682	5.682	0.989	53.557
10	Murgati (EdoMex)	Viena	11.029	16.176	18.382	0.000	1.029	53.382
11	Murgati (EdoMex)	Frankfurt	14.000	21.000	7.500	0.000	0.900	56.600
12	Zwanenberg	Frankfurt	11.900	29.900	3.500	0.000	0.902	53.798
13	Obertal	Frankfurt	14.000	21.000	4.500	0.000	1.109	59.391
14	Corona	Frankfurt	13.000	12.000	5.000	0.000	0.770	69.230
15	Fud	Viena	8.300	9.200	12.500	0.300	0.800	68.900
16	Johnsonville	Ahumada	12.200	28.700	2.200	0.000	0.725	56.175
17	Johnsonville	Polaca	12.200	27.200	4.500	0.000	0.756	55.344
18	Kir	Asar	7.300	13.900	9.300	0.300	1.348	67.852
19	San Rafael	Viena	11.470	14.400	4.000	0.200	0.800	69.130
20	Aurrera	Viena	7.000	6.500	17.040	1.100	0.904	67.456
21	Chimex	Asar	11.300	12.800	4.700	0.200	1.190	69.810
22	Oscar Meyer	Jumbo	12.500	25.400	3.000	0.400	0.950	57.750
23	Parma	Ahumada	12.000	18.000	5.000	0.000	1.140	63.860
24	Tangamanga	RostenWurst	13.400	23.800	1.700	0.000	1.466	59.634
25	Oscar Meyer	Viena	11.500	16.400	6.400	0.600	0.900	64.200
26	Tangamanga	Schubling	15.700	20.800	4.500	0.400	1.160	57.440
27	Great Value	Asar	9.530	12.500	10.470	0.000	0.900	66.600

Al procesar la base de datos obtenida, usando el software Matlab R2023a, se obtuvo primeramente la gráfica de proyección doble, Figura 5.1, en donde se señalan los dos componentes principales (grasa y proteína), así como las observaciones que se acercan a estas, indicando su conexión.

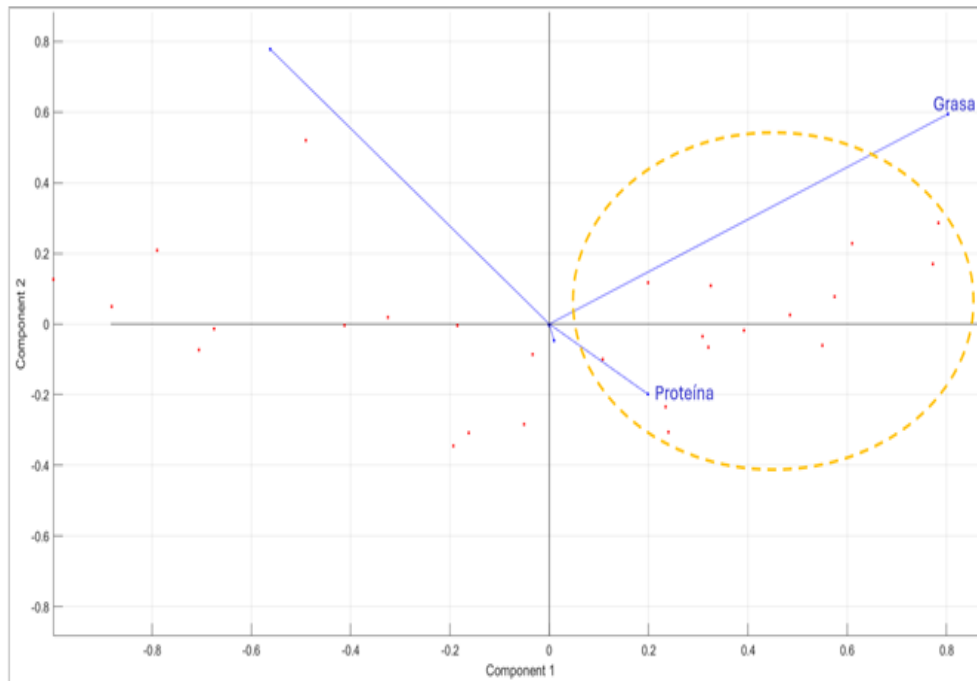


Figura 5.1. Gráfica de proyección doble PCA mostrando los dos componentes principales y puntos correlacionados.

Fuente: Elaboración propia.

Para apreciar e identificar mejor las observaciones, se evaluó también la gráfica de puntuaciones, mostrada en la Figura 5.2, la cual nos indica aquellas que se relacionan, posicionándose en los cuadrantes positivos del plano (Pla, 1986).

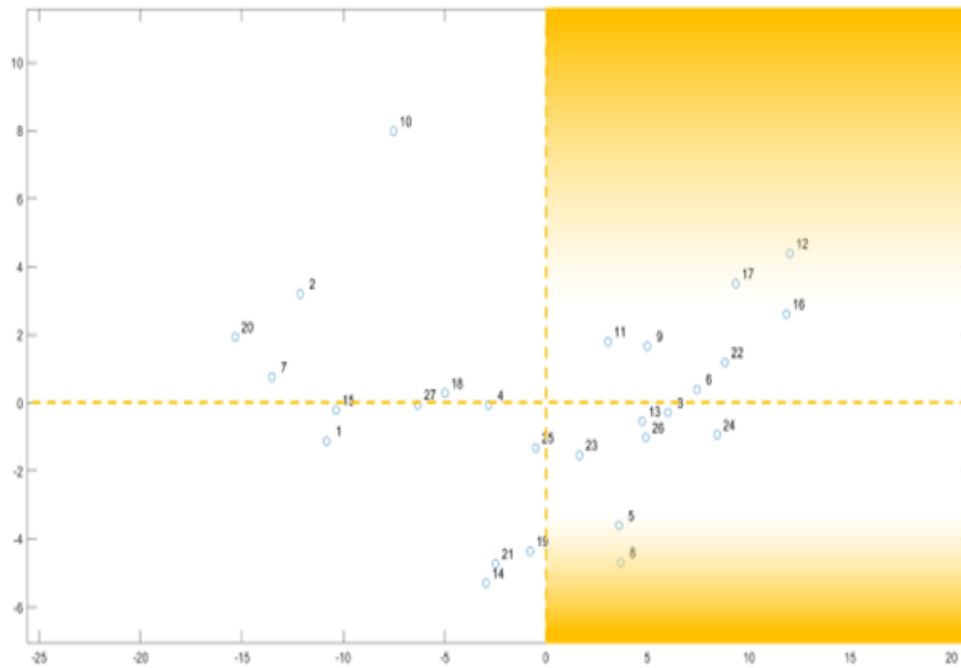


Figura 5.2. Gráfica de puntuaciones en donde se identifican las salchichas relacionadas.

Fuente: Elaboración propia.

Para confirmar la cercanía entre los puntos, se obtuvo la gráfica de puntuaciones en los tres ejes, indicada en la Figura 5.3, observando que dos de ellos no pertenecen a la aglomeración observada en la gráfica anterior, Figura 5.2, por lo tanto, estos puntos fueron eliminados para así obtener la formulación final (Villarroel et al., 2003).

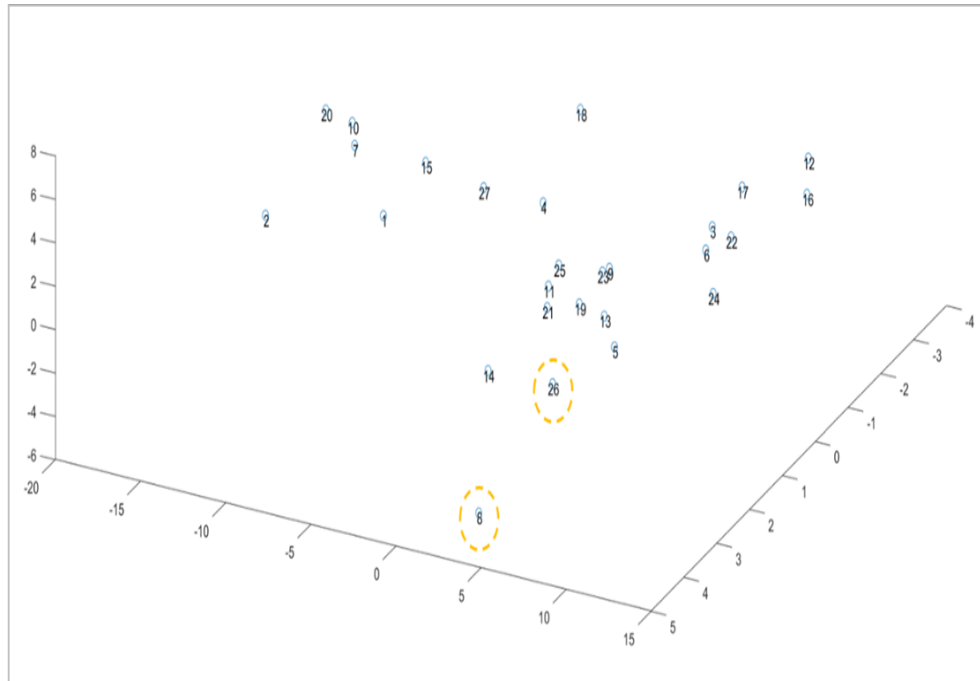


Figura 5.3. Gráfica de puntuaciones en tres ejes para comprobar la cercanía entre observaciones.

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo la certeza de la relación entre las observaciones por medio de los gráficos descritos anteriormente, se identificó cada salchicha en la Tabla 5.1, para calcular la media de sus valores y así tener la formulación base, indicada en la Tabla 5.2, con los componentes que tendrá la salchicha que se elaborará experimentalmente.

Tabla 5.2. Formulación obtenida para la elaboración de la salchicha cocida.

#	Nombre	Tipo	Proteína (g)	Grasa (g)	Carbohidratos (g)	Fibra (g)	Sodio (g)	Humedad (g)
3	Chipilo	Polaca	11.500	22.300	3.200	0.000	1.200	61.800
5	La artesanal	Alemana	13.500	18.300	2.500	0.000	0.995	64.705
6	Zwanenberg	Alemana	12.600	23.800	3.200	0.000	0.869	59.531
9	Peñaranda	Baby Frankfurt	11.364	22.727	5.682	5.682	0.989	53.557
11	Murgati (EdoMex)	Frankfurt	14.000	21.000	7.500	0.000	0.900	56.600
12	Zwanenberg	Frankfurt	11.900	29.900	3.500	0.000	0.902	53.798
13	Obertal	Frankfurt	14.000	21.000	4.500	0.000	1.109	59.391
16	Johnsonville	Ahumada	12.200	28.700	2.200	0.000	0.725	56.175
17	Johnsonville	Polaca	12.200	27.200	4.500	0.000	0.756	55.344
22	Oscar Meyer	Jumbo	12.500	25.400	3.000	0.400	0.950	57.750
23	Parma	Ahumada	12.000	18.000	5.000	0.000	1.140	63.860
24	Tangamanga	RostenWurst	13.400	23.800	1.700	0.000	1.466	59.634
Promedio			12.597	23.511	3.873	0.507	1.000	58.512
Cantidades cerradas			12.600	23.500	3.900	0.500	1.000	58.500

Una vez identificados los elementos que debe tener la salchicha, se usaron los equivalentes de proteína, humedad, carbohidratos y grasa del lomo de cerdo para obtener la cantidad exacta de lomo a utilizar, el agua adicional que se debía incorporar, y la grasa que se debe añadir. De igual modo, se calculó la cantidad de aditivos obteniendo la formulación completa, presentada en la Tabla 5.3, señalando que la cantidad de grasa a reemplazar es de 23 g por cada 100 g de salchicha.

