

UN ACERCAMIENTO AL DISEÑO DE LOS PRODUCTOS CARNICOS BAJOS EN GRASA

PARTE I. PRODUCTOS DE PICADO GRUESO

Luz Miriam Echeverri Palacio¹; Sandra Patricia Rincón Alcalá²;
Jairo Humberto López Vargas³ y Diego Alonso Restrepo Molina⁴

RESUMEN

En esta investigación se presenta la formulación y elaboración de una hamburguesa baja en grasa, utilizando sustitutos de ésta, los cuales además de disminuir el contenido calórico del producto, mantienen propiedades de sabor y textura similares a los alimentos altos en grasa. Mediante ensayos preliminares se estableció una hamburguesa patrón con 20% de grasa. Se probaron nueve reemplazantes, con los cuales se sustituyó el 50% de la grasa del testigo y mediante análisis sensoriales se seleccionaron, colágeno y fibra, como los dos sustitutos que brindaron características más similares a las de la hamburguesa patrón previamente establecida.

Posteriormente se diseñó un modelo experimental en el cual se sustituyó el contenido de grasa en las formulaciones en porcentajes del 25, 50 y 75%, realizando cinco repeticiones por tratamiento, a los cuales se les midieron las siguientes propiedades: Físico-químicas (pH y CRA), Bromatológicas (proteína, grasa y humedad), Sensoriales (sabor, terneza y jugosidad) y Físicas de textura (dureza, cohesividad, adhesividad, resortabilidad, gomosidad y masticabilidad). Con todos los datos obtenidos se realizaron análisis de varianza dentro y entre los tratamientos, correlaciones entre las respuestas de los análisis sensoriales y los de textura y análisis estadísticos mediante la técnica de contornos de respuesta, encontrando con ésta la combinación de sustituto de grasa y porcentaje de reemplazo que más se asemeja al testigo en sus parámetros.

Los jueces en el análisis sensorial encontraron que hamburguesas con 15% de grasa presentaron características de sabor y jugosidad similares a la hamburguesa patrón independientemente del sustituto de grasa empleado; menor aceptación se dio a medida que el porcentaje de grasa descendía a valores cercanos al 5%. Para el atributo terneza, los jueces no percibieron diferencias entre el reemplazante y el porcentaje de reemplazo utilizado en los distintos tratamientos.

El análisis de textura demostró que sustituciones de grasa del 25 al 75% con fibra, presentaron en general atributos texturales semejantes a la hamburguesa testigo con 20% de grasa.

¹ Ingeniera Química, Especialista en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Cárnicos Santana. Carrera 99 No. 47-38, Medellín, Colombia.

² Zootecnista, Especialista en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Cárnicos Santana. Carrera 99 No. 47-38, Medellín, Colombia.

³ Profesor Interfacultades. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. A.A. 14490. Bogotá, Colombia. <alopez@unal.edu.co>

⁴ Profesor Asociado, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. A.A. 1779, Medellín, Colombia. <darestre@unalmed.edu.co>

Recibido: Marzo 19 de 2004; aceptado: Septiembre 3 de 2004.

Se encontraron correlaciones bajas entre las medidas sensoriales y de textura debido a diferencias sustanciales en el tratamiento térmico, tamaño y temperatura, en que las muestras se entregaron para cada análisis.

Palabras claves: productos cárnicos hipocalóricos, sustitutos de grasa, productos cárnicos bajos en grasa, productos cárnicos de pasta gruesa.

ABSTRACT

AN APPROACH TO THE DESIGN OF LOW FAT MEAT PRODUCTS. PART I. COARSE MINCED PRODUCTS

In this study, a formulation and elaboration of a low fat hamburger is presented, using substitutes of this, that besides lowering the caloric content of the product also maintain flavour and texture properties similar to high fat foods. By means of preliminary trials, a standard hamburger with 20% fat was established. Nine replacements with 50% of that fat content of the control were evaluated, and by means of sensorial analysis collagen and fiber were selected as the two substitutes that offered the greatest similarity to the previously established standard hamburger.

Later, an experimental model was designed in which the fat content in the formulations were substituted with percentages of 25, 50 and 75%, conducting five replicas for treatment, in which the following properties were measured: Physical-chemical (pH and CRA), bromatologicals (protein, fat and humidity), sensorial (flavour, softness and juiciness) and physical texture (hardness, coherence, adhesiveness, elasticity, gumminess, and chewability). All of the data obtained were analysed with an Analysis of Variance within and among treatments, correlations among answers to the sensorial analyses and those of texture and statistical analyses by means of the contour answer technique, finding with this the fat substitution and replacement percentage that most resembled the parameters of the standard.

The judges in the sensorial analysis found that hamburgers with 15% fat presented flavour and juiciness characteristics similar to the standard hamburger independent of the fat substitute used; lower acceptance occurred when the fat percentage descended to values near 5%. For the softness attribute, the judges failed to perceive differences among the different substitutes and the substitution percentage used in the different treatments.

Texture analysis demonstrated that fat substitutions of fiber of from 25 to 75% yielded in general textural attributes similar to the standard 20% fat hamburger. Low correlations among the sensorial measures and texture resulted due to substantial differences in the thermal treatment, size and temperatures in which samples were presented in each analysis.

Key words: hypocaloric meat products, fat substitutes, low fat meat products, coarse paste meat products.

INTRODUCCION

Se ha encontrado que el consumo de dietas con altos contenidos de grasas, especialmente saturadas, tiene consecuencias negativas para la salud humana como altos índices de obesidad,

patologías cardiovasculares y algunos tipos de cáncer. Al respecto la Organización Mundial de la Salud (OMS), ha recomendado reducir el porcentaje de calorías provenientes de esta clase de nutrientes a niveles inferiores del 30% con menos del 10% de calorías provenientes de grasas saturadas. Es así como, la reducción de éstas, es una de las tendencias más fuertes en el desarrollo de los productos alimenticios de hoy (Yáñez y Biolley, 1999). Cumpliendo con estas nuevas disposiciones, la industria de alimentos ha generado una nueva línea de productos llamados **sustitutos de grasa** (SDG), provenientes de proteínas, carbohidratos, grasas modificadas y sintéticas, para la fabricación de alimentos con bajo contenido calórico; se incluyen en este grupo los productos cárnicos, lo cual resulta interesante no sólo desde el punto de vista económico, sino desde el aporte de beneficios a la salud de la población (Wirth, 1989).

Cualquier persona que se haya visto forzado a reducir drásticamente su consumo de grasas se da cuenta de lo mucho que contribuyen a la palatabilidad de los alimentos, la mantequilla o margarina, sobre el pan, las salsas para las carnes y vegetales, los aderezos en las ensaladas o en los pasteles, galletas, pastas y otros postres. Puesto que son una fuente concentrada de energía es posible ingerir las calorías necesarias sin tomar dietas excesivamente voluminosas. Las comidas que tienen un contenido de grasa moderado también producen más saciedad que las que contienen poca grasa; esto resulta como consecuencia del mayor tiempo en su digestión, retardando la sensación de hambre (Robinson, 1979).

Los lípidos influyen en el sabor en los alimentos porque tienen efecto en la percepción, estabilidad y generación de éste. Un mismo sabor genera diferentes sensaciones de gusto y olor, dependiendo del contenido de grasa del alimento donde se aplique; cada constituyente del sabor interactúa de manera específica con éstos, distribuyéndose en diferentes proporciones en la fase de vapor (aire presente en la cavidad bucal), y las fases acuosas y lipídicas del alimento, dependiendo si es lipofílico, hidrofílico y de su volatilidad (De Ross, 1997).

Según Gaonkar (1995), los enlaces o interacciones entre la grasa y las sustancias componentes del sabor son de naturaleza débil; es el efecto solvente de éstos en la grasa, lo que determina la percepción sensorial del sabor. La mayoría de los componentes del sabor son de naturaleza hidrofóbica, tienden a distribuirse en mayor proporción dentro de la grasa del alimento, reducen la concentración de éstos en la fase líquida y de vapor y logran retener el sabor del alimento.