Tabla 5.3. Formulación final para la elaboración de la salchicha cocida con grasa (salchicha control).

Elemento	Cantidad (g)
Caña de lomo	54.66
Grasa de cerdo	23.00
Agua	17.90
FOSJAM 2000	0.31
Sal Fabpsa FD-170D	0.27
Fécula de papa	3.01
Conservador BS	0.10
Sal yodatada	0.70
Eritorbato de sodio	0.10
Total	100.00

5.2. Formulación y elaboración de los sustitutos de grasa

Una vez obtenida la formulación de la salchicha, se calcularon las cantidades de los 3 elementos que conforman a cada sustituto, señalados en el diagrama ternario presentado en la Figura 4.6. Cada sustituto reemplaza los 23 g de grasa adicionada en la formulación y las cantidades de los elementos que los conforman se muestran en la Tabla 5.4.

Tabla 5.4. Composición de cada sustituto para la elaboración de salchicha.

	Centroide	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Elemento	g	g	g	g	g	g	g
WPI	3.71	5.50	3.43	1.92	3.98	2.92	2.69
SANACEL W200	1.03	0	2.06	2.06	0	1.09	2.04
Carragenina	0.75	0	0	1.51	1.51	1.49	0.77
Agua	17.50	17.50	17.5	17.50	17.50	17.50	17.50
Total	23	23	23	23	23	23	23

Mezclando los elementos que conforman a cada sustituto se obtienen los siguientes reemplazos de grasa, presentados en la Figura 5.4, aplicándolo experimentalmente a la técnica definida en la metodología.

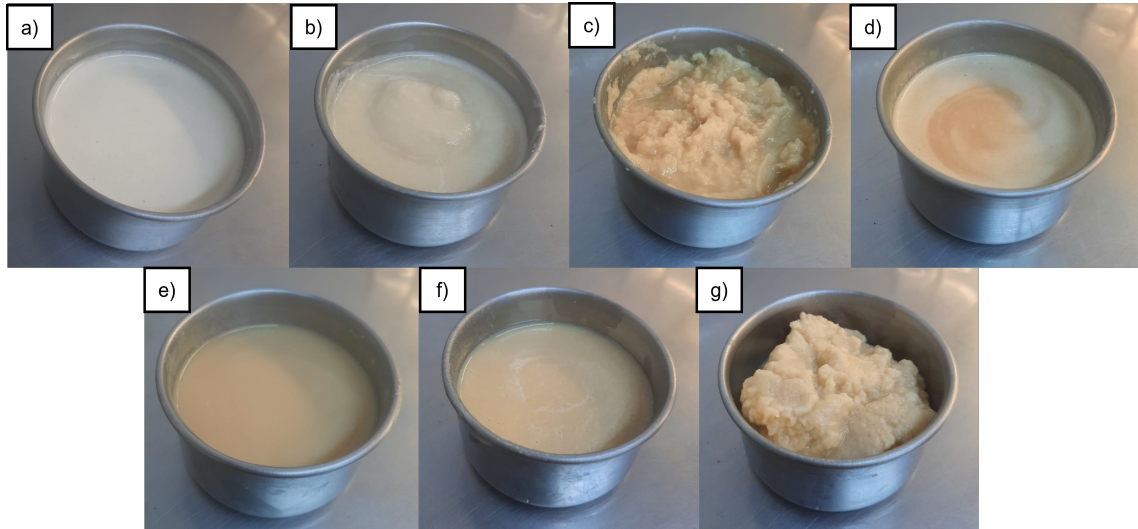


Figura 5.4. Sustitutos de grasa finales para ser aplicados.

Nota: La imagen describe a) Centroide, b) M1, c) M2, d) M3, e) M4, f) M5 y g) M6.

Finalmente, usando el mismo proceso de elaboración que se definió para la salchicha control, se obtuvieron un total de 8 salchichas, las cuales se resumen en la Tabla 5.5, indicando cada elemento que los diferencian.

Tabla 5.5. Distinciones entre los lotes de salchichas elaboradas experimentalmente.

Salchicha	Grasa de cerdo	Agua sustituto (g)	Carragenina (g)	SANACEL W200 (g)	WPI (g)
Control	23	0	0	0	0
M1	0	17.50	0	0	5.50
M2	0	17.50	0	2.06	3.43
M3	0	17.50	1.51	2.06	1.92
M4	0	17.50	1.51	0	3.98
M5	0	17.50	1.49	1.09	2.92
M6	0	17.50	0.77	2.04	2.69
Centroide	0	17.50	0.75	1.03	3.71

De acuerdo al contenido de cada elemento en los diferentes sustitutos identificados, es importante resaltar como actúa cada elemento individualmente. Ayadi et al. (2009) nos menciona que la adición de carragenina puede llegar a causar una disminución en la estabilidad de la emulsión cárnica, sin embargo, incrementa la capacidad retenedora de agua, resultando en un incremento de firmeza en las salchichas finales; y conforme aumenta la cantidad implementada se observa la formación de una red de gel adicional, lo que tiene relación con la firmeza obtenida. La elasticidad se ve modificada en cantidades de uso menor a las indicadas en la tabla anterior, por lo cual, se infiere que en los sustitutos propuestos, la carragenina no contribuye a la elasticidad, sino únicamente a la firmeza final. También se asegura que este componente no afecta en el sabor de la salchicha.

Otro aspecto importante relacionado con este componente, es su método de incorporación, como lo estudia Cao et al. (2021) concluyendo que incorporando la carragenina pre-suspendida en agua se obtienen mejores resultados en relación con

la firmeza final en las salchichas tipo frankfurter, teniendo estas mejor aceptabilidad.

Igualmente, la proteína de suero de leche se ha estudiado como sustituto de grasa en embutidos. Belorio and Gómez (2022) señala que su comportamiento no llega a ser tan efectivo como otros aditivos alimentarios capaces de retener de una manera más eficiente el agua de la matriz cárnica, pero si puede beneficiar en la elasticidad final.

Finalmente, la fibra de trigo usada en el estudio realizado por Sánchez-Alonso et al. (2005), la cual contiene 74 % celulosa y 26 % hemicelulosa, tiene la ventaja de ser blanca, poseer ausencia de sabor y no es detectable mediante el olfato. Aporta una cantidad despreciable de calorías y se ha comprobado que es inerte hacia otros ingredientes cuando es usada en una emulsión cárnica, pudiendo llegar a absorber hasta 7.5 g de agua por gramo de fibra.

5.3. Análisis de textura

Todos los datos adquiridos del TPA, se procesaron en el software SPSS por medio de comparación de medias (ANOVA de 1 factor), reportándose como media \pm desviación estándar, para verificar la relación de cada salchicha formulada, siendo la firmeza, gomosidad y masticabilidad las variables significativas para cada factor ($p < 0.05$).

Asimismo, para comprobar la adecuada formulación de la salchicha control, conseguida por el PCA, se incluyeron en el análisis dos salchichas comerciales, reportadas en la Tabla 5.2, una perteneciente al grupo resultante (salchicha tipo Frankfurt mar-

ca Peñaranda) y otra no contenida (salchicha tipo Viena marca FUD), obteniendo los resultados mostrados en la Tabla 5.6.

Tabla 5.6. Resultados TPA y comparación de las salchichas elaboradas experimentalmente más dos salchichas comerciales.

Salchicha	Firmeza (g)	Gomosidad	Masticabilidad
Control	1584 ± 37 ^c	1354 ± 38 ^c	1254 ± 70 ^b
M1	1502 ± 231 ^c	1267 ± 176 ^c	1209 ± 167 ^b
M2	2713 ± 82 ^{ab}	2230 ± 46 ^{ab}	2105 ± 59 ^a
M3	2790 ± 355 ^{ab}	2309 ± 261 ^{ab}	2171 ± 197 ^a
M4	2301 ± 193 ^b	1928 ± 145 ^b	1808 ± 166 ^a
M5	3092 ± 351 ^a	2452 ± 233 ^a	2237 ± 232 ^a
M6	1478 ± 95 ^c	1235 ± 65 ^c	1164 ± 90 ^b
Centroide	2812 ± 487 ^{ab}	2315 ± 343 ^{ab}	2152 ± 335 ^a
Peñaranda	1199 ± 101 ^c	992 ± 74 ^c	965 ± 53 ^b
FUD	969 ± 69 ^c	802 ± 48 ^c	752 ± 33 ^b

*Medias ± desviación estándar. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre salchichas ($p < 0.05$). Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los resultados de la tabla anterior, centrándose en la característica de firmeza, se seleccionaron las salchichas que pertenecen al grupo C, por su parecido en este atributo a la salchicha control, siendo únicamente la M6 la que posee un sustituto con los tres componentes seleccionados, resaltando que las salchichas comerciales analizadas también son incluidas en este grupo, comprobando la adecuada implementación del PCA para el diseño de la salchicha control. También se observa que la salchicha que contiene el sustituto M5 se destaca por pertenecer al único grupo que señala a la salchicha más firme. Concerniente a esto, Sánchez-Alonso et al. (2005) reporta que entre mayor sea la longitud de la fibra usada, se tendrá como resultado mayor retención de agua por el aumento de volumen de los poros internos de la fibra purificada de trigo (longitud superior a $80\mu\text{m}$); aunado a esto Çelebi and

Erge (2024) señala que la carragenina al ser usada en productos cárnicos como las salchichas, brinda una fuerte habilidad para gelificar y retener agua, lo que aumenta la firmeza final del producto en el que se aplique. Li et al. (2022) también indica que la firmeza de las salchichas en las que usó un gel conformado por carragenina y un agente espesante como reemplazo total de grasa, incrementa significativamente la masticabilidad del producto y por lo tanto su firmeza, aunque tuvieron pérdidas considerables durante la cocción, siendo esto un factor negativo.

Por lo tanto, se considera que estos dos elementos, carragenina y fibra, pueden brindar una firmeza superior, por llenar los poros internos de la fibra con gel proveniente de la carragenina lo que resulta en una estructura más estable y consistente. Es importante destacar que la cantidad de carragenina debe ser la adecuada para llenar los poros de la fibra, esto se refleja en el comportamiento de la salchicha M5 (firmeza 3092 g), la cual posee la cantidad máxima de carragenina permitida, pero con la mitad de la cantidad máxima de fibra. Contrario a esto, la M6, posee la mitad de la cantidad máxima de carragenina, y toda la cantidad permitida de fibra, pero su firmeza disminuye considerablemente a 1478 g. De igual modo, esto confirma la importancia del procedimiento para elaborar el sustituto, hidratando inicialmente la carragenina, para después agregar el SANACEL W200 y el WPI, permitiendo que la proteína y la fibra se hidraten con la mezcla de agua y carragenina.

Asimismo, el sustituto M1 también tiene semejanza con la salchicha control (grupo c), sin embargo, este reemplazo únicamente posee aislado de proteína de suero de leche. Por si solo, el WPI es capaz de formar estructuras más estables en la masa cárnica de la salchicha, como lo indica Ozturk-Kerimoglu et al. (2022). Sin embargo,

este beneficio se basa en las interacciones de proteína-grasa de la formulación. Dado que la salchicha elaborada posee una cantidad despreciable de grasa, esta interacción no se cumple, explicando el desprendimiento, mínimo pero presente, de agua después de la cocción; comportamiento que solo se observó en esta salchicha. Por otro lado, al añadir los otros componentes, ya sea carragenina, fibra o ambos; el comportamiento del reemplazo cambia considerablemente, obteniendo una salchicha con un nivel de firmeza más elevado, confirmando lo que indica Yashini et al. (2021), señalando que los sustitutos de grasa diseñados a base de proteína animal tienen la habilidad de brindar mayor estabilidad a la emulsión favoreciendo la capacidad de retención aun en matrices con mínima cantidad de grasa presente.