La grasa atrapa los componentes básicos del sabor en los alimentos y los libera mediante mecanismos de transferencia de masa, que presentan alta resistencia en la fase lipídica, en comparación con la fase acuosa de donde se desprenden fácilmente. El retraso en la liberación del sabor en la boca da succulencia al alimento. Los lípidos influyen sobre la estabilidad química y física de los sabores pues al retenerlos, disminuye la volatilidad de éstos y además los protege contra reacciones químicas que pueden deteriorarlos (De Ross, 1997).

Sustitutos de Grasa (SDG). Los sustitutos de grasa son una gran variedad de compuestos que se utilizan en la industria de alimentos para reemplazar total o parcialmente la grasa empleada en la elaboración de éstos; mantienen muchas de las características de textura y sabor que esta aporta a las comidas y que la hace tan apetecible por los consumidores (Gershoff, 1995).

Según Gaonkar (1995), la manera como los sustitutos de grasa interactúan con los componentes del flavor es decisiva en aquellos alimentos donde se ha reemplazado parte de la grasa por éstos.

Aunque no se reporta mucha información sobre el tema, se han estudiado SDG con base en carbohidratos, encontrándose que la mayoría de los empleados son almidones modificados, que han perdido su estructura helicoidal durante la hidrólisis y ya no pueden atrapar en este arreglo a componentes del sabor que se albergaban en esa estructura; no hay entonces una interacción significativa entre los componentes del sabor y algunos almidones modificados, pectinas y celulosa microcristalina; se ha observado que la carboximetilcelulosa puede interactuar con algunos compuestos aromáticos. En los SDG con base en proteínas se encontraron algunas interacciones con los componentes aldehídicos responsables del sabor; en general, presentan menor interacción que las grasas con los componentes del flavor. Según su procedencia los SDG se pueden agrupar en: sustitutos derivados de carbohidratos, lípidos, proteínas y otros SDG.

MATERIALES Y METODOS

Para la elaboración de las hamburguesas se utilizaron las instalaciones de la planta piloto de carnes de la empresa TECNAS S.A. La realización de los análisis físico-químicos y las mediciones de textura, se llevaron a cabo en el Laboratorio de Alimentos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Los análisis sensoriales, en la etapa preliminar, se realizaron con jueces entrenados pertenecientes al grupo de análisis sensorial de la escuela de Nutrición y Dietética, de la Universidad de Antioquia; los sensoriales definitivos se efectuaron con un panel sensorial entrenado, de la empresa TECNAS S.A.

Proceso general de elaboración. La formulación de la hamburguesa testigo y de los diferentes tratamientos del ensayo se basó en la Norma Técnica Colombiana (ICONTEC) 1325/82, quinta revisión de 1998. En la Tabla 1 se presentan las materias primas y las cantidades (%) utilizadas en dicha formulación.

Tabla 1. Formulación base para la hamburguesa patrón.

INGREDIENTE	CANTIDAD (%)
Carne 0/100	49,0
Grasa	24,5
Texturizado de soya	1,5
Concentrado de soya	2,5
Miga para hamburguesa	1,2
Sal	1,4
Condimento	1,5
Hielo 8,4	18,4

La carne empleada para todos los ensayos tanto en la etapa preliminar, como en la definitiva, proviene del corte de la pierna de res denominado tabla, a la cual se le retiró la mayor parte de la grasa y el tejido conectivo, para luego trocearla; la grasa usada fue tocino dorsal a la cual se le retiró la piel. En la Figura 1 se presenta el flujo general del proceso.

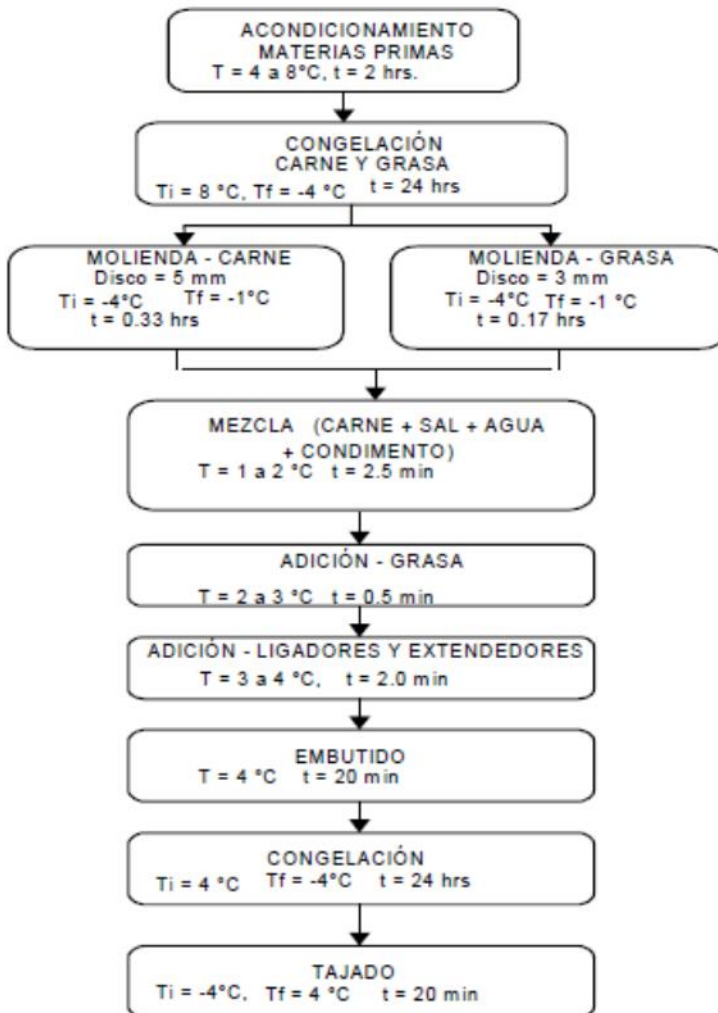


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso para la elaboración de una hamburguesa.

Determinación del nivel de grasa a reemplazar. Para establecer el nivel de grasa a sustituir en la hamburguesa patrón del estudio, se realizaron mediciones de grasa en ocho hamburguesas del mercado; el método de análisis para dicha estimación fue el de Babcock modificado. Con los valores encontrados se estableció el promedio de inclusión de grasa para la hamburguesa patrón.

Selección del condimento a usar. La hamburguesa patrón se probó con tres mezclas diferentes de condimentos, las cuales se muestran en la Tabla 2. Se elaboraron baches de 3 kg con la formulación base mostrada en la Tabla 1, y a cada bache se le adicionó un tipo diferente de condimento. Posteriormente estas tres formulaciones se sometieron a un análisis sensorial

mediante una prueba de preferencia por ordenación, donde, con base en el atributo sabor, los jueces asignaron diferentes puntajes a cada tratamiento y los ordenaron de la siguiente manera:

Puntaje Calificación

- 1 Primer lugar de preferencia
- 2 Segundo lugar de preferencia
- 3 Tercer lugar de preferencia

Las muestras para todos los análisis sensoriales se presentaron a los jueces en porciones de 1,2 cm de espesor, las cuales se sometieron a tratamiento térmico en parrilla a gas, durante seis minutos aproximadamente; con una temperatura final de 45°C.

Esta prueba se realizó con 18 jueces entrenados y 23 estudiantes experimentados en análisis sensorial pertenecientes a la Escuela de Nutrición y Dietética de la Universidad de Antioquia.

Tabla 2. Condimentos empleados para seleccionar el usado en la hamburguesa.

CONDIMENTO 1	CONDIMENTO 2	CONDIMENTO 3
Sal	Humo en polvo	Condimento comercial de hamburguesa al carbón
Pimienta	Ajo Perejil	
	Romero	
	Laurel	

Este análisis sensorial definió la selección de un tipo de condimento para la hamburguesa patrón.