Para continuar, se seleccionaron las salchichas que fueron aplicadas en el análisis sensorial, basándose en los resultados obtenidos en la Tabla 5.6. Debido a que la prueba sensorial está dirigida a verificar la aceptabilidad del producto, debían elegirse las salchichas que se aplicarían junto a la control, siendo esta elegida de antemano. Asimismo, también se estableció, que las salchichas debían contener los 3 elementos que se espera que componga el sustituto, es decir, un sustituto tricomponente. Esta condición hizo resaltar a la salchicha con el sustituto M6, la cual comparte afinidad en firmeza con la salchicha que contiene grasa (grupo c). Para obtener más información con respecto a la aceptabilidad, se optó por incluir también a la salchicha con el sustituto M5, la cual es la única que pertenece al grupo «a», siendo esta la más firme de todas las muestras analizadas.

5.4. Caracterización salchichas seleccionadas

Al tener ya ubicadas las salchichas que se implementarían en el análisis, se recabaron datos de pH inicial de los sustitutos, el comportamiento de pH y temperatura en el proceso de elaboración de los lotes de salchicha (3 lotes de la salchicha control y M6, y 4 lotes para la salchicha M5), para ser aplicados a los panelistas.

El pH y temperatura inicial del sustituto M5 y M6 tuvieron un valor promedio de 7.46 y 19.7 °C, y 6.80 y 19.9 °C respectivamente, mientras que el pH inicial de la caña de lomo de cerdo molido tuvo un valor de 6.5 ± 0.4 para las 3 salchichas elaboradas y sus réplicas, valor apropiado por estar por encima del punto isoeléctrico. Los gráficos que indican los comportamientos de pH y temperatura son representados en la Figura 5.5.

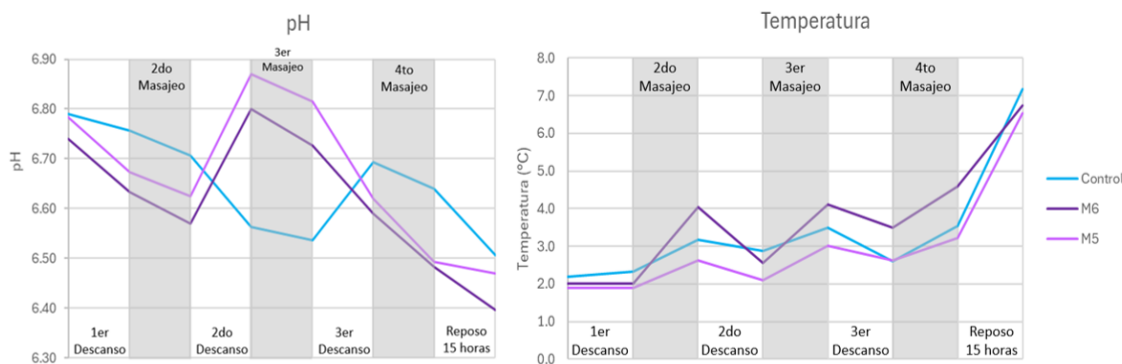


Figura 5.5. Comportamiento de pH y temperatura durante los masajeos en el proceso de elaboración.

Referente al registro del pH, se observa un comportamiento diferente entre las emulsiones que poseen los sustitutos y la que tiene grasa. Es de esperarse que esta característica reduzca su valor conforme se efectúa el proceso de mezclado debido al calentamiento por la acción de corte y la velocidad del procesador, sin embargo, tanto

en la emulsión de la salchicha control como en las que poseen el sustituto, se observa un aumento de pH durante el tercer y segundo descanso respectivamente. Como lo indica Frey (1998) durante el picado de la carne se lleva a cabo una segmentación de la misma, promovida por el esfuerzo mecánico de corte y mezclado, las membranas y fibras son cortadas provocando el colapso de la estructura miofibrilar liberando la actina y miosina para disolverse. De igual modo, Petracci et al. (2013) señala el funcionamiento y la importancia del uso del tripolifosfato y pirofosfatos, contenidos en el aditivo FOSJAM 2000 usado, haciendo notar que en esta etapa de corte, ayudan a disociar la actinmiosina, en caso de no haberse llevado a cabo una adecuada congelación después del sacrificio; provocan un ligero aumento de pH (amortiguador de pH a lo largo del proceso) e incrementa las fuerzas de repulsión electrostática para agrandar los espacios entre la actina y la miosina, permitiendo una mayor retención de agua.

Una vez liberadas las proteínas, Toldrá (2014) menciona que su solubilización en el agua agregada, es un requisito para la retención apropiada de esta, y que una vez lograda la solubilización se obtiene una estructura coloidal que esta formada por una fase sólida dispersa en una acuosa, la cual contiene a las proteínas solubles.

Por lo tanto, se sugiere que cuando se alcanza la solubilización apropiada de las proteínas durante el masajeo de los componentes, favorecido por el FOSJAM 2000, se distingue el aumento repentino de pH, enfatizando que las emulsiones que poseen el sustituto de grasa tienen este comportamiento en el segundo descanso, lo cual podría indicar que el proceso de mezclado sería más corto que el proceso de la salchicha con grasa.

Con respecto a la temperatura, Feiner (2006) nos indica que el rango preferible durante el mezclado es de 6 - 10 °C, enfatizando que al superar este rango el producto muy probablemente no cumpliría con las expectativas buscadas, debido a la relación entre esta característica y la fermentación o producción de ácido láctico (disminución de pH) de la masa cárnica; en este caso, el rango de temperatura al cual se elaboraron los masajeos de las 3 salchichas rondaron entre los 2 y los 7.5 °C, asegurando un valor óptimo de trabajo.

Finalmente, las salchichas en pieza finales obtenidas después de su cocción y posterior refrigeración se exhiben en la Figura 5.6:

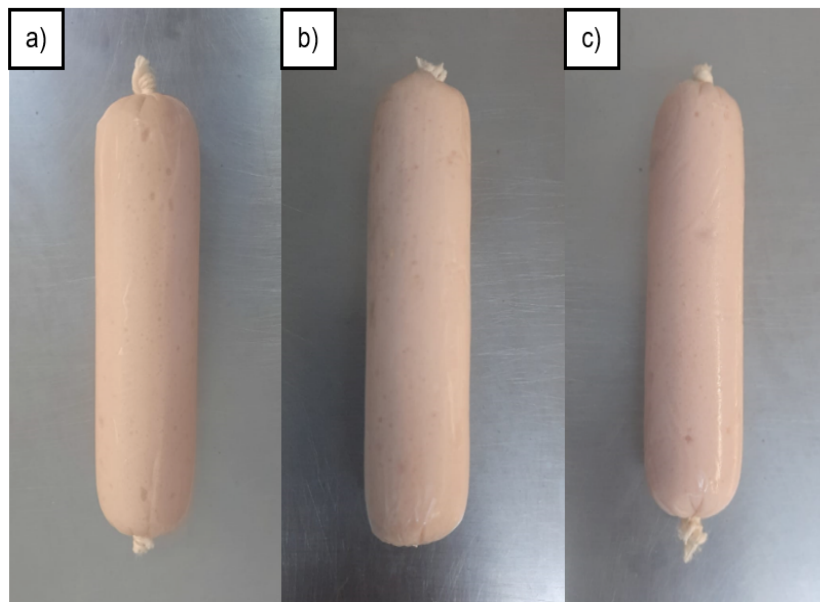


Figura 5.6. Salchichas cocidas finales obtenidas.

Nota: Las imágenes representan a a) salchicha control, b) salchicha con sustituto M5 y c) salchicha con sustituto M6.

5.5. Análisis sensorial

Para la realización del análisis sensorial, se exponen las muestras finales presentadas ante los panelistas indicadas en la Figura 5.7.

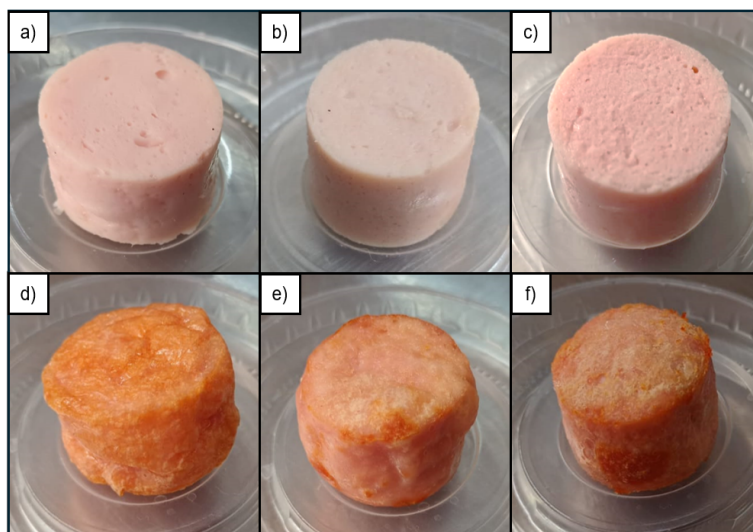


Figura 5.7. Salchichas finales presentadas en el análisis sensorial a los panelistas en sus dos temperaturas de servicio.

Nota: Las imágenes a), b) y c), muestran a la salchicha control, M5 y M6 respectivamente a temperatura de servicio fría. La d), e) y f) representa la salchicha control, M5 y M6 a una temperatura de servicio caliente.

Como se observa en la imagen, a una temperatura de servicio caliente las muestras con las dimensiones propuestas presentan deformaciones, principalmente en la salchicha control y en la que posee el sustituto M5, pero no sufrieron una modificación apreciable en la contracción durante su preparación, estos cambios poco significativos pueden deberse al tipo de calentamiento que se usó, como lo señala Castro-López et al. (2023), el calentamiento por medio aire caliente a velocidad alta (freidoras de aire) favorece la conservación del contenido de humedad del alimento por la formación de una corteza exterior que actúa como barrera, mencionando también que en

tiempos superiores a 12 minutos de cocción y a una temperatura de 190 °C, comienzan a observarse cambios significativos en la humedad, y por lo tanto, en el volumen del alimento; para este proyecto el tiempo fijado fue de 6 minutos, lo cual se mantiene dentro del rango.

5.5.1. Textura

Para comenzar con el análisis de los resultados es importante mencionar que con respecto a aceptabilidad general del producto, textura, sabor y apariencia evaluadas con una escala hedónica no estructurada de 9 puntos, Munoz et al. (1992) indica que una calificación igual a 6.0 se puede traducir como un valor aceptable.

Ahora se presentan los resultados del cuestionario aplicado, comenzando por la pregunta de textura, representando el análisis en la Tabla 5.7, en donde se indica la relación del factor (tipo de salchicha) con respecto a la variable (textura).

Tabla 5.7. Resultados del cuestionario para el análisis sensorial referente a la propiedad de textura.

Formulación	Temperatura de servicio	
	Fría	Caliente
Control	4.7±2.6 ^{Aa}	7.2±2.1 ^{Aa}
M5	5.21±2.5 ^{Aa}	4.9±2.6 ^{Ab}
M6	3.3±1.8 ^{Ab}	5.7±2.5 ^{Bb}

*Medias±desviación estándar. Letras minúsculas diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre temperaturas de servicio ($p < 0.05$). Letras mayúsculas diferentes en la misma fila indican diferencias significativas entre formulaciones ($p < 0.05$).