Selección de sustitutos de grasa (SDG). Se buscaron en el mercado nacional local, muestras de diferentes sustitutos de grasa, con el fin de escoger los dos reemplazantes que mejores propiedades de gusto y textura aportaran a la hamburguesa, para esto se probaron nueve sustitutos diferentes.

Se elaboraron nueve baches diferentes de hamburguesas con la formulación base y el condimento elegido en la etapa anterior, de 1 kg cada uno, siguiendo el diagrama de flujo mostrado en la Figura 1. En cada bache se reemplazó la mitad de la grasa del testigo (20%) por un sustituto de grasa diferente; posteriormente se descartaron cinco de los nueve sustitutos de grasa probados, debido a que no presentaron propiedades aceptables de textura o sabor para ser empleados en las hamburguesas. En la Tabla 3 se muestran los reemplazantes de grasa probados durante los ensayos preliminares.

Tabla 3. Reemplazantes de grasa comerciales empleados como sustitutos en alimentos.

REFERENCIA	SDG	CRA* X1
	Almidón pregelatinizado (Papa)	1 : 3
X2	Almidón pregelatinizado (Papa)	1 : 3
X3	Almidón pregelatinizado (Maíz)	1 : 2
X4	Almidón pregelatinizado (Maíz)	1 : 3
X5	Fibra Soluble (Guisantes dorados)	1 : 5
X6	Carrageninas (Mezcla kappa-Iota)	1 : 25
X7	Aislado de Soya	1 : 4
X8	Fibra de Colágeno (Corteza de cuero de cerdo)	1 : 6
X9	Mezcla (Proteínas de suero de leche, gomas y carrageninas)	1 : 7

* Capacidad de retención de agua.

La forma en que se prepararon los sustitutos anteriores fue la siguiente:

- Referencia X2. Se pesó la cantidad correspondiente a ser usada y se agregó tres veces su peso en agua fría, la mezcla se llevó a refrigeración por 24 horas, para luego ser usada.
- Referencias X1, X3, X4, X5 y X6. La cantidad a emplearse de cada uno de estos reemplazantes se hidrató previamente en agua fría, teniendo en cuenta como cantidad agregada, sus respectivas capacidades de retención de agua (CRA).
- Referencia X7. La proporción a ser usada se hidrató en agua fría y se le dio ejercicio mecánico con un batidor eléctrico durante un tiempo de treinta minutos.
- Referencia X8. La fibra de colágeno se molió con la carne para ser incorporada en la mezcla.
- Referencia X9. La cantidad a emplearse se disolvió previamente en agua a 55°C, posteriormente se embutió en una tripa de alifan cero pérdidas, se selló y se llevó a cocción por espacio de 1,5 horas a 85°C. Luego de obtener el gel se molió con la carne para incorporarlo en la mezcla.

Para seleccionar los dos reemplazantes que más se asemejaran a la hamburguesa patrón con los cuatro sustitutos escogidos, referencias X5, X7, X8 y X9, se elaboraron baches de 3 kg, que contenían 10% de grasa y 10% del respectivo sustituto de grasa.

Para seleccionar dos de estos cuatro sustitutos de grasa, estos se sometieron a un análisis sensorial empleando el método discriminativo o de diferenciación, mediante la prueba de comparaciones múltiples. Los atributos analizados fueron intensidad de sabor, jugosidad y cohesividad; el análisis se efectuó con 14 jueces entrenados, pertenecientes a la Escuela de Nutrición y Dietética, de la Universidad de Antioquia.

Los resultados obtenidos en este análisis sensorial se transformaron para su análisis posterior con los siguientes criterios:

- Cuando el juez indicaba que no había diferencia entre la muestra y el patrón o referencia (R), se le asignaba a dicha muestra la calificación de cinco.
- Si el juez decía que el atributo evaluado en la muestra era mayor que R, se le asignaba a la muestra una calificación entre 6 y 9. Ligera 6, moderada 7, mucha 8 y muchísima 9.
- Si el juez decía que el atributo evaluado en la muestra era menor que R, entonces se le daba a la muestra una calificación entre 1 y 4. Ligera 4, moderada 3, mucha 2 y muchísima 1.

Este análisis sensorial definió los dos sustitutos de grasa a emplear en la etapa posterior.

A los resultados obtenidos se les realizó un ANAVA y, cuando se presentaban diferencias estadísticamente significativas se empleaba la prueba de Tukey.

Con la hamburguesa patrón establecida, y los dos sustitutos de grasa seleccionados en la etapa preliminar, se diseñó un modelo experimental en el cual se varió el contenido de grasa en las formulaciones, en porcentajes del 25%, 50% y 75%, que corresponden respectivamente a 15%, 10% y 5% de grasa dentro de la formulación; realizando cinco repeticiones por tratamiento. Para cada tratamiento, reemplazo y repetición se midieron características físico-químicas, bromatológicas, sensoriales y físicas de textura; con los datos obtenidos se realizaron análisis de varianza dentro y entre los tratamientos, análisis estadísticos con contornos de respuesta, la cual permitió comparar los valores obtenidos con los de la hamburguesa referencia, encontrando la combinación de sustituto de grasa y porcentaje de reemplazo que más se asemeja a ésta en sus parámetros; además correlaciones entre las respuestas de las medidas sensoriales y las de textura.

Físico-químicas. Se midieron pH y capacidad de retención de agua.

- **pH.** A todas las muestras se les midió el pH, según el método referenciado por Bateman, 1970.
- **Capacidad de retención de agua (CRA).** Se tomaron muestras de las hamburguesas de los diferentes tratamientos con un peso entre 0,25-0,35 gramos, según recomienda Honikel, (1988); cada muestra se puso sobre un papel de filtro (SyS 589) y se sometió a una fuerza mecánica por medio de una prensa manual, sobre la cual poner se colocó un peso constante de cinco kilos. Después de cinco minutos se retiró la fuerza y se midió el diámetro de la película de hamburguesa y el diámetro de la zona húmeda que queda sobre el papel de filtro, obteniendo estos diámetros como el promedio de diez mediciones hechas en cada área. La CRA se calculó mediante la siguiente relación, la cual es una expresión matemática final de la derivada de la relación recomendada por Honikel, (1988).

$$CRA(\%) = \frac{(d_1)^2}{(d_2)^2} \times 100$$

Donde:

d_1 = diámetro de la película de carne en cm.

d_2 = diámetro del anillo húmedo en el papel de filtro en cm.

Bromatológicas. Se midieron humedad, grasa y proteína.

- **Humedad.** La humedad se midió en todas las muestras según la Norma Técnica Colombiana NTC-1663 de 1998 del ICONTEC. “Determinación de Humedad para Embutido (Método de Referencia)”.
- **Grasa.** La grasa a todas las muestras se les determinó por el método de Babcock modificado.
- **Proteína.** A todas las muestras se les determinó proteína según la Norma Técnica Colombiana NTC-1556C10.189/80 del ICONTEC.

Evaluación sensorial. Sobre los dos sustitutos de grasa seleccionados y con los tres porcentajes de reemplazo efectuados en las cinco repeticiones, se hicieron análisis sensoriales con un panel entrenado de 10 jueces pertenecientes a la empresa TECNAS S.A. Se empleó el método discriminativo o de diferenciación, con la prueba de comparaciones múltiples. Los atributos analizados fueron sabor, terneza y jugosidad.