Fuente: Elaboración propia.

En los resultados, se observa que, comparando la temperatura de servicio, hay una semejanza entre la salchicha fría con grasa y la M5, identificada como la más firme;

sin embargo, la equivalencia de las medias a la escala hedónica de 9 puntos, ambas entran en la categoría de «Ni me gusta, ni me disgusta». Por el contrario, la muestra que más se asemejó a la salchicha control en firmeza (indicado por el TPA), esta calificada en el rango de «Me disgusta ligeramente».

Con el cambio en la temperatura de servicio, la percepción de las muestras calientes se modificó, teniendo como la mejor evaluada a la salchicha control, la cual obtienen una puntuación que incurre en «Me gusta ligeramente». Las salchichas restantes, las cuales contienen a los sustitutos, fueron calificadas como «Ni me gusta, ni me disgusta», perteneciendo al mismo grupo.

Finalmente, en la comparación de cada salchicha evaluada con respecto a su temperatura de servicio, se encontró que la textura es una variable que diferencia a la salchicha con el sustituto M6, siendo esta y la salchicha control las preferidas en el atributo de textura a una temperatura caliente.

5.5.2. Apariencia

Se continua con el análisis que relaciona el tipo de salchicha, con respecto a la variable «apariencia», expuesto en la Tabla 5.8.

Tabla 5.8. Resultados del cuestionario para el análisis sensorial referente a la propiedad de apariencia.

Formulación	Temperatura de servicio	
	Fría	Caliente
Control	5.3±2.2 ^{Aa}	6.8±2.3 ^{Aa}
M5	5.94±2.2 ^{Aa}	5.6±2.6 ^{Ba}
M6	3.9±1.6 ^{Ab}	5.8±2.5 ^{Aa}

*Medias±desviación estándar. Letras minúsculas diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre temperaturas de servicio ($p < 0.05$). Letras mayúsculas diferentes en la misma fila indican diferencias significativas entre formulaciones ($p < 0.05$).

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior, la variable «apariencia» no es determinante para discernir en la aceptabilidad de las 3 diferentes salchichas a una temperatura de servicio caliente; no obstante, la muestra control obtuvo la valoración de «Me gusta ligeramente» mientras que las otras dos inciden en la categoría de «Ni me gusta, ni me disgusta».

Esto puede deberse a la diferencia en color entre las 3 muestras ya que la salchicha que contiene grasa, por su misma composición, posee un color dorado muy agradable a la vista, como lo explica Lupano (2013), mencionando que el color pardo, usualmente apreciado por el consumidor, es causado por la reacción de Maillard, que ocurre entre una amina (aminoácido, péptido o proteína) y un grupo carbonilo (azúcares o cetonas producto de la oxidación de lípidos); en donde el nivel de pardeamiento, e incluso formación de costra en algunos alimentos, dependerá del contenido del azúcares o grasa, favoreciendo así a la salchicha que contiene la grasa añadida, dándole una apariencia brillante y jugosa.

Con respecto a las muestras frías, la aceptabilidad con relación a la apariencia engloba a la salchicha control y a la M5 en el mismo grupo, diferenciándose de la

muestra M6 haciendo resaltar que las tres caen en el calificativo de «Ni me gusta, ni me disgusta». Esto puede deberse en general a la baja intensidad del color en las muestras frías pudiéndose deber a que al elaborar las salchichas con carne DFD (Dark Firm and Dry), denominada así por tener un valor de pH por encima de 6.2, se presentan inconvenientes para el enrojecimiento y color final del producto cocido, como lo especifica Frey (1998).

Comparando cada formulación con respecto a su temperatura de servicio, se encontró que la salchicha que contiene al sustituto M5, si distingue su aceptabilidad con respecto a la apariencia, teniendo un mayor puntaje a una temperatura de servicio fría, mientras que con las demás se acepta más su apariencia en caliente, señalado por Téllez-Morales et al. (2024) que dice que el color es un parámetro de calidad determinante en sí el alimento frito será aceptado o no por los consumidores.

5.5.3. Sabor

Se presenta la Tabla 5.9, en donde se indica la relación del factor (tipo de salchicha) con respecto a la variable (sabor).

Tabla 5.9. Resultados del cuestionario para el análisis sensorial referente a la propiedad de sabor.

Formulación	Temperatura de servicio	
	Fría	Caliente
Control	6.4±2.3 ^{Aa}	8.0±1.6 ^{Ba}
M5	6.4±2.2 ^{Aa}	5.6±2.8 ^{Bb}
M6	3.8±1.8 ^{Ab}	6.5±2.4 ^{Bb}

*Medias±desviación estándar. Letras minúsculas diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre temperaturas de servicio ($p < 0.05$). Letras mayúsculas diferentes en la misma fila indican diferencias significativas entre formulaciones ($p < 0.05$).

Fuente: Elaboración propia.

En los resultados obtenidos, con respecto a la temperatura de servicio fría, se continua favoreciendo a la salchicha control y a la M5, teniendo las valoraciones más elevadas y, por lo tanto, diferenciándose de la salchicha M6 (grupo b), alcanzando escasamente la calificación de «Ni me gusta, ni me disgusta», en cambio las otras 2 se colocan en la clasificación de «Me gusta ligeramente». Con el cambio de temperatura de servicio, se vuelve a observar el aumento en las puntuaciones de la salchicha Control y M6, siendo la primera la más aceptable en cuestión de sabor, teniendo la calificación de «Me gusta bastante», seguida por la M6, obteniendo un «Me gusta ligeramente».

Describiendo el comportamiento de la preferencia de sabor entre las formulaciones a diferente temperatura de servicio, se encontró que la temperatura a la que son sometidas y presentadas sí representa un factor que diferencia su aceptación en sabor.

5.5.4. Aceptabilidad general

Se presenta la Tabla 5.10, en donde se indica la relación del factor (tipo de salchicha) con respecto a la variable (aceptabilidad general).

Tabla 5.10. Resultados del cuestionario para el análisis sensorial referente a la propiedad de aceptabilidad general.

Formulación	Temperatura de servicio	
	Fría	Caliente
Control	5.9±1.7 ^{Aa}	7.8±1.6 ^{Aa}
M5	6.3±2.0 ^{Aa}	5.5±2.6 ^{Bb}
M6	3.9±1.5 ^{Ab}	6.3±2.3 ^{Bb}

*Medias±desviación estándar. Letras minúsculas diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre temperaturas de servicio ($p < 0.05$). Letras mayúsculas diferentes en la misma fila indican diferencias significativas entre formulaciones ($p < 0.05$).

Fuente: Elaboración propia.

En esta categoría, se distingue una clara preferencia de la salchicha control a una temperatura de servicio caliente, mientras las dos salchichas restantes comparten el grupo de acuerdo a su aceptabilidad general. La salchicha control caliente está categorizada en «Me gusta bastante», seguida por la salchicha M6 en «Me gusta ligeramente» y concluyendo con la M5 calificada mayormente como «Ni me gusta, ni me disgusta». Sin embargo, esta última muestra, al evaluarse a una temperatura de servicio fría, se distingue por tener la mayor valoración, cayendo en la categoría de «Me gusta ligeramente» compartiendo el grupo con la salchicha control; por otro lado, la salchicha con el sustituto M6 se encuentra en la casilla de «Ni me gusta, ni me disgusta», volviéndose a presentar el comportamiento anterior, en donde la salchicha M5 obtiene mejor calificación en frío, mientras que las otras dos salchichas mejoran su valoración en caliente.

Relacionado con la comparación de la aceptabilidad general de las formulaciones a diferentes temperaturas, la M5 y la M6 si distinguen su preferencia, mientras que con la salchicha que contiene grasa, este atributo no representa una variable de diferenciación.

5.5.5. Atributos adicionales

Los resultados de las propiedades evaluadas (suavidad, jugosidad y sabor) para la salchicha control, mostrada en la Figura 5.8 indican, con respecto a la suavidad, que la salchicha que contiene grasa se percibe como la más suave, característica brindada por la grasa añadida, distinguiendo a la salchicha cocinada con una suavidad «adecuada» pudiéndose deber al cambio que ocurre cuando es calentada resultando en

una salchicha crujiente por fuera dando la sensación de firmeza, como lo menciona Adeola et al. (2024) indicando que conforme se aumenta la temperatura al momento de cocinar la salchicha, se incrementa la transferencia de calor teniendo como consecuencia el endurecimiento de la superficie. Esta costra actúa a su vez como barrera y mantiene al producto húmedo por dentro.

Comprobando lo anteriormente mencionado, la salchicha caliente se calificó como «Jugosa», mientras la fría obtuvo el mayor conteo en «Adecuado». Por último, en cuanto al sabor, ambas muestras se encuentran mayormente posicionadas en «Intermedio».

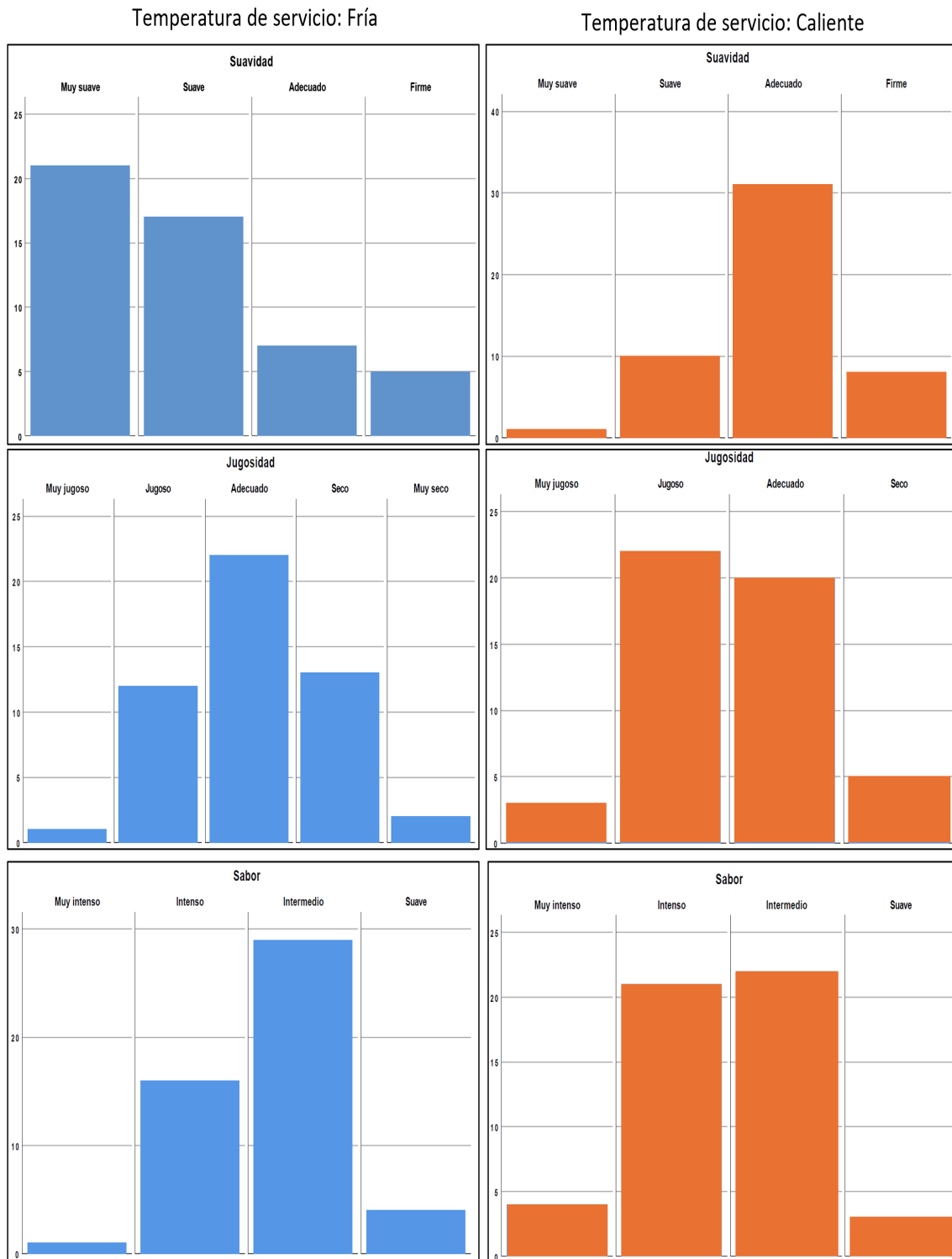


Figura 5.8. Histograma de frecuencia de la salchicha control a temperatura de servicio fría y caliente evaluando suavidad, jugosidad y sabor.

Fuente: Elaboración propia.

Referente a la salchicha con el sustituto de grasa M5, señalando los resultados en la Figura 5.9, se aprecia que en el atributo de suavidad, la salchicha fría fue calificada como «Suave», mientras que la cocinada mostró una percepción opuesta, clasificándose como «Firme». Relacionado con esto, debido a la ausencia de grasa, al momento del cocinado estas salchichas pierden humedad en la superficie, fomentando la formación de una estructura compacta, como lo señala Adeola et al. (2024). Se hace resaltar que ambas salchichas, muestras frías y calientes, fueron calificadas mayormente como «Secas» en lo referente a jugosidad, característica que se relaciona con la firmeza, recordando que la salchicha con este sustituto fue la más firme en el análisis del TPA. Finalmente, en la propiedad de «Sabor», ambas son catalogadas en la escala «Intermedio».

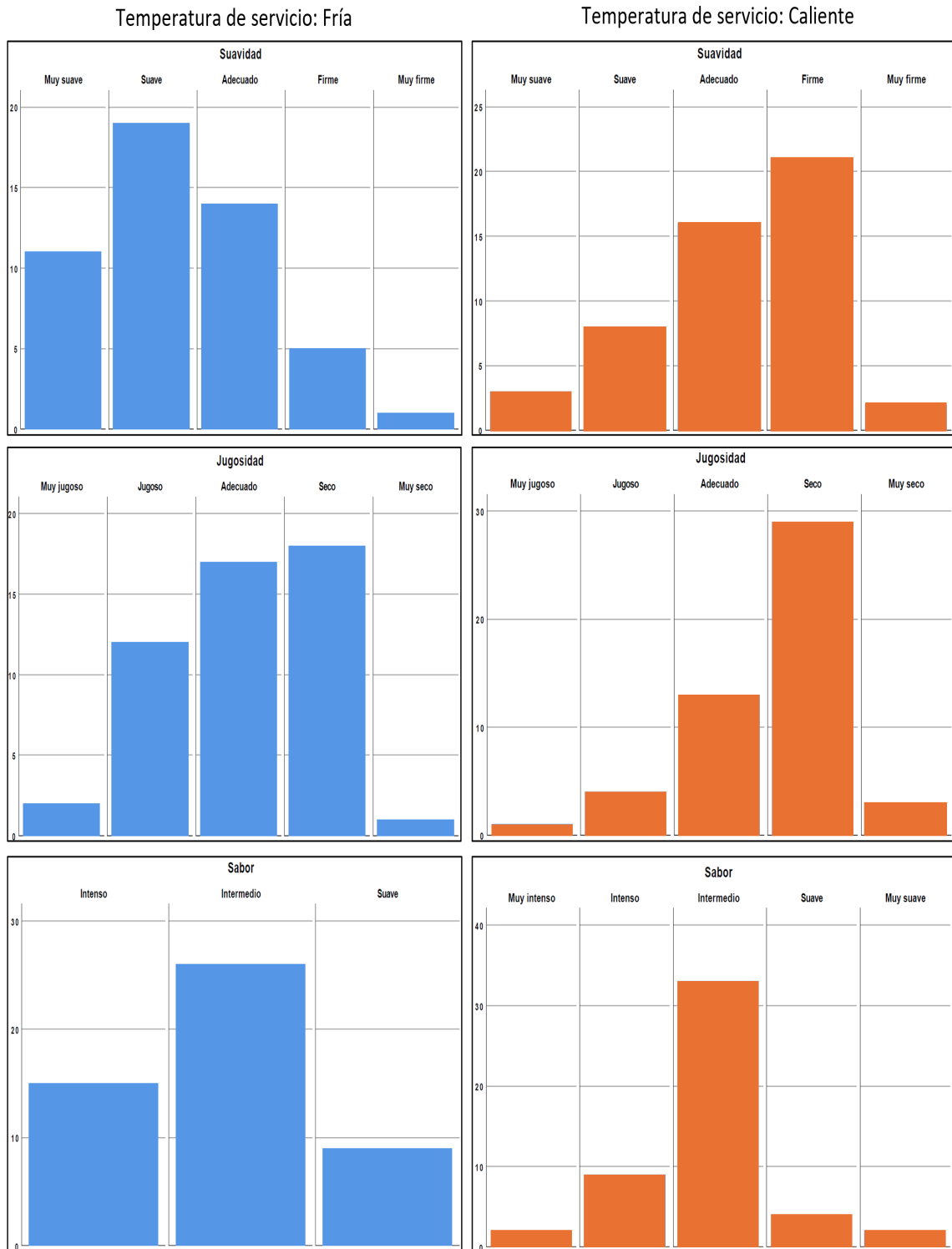


Figura 5.9. Histograma de frecuencia de la salchicha M5 a temperatura de servicio fría y caliente evaluando suavidad, jugosidad y sabor.

Fuente: Elaboración propia.

Por último, se tiene el análisis de las salchichas que contienen al sustituto M6, expuesto en la Figura 5.10. El comportamiento en la cualidad de «Suavidad», indica que la salchicha a una temperatura de servicio fría, fue calificada mayormente como «suave», a diferencia de la caliente, la cual cae en la categoría de adecuado, al igual que la salchicha control; sin embargo, en lo referente a jugosidad, ambas muestras caen en la categoría de adecuado, aunque en la salchicha caliente, la diferencia con respecto a la valoración de «seco» no es considerable, lo cual puede deberse a lo que menciona Ayandipe et al. (2020), señalando que el contenido y uso de ingredientes no cárnicos, como proteínas adicionadas, fibras o almidones gelificantes, tienen relación directa con la firmeza, y a su vez, influye directamente en la masticabilidad del alimento, pudiendo dar la sensación de un producto seco. La evaluación con respecto al «sabor» se repite, como en las 2 anteriores.

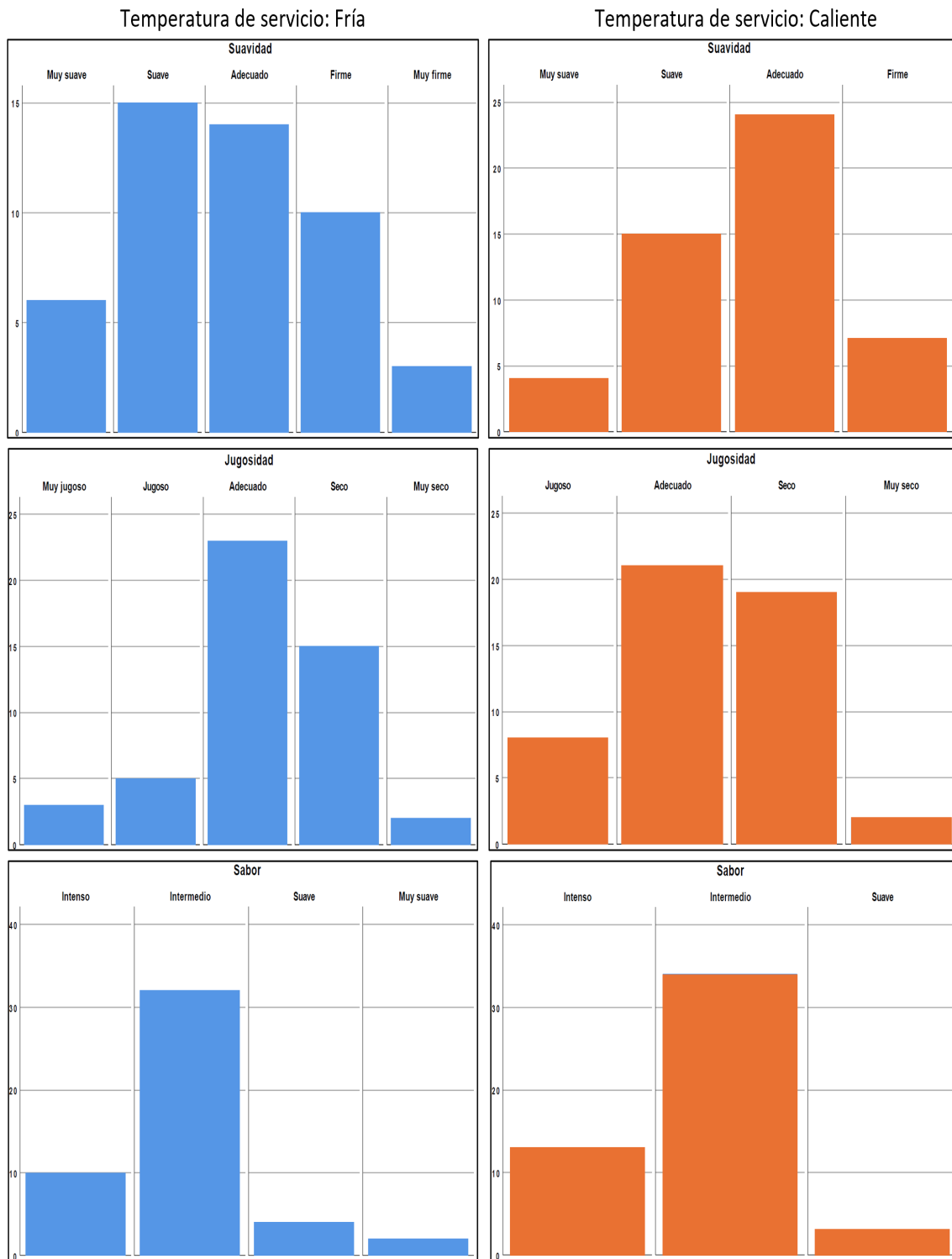


Figura 5.10. Histograma de frecuencia de la salchicha M6 a temperatura de servicio fría y caliente evaluando suavidad, jugosidad y sabor.

Fuente: Elaboración propia.

5.5.6. Caracterización nutrimental

Una vez elaborado el análisis sensorial, se realizó una comparación de la información nutrimental básica de cada salchicha aplicada y, de acuerdo a la NOM-086-SSA1-1994 (1994), indicar en que categoría están ubicadas. Para este propósito se utilizó la información de Muñoz (2014) para la caña de lomo de cerdo y la grasa de cerdo, así como los datos mencionados en las fichas técnicas de los aditivos y los elementos que componen a cada sustituto, describiéndolo en la siguiente Tabla 5.11.

Tabla 5.11. Comparación de los componentes nutricionales de las salchichas seleccionadas por porción de 100 g.