Evaluación instrumental de la textura. La medición instrumental de la textura se realizó en el analizador de textura TA-XT2, mediante una prueba de análisis de perfil de textura (TPA); todos los tratamientos de las hamburguesas se cocinaron en una marmita hasta alcanzar 72°C de temperatura interna, posteriormente se tomaron muestras homogéneas con un sacabocados en forma perpendicular a la superficie de corte del producto, las cuales tenían en promedio un diámetro de 2,5 cm, una longitud de 2,5 cm y un peso de 14 g; todas se encontraban a una temperatura promedio de 21°C cuando se llevaron al texturómetro. A cada una de las muestras se le realizaron 20 compresiones por tratamiento y repetición, para luego obtener un promedio de cada atributo de textura analizado. La doble compresión se llevó a cabo hasta que la muestra alcanzara un 50% de la altura inicial tomando como parámetros de ensayo los siguientes valores:

- Velocidad pre-ensayo: 5 mm/s
- Velocidad ensayo: 3 mm/s
- Velocidad pos-ensayo: 5 mm/s
- Distancia: 12 cm
- Fuerza: 5 Kg-f
- Tiempo: 5 s

Diseño experimental. Se empleó un diseño factorial (2 X 3) con cinco repeticiones, ajustado la siguiente modelo:

$$Y_{jki} = \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

$i = 1, 2$ correspondientes a los dos sustitutos de grasa $j = 25, 50, 75$ niveles de grasa reemplazados

$k = 1, \dots, 5$ repeticiones $l = 1, 2$ Error

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación del nivel de grasa a reemplazar. Después de medir el contenido de grasa en diferentes hamburguesas del mercado se encontró que el promedio de inclusión de grasa en estas, se encontraba en 20%, con este valor se elaboró la hamburguesa patrón.

Selección del condimento a usar. El análisis de varianza de los datos de la evaluación de los jueces correspondientes a la característica de sabor se presentan en la Tabla 4. Se encuentran diferencias estadísticamente significativas a un nivel de confiabilidad del 95% entre las muestras con las tres clases diferentes de condimento. La prueba de rango múltiple correspondiente a este Anava, se presenta en la Tabla 5.

Tabla 4. Anava para el análisis sensorial hecho en la selección del condimento utilizado en la elaboración de la hamburguesa.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	Valor F	Valor P
Modelo	7.82114	2	3.91057	6,24	0.0026
Error	75.1707	120	0.626423		

Tabla 5. Prueba de Duncan para la selección del condimento empleado en la elaboración de la hamburguesa.

Muestra	Jueces	Media
3	41	1,65 ^a
1	41	2,08 ^b
2	41	2,26 ^b

Las medias seguidas por letras diferentes son significativamente diferente ($p < 0,05$)

De acuerdo con este resultado, el condimento de mayor aceptación fue el de la muestra 3, que corresponde al condimento comercial, con una calificación media de 1,65. Este valor es el que más se aproxima a 1, el cual corresponde a la calificación dada a la muestra que presentaba el primer lugar de preferencia .

Selección del sustituto de grasa. Con los datos obtenidos en el análisis sensorial, mediante la prueba de comparaciones múltiples, correspondientes a la elección de los dos sustitutos de grasa,

entre cuatro previamente seleccionados (X5, X7, X8 y X9), se realizó un análisis de varianza con un nivel de confiabilidad del 95%, encontrándose que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los cuatro sustitutos, en cuanto a sabor y jugosidad; en el atributo cohesividad sí se encontraron diferencias estadísticamente significativas, como puede verse en el siguiente Anava.

Tabla 6. Anava para la característica de cohesividad en una hamburguesa.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	Valor F	Valor P
Modelo	28.9286	3	9.64286	3,65	0.0183
Error	137.286	52	2.64011		

Tabla 7. Test de rango múltiple para la cohesividad en una hamburguesa.

Muestra	Jueces	Media
X5	14	4,80 ^a
X8	14	4,92 ^{ab}
X9	14	5,42 ^{ab}
X7	14	6,42 ^b

Las medias seguidas por letras diferentes son significativamente diferente ($p < 0,05$)

Se ve entonces que la selección de los dos sustitutos de grasa finales estuvieron definidos por el atributo Cohesividad, mostrando para los sustitutos de grasa X8 y X9 los valores promedios más cercanos a los de la hamburguesa patrón (5). Los jueces encontraron similares los cuatro sustitutos de grasa en las muestras al evaluar sabor y jugosidad y, aunque la muestra X5 no se alejó mucho del valor promedio de la hamburguesa patrón, se descartó porque requería de un tratamiento complicado antes de utilizarse.