	Control	M5	M6
Contenido energético (kcal)	278	83	82
Proteína (g)	12.6	15.3	15.1
Grasas totales (g)	23.5	0.76	0.76
Grasas saturadas (g)	8.61	0.34	0.34
Carbohidratos (g)	3	3.2	3.1
Fibra (g)	0	1	2
Sodio (mg)	706	706	706

De acuerdo con la información descrita anteriormente, la salchicha con el sustituto M5 y M6 se considera como «producto bajo en grasa», por tener un contenido de grasa menor o igual a 3 g/50 g de producto, y «reducido en grasa», ya que la cantidad de grasa es 25 % menor en relación al contenido de grasa del alimento original, es decir, la salchicha control.

Asimismo, las salchichas que poseen los sustitutos también están categorizados como «producto bajo en grasa saturada», ya que su contenido es menor a 1 g/100 g producto y menos del 10 % de energía proviene de la grasa saturada; y también

como «producto reducido en grasa saturada» ya que tiene 25 % menos en relación al contenido de grasa saturada del producto original.

Finalmente, relacionado con el contenido calórico, un producto bajo en calorías es aquel que posee 40 cal/50 g de producto y, estrictamente, 50 g de salchicha con el sustituto M5 y M6 poseen 41.5 y 41 calorías respectivamente; sin embargo, si tienen la característica de ser salchichas «reducidas en calorías», por tener más del 25 % de reducción de calorías a comparación de la salchicha control.

6. Conclusiones

El diseño y aplicación de un sustituto de grasa para reemplazar totalmente la grasa añadida en una salchicha cocida elaborado a partir de un hidrocoloide, fibra y proteína de suero de leche fue exitosamente realizado obteniendo un embutido cocido que cumple con las características que definen a una salchicha cocida, siendo catalogado como un producto bajo en grasa. La técnica y formulación desarrollada para la salchicha control, se mantuvo sin cambios al aplicar los reemplazos de grasa, siendo un proceso estandarizado para obtener una salchicha cocida con o sin grasa, lo cual se puede considerar como un beneficio si se quiere escalar el procedimiento. La selección de las formulaciones del sustituto de grasa obtenidas a partir de la región factible fueron apropiadas, tomando en cuenta adecuadamente los elementos y las proporciones que conformaron cada sustituto, resultando en 2 salchichas con diferencias en textura, sensorialmente detectable, confirmado por el TPA que una de ellas si posee similitudes en dureza y masticabilidad comparándola con la formulación que posee grasa de cerdo.

El comportamiento de pH en las emulsiones con los sustitutos, podría proponer un proceso de elaboración más corto para las salchichas que tienen el reemplazo de grasa, reduciendo tiempo y recursos durante el procesamiento debido a la rápida solubilización de las proteínas; mencionando también que la aplicación del sustituto, debido a su alto nivel de pH inicial, favorece a mantener esta propiedad en un rango apropiado.

Los resultados del análisis sensorial con respecto a textura, apariencia, sabor y

aceptabilidad general mostraron que la salchicha M5 fue mejor valorada que la salchicha control pero a una temperatura de servicio fría, lo cual es una cualidad muy destacable del sustituto diseñado. Por otro lado, a una temperatura de servicio caliente, la salchicha con grasa añadida fue preferida por los panelistas participantes, confirmando los beneficios de usar grasa adicionada.

Finalmente se concluye que la elaboración de una salchicha con una mínima cantidad de grasa puede llevarse a cabo, la interacción entre los componentes que conforman el sustituto y los elementos de la emulsión cárnica y aditivos utilizados se comportan de una manera óptima a pesar de la ausencia de material graso, y se confirma que a una temperatura fría de consumo, se prefiere. Asimismo, la salchicha M5 y M6 poseen un alto contenido en fibra y mayor cantidad de proteína a comparación de las 27 salchichas comerciales que se registraron para elaborar la base de datos. Por otro lado, se podrían desarrollar mejoras para que este reemplazo se comporte de una manera más apropiada a una temperatura de servicio caliente, buscando que imite las cualidades que hicieron que los panelistas seleccionaran la salchicha con grasa en esta categoría; de igual forma, se podría ampliar la selección de puntos en el área factible y así tener suficientes datos para generar un modelo que relacione profundamente la proporción de la fibra, la proteína e hidrocoloide con la dureza y masticabilidad, volviendo a confirmar la aceptabilidad con un análisis sensorial.

Bibliografía

- Adeola, A., Philip, S., Adesola, A.-R., Adegoke, B., and Tolulope, O. (2024). Response surface methodology for the optimization of process parameters during hot-airfrying of chicken sausages incorporated with cornbran. *Royal Society of Chemistry*.
- Alejandre, M., Poyato, C., Ansorena, D., and Asitiasarán, I. (2016). Linseed oil gelled emulsion: a successful fat replacer in dry fermented sausages. *Meat Science*.
- Asyrul-Izhar, A. B., Bakar, J., Sazili, A. Q., Meng, G. Y., and Ismail-Fitry, M. R. (2022). Incorporation of different physical forms of fat replacers in the production of low-fat /reduced-fat meat products: Which is more practical? *Food Reviews International*.
- Ayadi, M., Kechaou, A., Makni, I., and Attia, H. (2009). Influence of carrageenan addition on turkey meat sausages properties. *Journal of Food Engineering*.
- Ayandipe, D., Adebowale, A., Obadina, O., Sanwo, K., Kosoko, S., and Omohimi, C. (2020). Optimization of high-quality cassava and coconut composite flour combination as filler in chicken sausages. *Journal of Culinary Science and Technology*, 20:1–32.
- Badui, D. S. (2006). *Química de alimentos*. Pearson.
- Belorio, M. and Gómez, M. (2022). Psyllium: a useful functional ingredient in food systems. *Food Science and Nutrition*.
- Bernal, V. and Jelen, P. (1985). Thermal stability of whey proteins: a calorimetric study. *Journal of Dairy Science*, 68(11):2847–2852.

- Cao, C., Feng, Y., Kong, B., Xia, X., Liu, M., Chen, J., Zhang, F., and Liu, Q. (2021). Textural and gel properties of frankfurters as influenced by various k-carrageenan incorporation methods. *Meat Science*.
- Castro-López, R., Mba, O., Gómez-Salazar, J., Cerón-García, A., Ngadi, M., and Sosa-Morales, M. (2023). Evaluation of chicken nuggets during air frying and deep-fat frying at different temperatures. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 31.
- Çelebi, U. and Erge, A. (2024). An approach to produce healthier meat products: effect of k-carrageenan and inulin on quality characteristics of bologna-type chicken sausages. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 36.
- Choi, Y.-S., Choi, J.-H., Ham, D.-J., Kim, H.-Y., Lee, M.-A., Kim, H.-W., Lee, J.-W., Chung, H.-J., and Kim, C.-J. (2010). Optimization of replacing pork back fat with grape seed oil and rice bran fiber for reduced-fat meat emulsion systems. *Meat Science*, 84:212–218.
- Colmenero, F. and Santaolalla, J. (1999). *Principios básicos de la elaboración de embutidos*. Rivadeneyra.
- Cornell, J. (2002). *Experiments with Mixtures*. Wiley-Interscience.
- Cortés, C. (2023). *Modificando la textura de los alimentos*. D'Az de Santos.
- Domínguez, R., Lorenzo, J. M., Pateiro, M., Munekata, P. E., Santos, B., Pinton, M., Cichoski, A., and Campagnol, P. (2022). Main animal fat replacers for the manufacture of healthy processed meat products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*.

- Domínguez, R., Munekata, P., Parteiro, M., López-Fernández, O., and Lorenzo, J. (2020). Immobilization of oils using hydrogels as strategy to replace animal fats and improve the healthiness of meat products. *Food Science*.
- Drake, M., Watson, M., and Liu, Y. (2023). Sensory analysis and consumer preference: Best practices. *Annual Review of Food Science and Technology*, 14:427–448.
- Durand, P. (2022). *Tecnología de los productos de charcutería y salazones*. Acribia.
- Feiner, G. (2006). *Meat products handbook*. Woodhead.
- Fontes-Candia, C., Martínez-Sanz, M., Gómez-Cortés, P., Calvo, M., Verdú, S., Grau, R., and López-Rubio, A. (2023). Polysaccharide-based emulsion gels as fat replacers in frankfurter sausages: physicochemical, nutritional and sensorial evaluation. *LWT*, 180.
- Frey, W. (1998). *Fabricación fiable de embutidos*. Acribia.
- García, M., C, E., and M.D, S. (2007). Utilization of fruit fibres in conventional and reduce-fat cooked-meat sausages. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87:624–631.
- García-García, E. and Totosaus, A. (2007). Low-fat sodium-reduced sausages: Effect of the interaction between locust bean gum, potato starch and k-carrageenan by a mixture design approach. *Meat Science*.
- Geng, X., Zhao, Y., Zhao, N., Zhu, Q., and Zhang, M. (2023). Quality characteristics and gastrointestinal fate of low fat emulsified sausage formulated with konjac glucomannan-oat beta-glucan composite hydrogel. *International Journal of*

Biological Macromolecules.

- Grasso, S., Rondoni, A., Bari, R., Smith, R., and Mansilla, N. (2021). Effect of information on consumers's sensory evaluation of beef, plant-based and hybrid beef burgers. *Food Quality and Preference*.
- Guil, B. (2006). Escala mixta likert-thurstone. *Revista Andaluza de Ciencias Sociales*, 5:81–95.
- Guo, R., Xiong, J., Li, P., Ma, C., Zhao, X., Cai, W., Kong, Y., and Huang, Q. (2024). Emulsified sausages with yeast protein as an animal fat replacer: Effects on nutritional composition, spatial structure, gel performance, and sensory quality. *Meat Science*.
- Hoogenkamp, H. (2001). *Soy protein and meat formulations*. Dupont.
- Huang, Z., Ding, M., Xie, Y., Chen, B., Zhao, D., and Li, C. (2024). Kappa-carrageenan in a pork-based high-fat diet inhibited lipid bioavailability through interactions with pork protein. *International Journal of Biological Macromolecules*.
- Jayakody, M. M., Kaushani, K., Vanniarachchy, M. P. G., and Wijesekara, I. (2023). Hydrocolloid and water soluble polymers used in the food industry and their functional properties: a review. *Polymer Bulletin*, 80(3585):3610.
- Kemp, S., Hollowood, T., and Hort, J. (2009). *Sensory Evaluation - A Practical Handbook*. Wiley-Blackwell.
- Knipe, C. (2014). Types of cooked sausages. *Encyclopedia of Meat Sciences*, pages 241–247.
- Kumar, Y. (2021). Development of low-fat/reduced-fat processed meat products

- using fat replacers and analogues. *Food Reviews International*, 37(3):296–312.
- Kwon, H., Shin, D., Yune, J., Jeong, C., and Han, S. (2021). Evaluation of gels formulated with whey proteins and sodium dodecyl sulfate as a fat replacer in low fat sausage. *Food Chemistry*.
- Lawless, H. and Heymann, H. (2010). *Sensory Evaluation of Food*. Springer.
- Li, C., Xie, W., Liu, J., and andd J. Shao, M. Z. (2023). Pickering emulsion stabilized by modified pea protein-chitosan composite particles as a new fat substitute improves the quality of pork sausages. *Meat Science*, 197.
- Li, X.-L., Meng, R., Zhang, B.-C., Cui, B., and Wu, Z.-Z. (2022). Function emulsion gels prepared with carrageenan and zein/carboxymethyldextrin stabilized emulsion as a new fat replacer in sausages. *Food Chemistry*, 389.
- Lupano, C. (2013). *Modificaciones de componentes de los alimentos: Cambios químicos y bioquímicos por procesamiento y almacenamiento*. Universidad Nacional de la Plata.
- Moakes, R., Sullo, A., and Norton, I. (2015). Preparation and characterisation of whey protein fluid gels:the effects of shear and thermal history. *Food Hydrocolloids*, 45:227–235.
- Munoz, A. (2002). Sensory evaluation in quality control: an overview, new developments and future opportunities. *Food Quality and Preference*, 13:329–339.
- Munoz, A., Civille, G., and Carr, B. (1992). *Sensory Evaluation in Quality Control*. VNR Springer Sciencie.
- Munoz, M. (2014). *Tablas de uso práctico de los alimentos de mayor consumo*.

McGrawHill.

- Nasonova, V. and Tunieva, E. (2019). A comparative study of fat replacers in cooked sausages. *International Meat Industry Conference*.
- NMX-F-065-1984 (1984). Alimentos-salchichas-especificaciones. *Secretaría de patrimonio y fomento industrial*.
- NOM-086-SSA1-1994 (1994). Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. especificaciones nutrimentales. *Diario Oficial de la Federación*.
- NOM-213-SSA1-2018 (2018). Productos y servicios. productos cárnicos procesados y los establecimientos dedicados a su proceso. disposiciones y especificaciones sanitarias. métodos de prueba. *Diario Oficial de la Federación*.
- Olagnero, G., Abad, A., Bendersky, S., Genevois, S., Granzella, L., and Montonati, M. (2007). Alimentos funcionales: fibra, prebióticos, probióticos y simbióticos. *Diaeta*, 25:20–33.
- Ozturk-Kerimoglu, B., Urgu-Ozturk, M., Serdaroglu, M., and Koca, N. (2022). Chemical, technological, instrumental, microstructural, oxidative and sensory properties of emulsified sausages formulated with microparticulated whey protein to substitute animal fat. *Meat Science*, 184.
- Paglarini, C., V.A.S, V., Martini, S., Cunha, R., and Pollonio, M. (2022). Protein-based hydrogelled emulsions and their application as fat replacers in meat products: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(3):640–655.
- Petracci, M., Bianchi, M., Mudalal, S., and Cavani, C. (2013). Functional ingredients




- for poultry meat products. *Trends in Food Science Technology*, 33:27–39.
- Pirsa, S. and Hafezi, K. (2023). Hydrocolloids: Structure, preparation method, and application in food industry. *Food Chemistry*.
- Pla, E. (1986). *Análisis Multivariado: Método de componentes principales*. Departamento de asuntos científicos y tecnológicos de la secretaría general de la organización de los Estados Americanos.
- Probola, G. and Zander, L. (2007). Application of pca method for characterisation of textural properties of selected ready-to-eat meat products. *Journal of food engineering*.
- Protte, K., Balinger, F., Weiss, J., Loffler, R., and Nobel, S. (2019). Establishing the biopolymer ratio of whey protein - pectin complexes before and after thermal stabilisation. *Food Hydrocolloids*, 89:554–562.
- Ramírez, E., López, R., Borbón, M., and Mandujano, H. (2015). Aplicación del diseño por mezclas en la industria alimentaria. *Ingeniería Industrial*.
- Ramírez-Camargo, E., Marulanda, A., and Orrego, J. (2016). Desarrollo de una mezcla de fibras y almidones como reemplazante de grasa para productos de pasta fina tipo salchicha. *Información tecnológica*, 27:41–52.
- Ranken, M. (2000). *Handbook of meat product technology*. Blackwell.
- Rather, S., Masoodi, D., Akhter, R., Rather, J., and Amin, F. (2016). Effects of guar gum as a fat substitute in low fat meat emulsions. *Journal of Food Processing and Preservation*.
- Rodríguez, E. and Sandoval, A. (2003). Hidrocoloides naturales de origen vegetal. investigaciones recientes y aplicaciones en la industria de alimentos. *Tecnura*,




7:4–13.





- Salazar-Duque, D. (2019). Aplicabilidad de cuestionarios aplicados a pruebas sensoriales gastronómicas orientados al producto y al consumidor. *INNOVA Research Journal*, 4(3):116–130.
- Sánchez-Alonso, I., Haji-Maleki, R., and Borderias, A. (2005). Wheat fiber as a functional ingredient in restructured fish products. *Food Chemistry*, 100:1037–1043.
- Schmidt, M., Dornelles, R., Vidal, A., Fontoura, A., Kubota, E., Mello, R., Kempka, A., and Demiate, I. (2017). Development of cooked and smoked chicken sausage with reduced sodium and fat. *Poultry Science*, 26:130–144.
- Silva-Vazquez, R., Flores-Giron, E., Quintero-Ramos, A., Hume, M., and Mendez-Zamora, G. (2018). Effect of inulin and pectin on physicochemical characteristics and emulsion stability of meatbatters. *CyTA-Journal of Food*, 16(1):306–310.
- Stone, H. and Sidel, J. (2004). *Sensory Evaluation Practices*. Elsevier Academic Press.
- Sun, X. (2009). Utilization of restructuring technology in the production of meat products: a review. *Journal of Food*, 7:153–162.
- Téllez-Morales, J., Rodríguez-Miranda, J., and Aguilar-Garay, R. (2024). Review of the influence of hot air frying on food quality. *Measurement: Food*, 14.
- Thangavelu, K., Tiwari, B., Kerry, J., McDonnell, C., and Álvarez, C. (2022). Phosphate replacing potential of apple pomace and coffee silver skin in Irish breakfast sausage using a mixture design approach. *Meat Science*.



- Toldrá, F. (2014). *Handbook of meat processing*. Wiley-Blackwell.
- Ulu, H. (2004). Effects of carrageenan and guar gum on the cooking and textural properties of low fat meatballs. *Food Chemistry*, 95:600–605.
- Vainionpää, J., Smolander, M., Alakomi, H., Ritvanen, T., Rajamäki, T., Rokka, M., and Ahvenainen, R. (2004). Comparison of different analytical methods in the monitoring of the quality of modified atmosphere packaged broiler chicken cuts using principal component analysis. *Journal of food engineering*.
- Verma, A. K. and Banerjee, R. (2010). Dietary fibre as functional ingredient in meat products: a novel approach for healthy living - a review. *Food Sci Technol*, 47:247–257.
- Villarreal, L., Alvarez, J., and Maldonado, D. (2003). Aplicación del análisis de componentes principales en el desarrollo de productos. *Acta Nova*, 2:399–408.
- Visier, A. (1980). *Industria de la carne - Salazones y chacinería*. Aedos.
- Yashini, M., Sunil, C., Sahana, S., Hemanth, S., Chidanand, D., and Rawson, A. (2021). Protein-based fat replacers - a review of recent advances. *Food Reviews International*, 37:197–223.
- Zakaria, N. and Sarbon, N. (2018). Physicochemical properties and oxidative stability of fish emulsion sausages influenced by snakehead (*channa striata*) protein hydrolysate. *LWT - Food Science and Technology*, 94:13–19.
- Zhang, Z., Xun, X., Herman, R., Zhang, Z., Yan, C., Gong, L., and Wang, J. (2024). Mulberry (*morus alba* l.) leaf powder modified the processing of meat alternatives: Principal component analysis from apparent properties to chemical bonds. *Food Chemistry*.

Anexos

  	
=FICHA TÉCNICA DEL PRODUCTO=	
CODIGO: FO-003	DESCRIPCION: FOSJAM 200
Fecha emision: 2017-05-23	Fecha revision: 2020-08-05
Version: 2 Activa	
DESCRIPCION DEL PRODUCTO	
<p>Mezcla de fosfatos diseñada para productos cárnicos. Funciona como: amortiguador de pH, emulsionante, proporciona alcalinidad, coagulante, agente de dispersión, modificador de proteínas, antioxidante, agente de curado, potenciador del sabor, humectante, estabilizador, reduce la pérdida de humedad durante la descongelación y la cocción.</p>	
NIVEL DE USO	
<p>Para productos cárnicos no puede ser aplicado a una dosis mayor del 0.31% en base al producto final, de acuerdo con la norma NOM-213.</p>	
INGREDIENTES:	
<p>Tripolifosfato de sodio, pirofosfato de sodio, metafosfato de sodio, pirofosfato ácido</p>	
CONSUMIDORES VULNERABLES	
<p>Almacenado, manufacturado y distribuido en instalaciones y transportes que procesan y entregan productos alérgenos como: soya, leche, trigo y sensitivos como apio, mostaza, amarillo #5 y sulfitos.</p>	
CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO	
<p>Mantener en lugar fresco, protegido de la humedad, luz directa y exposición directa al exterior. Los productos por ser de características higroscópicas, puede presentar apelmazamiento, y/o compactación generada por presión física, consecuencia de su forma de almacenamiento y/o por estar expuesto a temperaturas extremas.</p>	
VIDA DE ANAQUEL	
<p>Máximo 360 días bajo observación estricta a las condiciones de almacenamiento cuando el producto se conserve en su empaque original. El producto una vez abierto se sugiere el empleo total del mismo, caso contrario su condición de control y almacenaje es rigurosamente más extremo. Fabpsa garantiza la funcionalidad del producto, si este se emplea bajo las condiciones sugeridas. Fabpsa no podrá generar o extender ninguna adición sobre la vida de anaquel, cuando el producto se encuentre en la instalación del cliente, por no tener control sobre las condiciones de almacenaje y trato del producto.</p>	
	EMPAQUE
	<p>Saco de papel kraft con 25 Kg.</p>
	METODO DE DISTRIBUCION
	<p>En condiciones de temperatura ambiente, limpio, caja seca cerrada.</p> <p><i>El comprador deberá ajustarse a la reglamentación vigente en el país de uso del producto para no infringir ninguna ley, patente o norma legal, debe de asegurarse del correcto uso de los productos FABPSA y realizar sus propias pruebas con el fin de validar su funcionalidad de su producto terminado.</i></p>
FAMILIA	TIPO
NO ALERGENO	NO ALERGENO
PARAMETRO	ESPECIFICACION

	EL COMPLEMENTO — DE TODO BUEN — <i>alimento</i>	
=FICHA DE APLICACION=		
CODIGO: SL-008D	DESCRIPCION: SAL FABPSA FD-170 D	
Fecha emision: 2019-09-19	Fecha revision: 2020-08-05	Version: 2 Activa
DESCRIPCION DEL PRODUCTO		
Mezcla de sal con nitrito de sodio; que tiene como función desarrollar el color rojo característico de los embutidos. Los nitritos reaccionan con la mioglobina de la carne formando nitrosimioglobina pigmento típico de las carnes curadas; además de actuar como inhibidor del crecimiento de Clostridium botulinum y contribuir sabor característico de estos productos. Metales pesados 10 ppm máx.		
NIVEL DE USO		
Puede utilizarse del 0.2 □ 0.3% en base al producto total.		
INGREDIENTES:		
Sal, Nitrito de sodio, Silicato de calcio, Dioxido de silicio		
CONSUMIDORES VULNERABLES		
Enfermos crónicos o con sistema inmune debilitado (alérgenos) Almacenado, manufacturado y distribuido en instalaciones y transportes que procesan y entregan productos alérgenos como: soya, leche, trigo y sensitivos como apio, mostaza, amarillo #5 y sulfitos.		
CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO		
Mantener en lugar fresco, protegido de la humedad, luz directa y exposición directa al exterior. Los productos por ser de características higroscópicas, puede presentar apelmazamiento, y/o compactación generada por presión física, consecuencia de su forma de almacenamiento y/o por estar expuesto a temperaturas extremas.		
VIDA DE ANAQUEL		
180 días bajo observación estricta a las condiciones de almacenamiento cuando el producto se conserve en su empaque original. El producto una vez abierto se sugiere el empleo total del mismo, caso contrario su condición de control y almacenaje es rigurosamente más extremo. Fabpsa garantiza la funcionalidad del producto, si este se emplea bajo las condiciones sugeridas. Fabpsa no podrá generar o extender ninguna adición sobre la vida de anaquel, cuando el producto se encuentre en la instalación del cliente, por no tener control sobre las condiciones de almacenaje y trato del producto.		
	EMPAQUE	
	Saco de papel kraft y bolsa interna de polietileno con 10 Kg	
	METODO DE DISTRIBUCION	
	En condiciones de temperatura ambiente, limpio, caja seca cerrada.	
	<small>El comprador deberá ajustarse a la reglamentación vigente en el país de uso del producto para no infringir ninguna ley, patente o norma legal, debe de asegurarse del correcto uso de los productos FABPSA y realizar sus propias pruebas con el fin de validar su funcionalidad de su producto terminado.</small>	
NO ALERGENO		
NO ALERGENO		

  	
=FICHA TÉCNICA DEL PRODUCTO=	
CODIGO: CN-004	DESCRIPCION: CONSERVADOR BS P Y G
Fecha emision: 2017-04-28	Fecha revision: 2020-08-05
Version: 2 Activa	
DESCRIPCION DEL PRODUCTO	
Combinación de conservadores(Benzoato de sodio, Sorbato de potasio,Parabenos) diseñada para actuar contra bacterias, levaduras y hongos. Su acción antimicrobiana se debe a la inhibición de diversas enzimas en la célula microbiana a nivel de pared celular, su acción está ligada al pH. Esta formulación garantiza la preservación de alimentos grasos, productos lácteos, productos cármicos, mariscos, frutas, bebidas, entre otros. Pais de fabricacion Mexico	
NIVEL DE USO	
Puede utilizarse máximo 0.1 % en base al producto total. Toda aplicación deberá de ser validada en planta por el cliente.	
INGREDIENTES:	
Benzoato de sodio, sorbato de potasio, p-hidroxibenzoato de metilo., p-hidroxibenzoato de propilo	
CONSUMIDORES VULNERABLES	
Almacenado, manufacturado y distribuido en instalaciones y transportes que procesan y entregan productos alérgenos como: soya, leche, trigo y sensitivos como apio, mostaza, amarillo #5 y sulfitos.	
CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO	
Mantener en lugar fresco, protegido de la humedad, luz directa y exposición directa al exterior. Los productos por ser de características higroscópicas, puede presentar apelmazamiento, y/o compactación generada por presión física, consecuencia de su forma de almacenamiento y/o por estar expuesto a temperaturas extremas.	
VIDA DE ANAQUEL	
Máximo 12 meses bajo observación estricta a las condiciones de almacenamiento cuando el producto se conserve en su empaque original. El producto una vez abierto se sugiere el empleo total del mismo, caso contrario su condición de control y almacenaje es rigurosamente más extremo. Fabpsa garantiza la funcionalidad del producto, si este se emplea bajo las condiciones sugeridas. Fabpsa no podrá generar o extender ninguna adición sobre la vida de anaquel, cuando el producto se encuentre en la instalación del cliente, por no tener control sobre las condiciones de almacenaje y trato del producto.	
	EMPAQUE
	Saco de papel kraft con 25 kg.
	METODO DE DISTRIBUCION
	En condiciones de temperatura ambiente, limpio, caja seca cerrada. <small>El comprador deberá ajustarse a la reglamentación vigente en el país de uso del producto para no infringir ninguna ley, patente o norma legal, debe de asegurarse del correcto uso de los productos FABPSA y realizar sus propias pruebas con el fin de validar su funcionalidad de su producto terminado.</small>
FAMILIA	TIPO
NO ALERGENO	NO ALERGENO

  	
=FICHA TÉCNICA DEL PRODUCTO=	
CODIGO: FABPAN-004	DESCRIPCION: ERITORBATO DE SODIO (TY)
Fecha emision: 2019-12-02	Fecha revision: 2020-08-05
Version: 2 Activa	
DESCRIPCION DEL PRODUCTO	
<p>Sustancia que actúa como antioxidante en los alimentos ya que retarda la oxidación y enranciamiento de las grasas principalmente en aquellos que contengan en mayor proporción. Se obtiene químicamente a partir del tolueno, País de origen China * Copia fiel del certificado original.</p>	
NIVEL DE USO	
<p>0.075 - 0.10 % con base al producto final. Para fines de comparación en la funcionalidad del eritorbato de sodio con el ascorbato de sodio, se da la siguiente relación para establecer una actividad antioxidante análoga: 1 parte de ácido eritórbico = 1.</p>	
CONSUMIDORES VULNERABLES	
<p>Almacenado, manufacturado y distribuido en instalaciones y transportes que procesan y entregan productos alérgenos como: soya, leche, trigo y sensitivos como apio, mostaza, amarillo #5 y sulfitos.</p>	
CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO	
<p>Mantener en lugar fresco, protegido de la humedad, luz directa y exposición directa al exterior. Los productos por ser de características higroscópicas, puede presentar apelmazamiento, y/o compactación generada por presión física, consecuencia de su forma de almacenamiento y/o por estar expuesto a temperaturas extremas.</p>	
VIDA DE ANAQUEL	
<p>24 meses bajo observación estricta a las condiciones de almacenamiento cuando el producto se conserve en su empaque original. El producto una vez abierto se sugiere el empleo total del mismo, caso contrario su condición de control y almacenaje es rigurosamente más extremo. Fabpsa garantiza la funcionalidad del producto, si este se emplea bajo las condiciones sugeridas. Fabpsa no podrá generar o extender ninguna adición sobre la vida de anaquel, cuando el producto se encuentre en la instalación del cliente, por no tener control sobre las condiciones de almacenaje y trato del producto.</p>	
	EMPAQUE
	<p>Caja de cartón (Dimensiones: 40.5cm x29 cm x 25.5 cm) y empaque interno bolsa de polietileno de 25 kg</p>
	METODO DE DISTRIBUCION
	<p>En condiciones de temperatura ambiente, limpio, caja seca cerrada.</p> <p><i>El comprador deberá ajustarse a la reglamentación vigente en el país de uso del producto para no infringir ninguna ley, patente o norma legal, debe de asegurarse del correcto uso de los productos FABPSA y realizar sus propias pruebas con el fin de validar su funcionalidad de su producto terminado.</i></p>
FAMILIA	TIPO
NO ALERGENO	NO ALERGENO



=FICHA DE APLICACION=

CODIGO: FABP1-021

DESCRIPCION: SANACEL W200

Fecha emision: 2021-11-18

Fecha revision:

Version: 2 Activa

DESCRIPCION DEL PRODUCTO

Es una fibra insoluble concentrada, obtenida a partir de la planta de trigo y purificada por un proceso especial. Forma un sistema fibroso tridimensional, características tixotrópicas, efecto espesante, estable, inerte, sabor y olor neutro. Por sus propiedades es excelente para el proceso de productos cármicos, que evita la pérdida de humedad en los productos cármicos cuando se empieza a presentar la retrogradación de los almidones. Se declara como fibra de trigo o fibra de la planta del trigo. Contenido de fibra 96 % aprox. Capacidad de retención de agua 7.5 g agua/g. Absorción de aceite 5.5g aceite/g, longitud de fibra 250 µm.

Origen Alemania

*Copia fiel del certificado original.

NIVEL DE USO

Jamones y emulsiones 1-2% en base al producto total.

Salchichas 0.5-2% en base al producto total. También puede ser usado en pan, pasteles, pasta y en productos horneados

Toda aplicación deberá de ser validada en planta por el cliente.

CONSUMIDORES VULNERABLES

Enfermos crónicos o con sistema inmune debilitado (alérgenos)

Almacenado, manufacturado y distribuido en instalaciones y transportes que procesan y entregan productos alérgenos como: soya, leche, trigo y sensitivos como apio, mostaza, amarillo #5 y sulfitos.

CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

Mantener en lugar fresco, protegido de la humedad, luz directa y exposición directa al exterior.

VIDA DE ANAQUEL

Máximo 5 años, bajo observación estricta a las condiciones de almacenamiento cuando el producto se conserve en su empaque original. El producto una vez abierto se sugiere el empleo total del mismo, caso contrario su condición de control y almacenaje es rigurosamente más extremo. Fabpsa garantiza la funcionalidad del producto, si este se emplea bajo las condiciones sugeridas. Fabpsa no podrá generar o extender ninguna adición sobre la vida de anaquel, cuando el producto se encuentre en la instalación del cliente, por no tener control sobre las condiciones de almacenaje y trato del producto.



EMPAQUE

Saco de papel kraft con 10 kg.

METODO DE DISTRIBUCION

En condiciones de temperatura ambiente, limpio, caja seca cerrada.

El comprador deberá ajustarse a la reglamentación vigente en el país de uso del producto para no infringir ninguna ley, patente o norma legal, debe de asegurarse del correcto uso de los productos FABPSA y realizar sus propias pruebas con el fin de validar su funcionalidad de su producto terminado.



=FICHA TÉCNICA DEL PRODUCTO=

CODIGO: FABP1-292

DESCRIPCION: CARRAGENINA FM 4

Fecha emision: 2019-12-02

Fecha revision: 2020-08-05

Version: 2 Activa

DESCRIPCION DEL PRODUCTO

Es un hidrocoloide natural extraído de algas rojas de la clase Rhodophyceae. La carragenina es un polisacárido de alto peso molecular; ubicada en la pared de las células y en la matriz intercelular del tejido de las algas. Ayuda a mejorar la textura y reducir la sinéresis en todo tipo de productos cárnicos. Es una carragenina semirefinada. Retención de humedad 1:20 en formulaciones.
*Microbiología informativa.

País de origen España

NIVEL DE USO

Puede utilizarse del 0.5 □ 1.5 % en base al producto total. Se recomienda mezclar la carragenina con otros ingredientes secos para facilitar su dispersión en agua.

Aplicable en masajeo de carne e inyección

Toda aplicación deberá de ser validada en planta

CONSUMIDORES VULNERABLES

Almacenado, manufacturado y distribuido en instalaciones y transportes que procesan y entregan productos alérgenos como: soya, leche, trigo y sensitivos como apio, mostaza, amarillo #5 y sulfitos.

CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

Mantener en lugar fresco, protegido de la humedad, luz directa y exposición directa al exterior. Los productos por ser de características higroscópicas, puede presentar apelmazamiento, y/o compactación generada por presión física, consecuencia de su forma de almacenamiento y/o por estar expuesto a temperaturas extremas.

VIDA DE ANAQUEL

Máximo 24 meses bajo observación estricta a las condiciones de almacenamiento cuando el producto se conserve en su empaque original. El producto una vez abierto se sugiere el empleo total del mismo, caso contrario su condición de control y almacenaje es rigurosamente más extremo. Fabpsa garantiza la funcionalidad del producto, si este se emplea bajo las condiciones sugeridas. Fabpsa no podrá generar o extender ninguna adición sobre la vida de anaquel, cuando el producto se encuentre en la instalación del cliente, por no tener control sobre las condiciones de almacenaje y trato del producto.



EMPAQUE

Saco de papel kraft de 25 kg

METODO DE DISTRIBUCION

En condiciones de temperatura ambiente, limpio, caja seca cerrada.

El comprador deberá ajustarse a la reglamentación vigente en el país de uso del producto para no infringir ninguna ley, patente o norma legal, debe de asegurarse del correcto uso de los productos FABPSA y realizar sus propias pruebas con el fin de validar su funcionalidad de su producto terminado.