Análisis sensorial. Para validar los resultados obtenidos en el análisis sensorial se realizó una prueba de homogeneidad de jueces para los tres atributos analizados: sabor, ternura y jugosidad, mediante análisis de varianza los cuales se muestran en las Tablas 8 y 10, encontrando diferencias estadísticamente significativas en las características de sabor y jugosidad, a las cuales se les realizó la prueba de rango múltiple, según se muestra en las Tablas 9 y 11.

Tabla 8. Anava para el sabor en una hamburguesa.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	Valor F	Valor P
Modelo	162.813	9	18.0904	7,99	0.000
Error	656.267	290	2.26299		

Tabla 9. Test de rango múltiple para el sabor en una hamburguesa.

Juez	Datos	Media
7	30	2,4 ^a
2	30	2,76 ^{ab}
9	30	2,86 ^{ab}
5	30	3,33 ^{bc}
3	30	3,43 ^{bcd}
1	30	3,70 ^{cd}
4	30	3,86 ^{cd}
10	30	4,26 ^{de}
8	30	4,26 ^{de}
6	30	4,90 ^e

Las medias seguidas por letras diferentes son significativamente diferente ($p < 0,05$)

Tabla 10. Anava para la jugosidad en una hamburguesa.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	Valor F	Valor P
Modelo	86	3	9.64286	3,65	0.0183
Error	137.286	52	2.64011		

Tabla 11. Test de rango múltiple para la jugosidad en una hamburguesa.

Juez	Datos	Media
7	30	2,83 ^a
2	30	3,00 ^{ab}
10	30	3,06 ^{ab}
3	30	3,23 ^{ab}
5	30	3,33 ^{ab}
1	30	3,36 ^{ab}
4	30	3,40 ^{ab}
6	30	3,53 ^{ab}
9	30	3,70 ^b
8	30	5,16 ^c

Las medias seguidas por letras diferentes son significativamente diferente ($p < 0,05$)

Debido a que los resultados en sabor y jugosidad muestran que las medias de los jueces 6, 7 y 8, presentan valores extremos, no serán tomados en cuenta para posteriores análisis.

El análisis de varianza para el atributo terneza mostró homogeneidad en las respuestas de todos los jueces, por lo que no se descartó ningún juez al promediar los datos obtenidos en el análisis sensorial.

Con las pruebas anteriores de homogeneidad de jueces, se hizo posible la obtención de un promedio único para cada atributo del análisis sensorial, correspondiendo estos a los datos presentados en el Anexo D, con base en los cuales se realizaron todos los siguientes análisis estadísticos.

En las Tablas 12 y 14 se presentan los Anava correspondientes a los datos de las pruebas sensoriales de sabor y jugosidad por tratamiento y por reemplazo respectivamente.

Tabla 12. Anava en análisis sensorial del sabor por tratamiento y por reemplazo, en una hamburguesa baja en grasa.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Valor F	Valor P
A : Tratamiento	0.0785684	1	0.0785684	0,52	0.4752
B : Reemplazo	6.40973	2	3.20487	21,41	0.0000
Error	3.89174	26	0.149682		

Al encontrar diferencias estadísticamente significativas para sabor por reemplazo, se realizó el prueba de rango múltiple el cual se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13. Prueba de rango múltiple para el sabor por reemplazo, en una hamburguesa baja en grasa.

Reemplazo	Datos	Media
75	10	2,96 ^a
50	10	3,65 ^b
25	10	4,08 ^c

Las medias seguidas por letras diferentes son significativamente diferente ($p < 0,05$)

Se encontró que las hamburguesas con 15% de grasa presentaron para los jueces sabor muy similar al del testigo que contenía 20%. Las hamburguesas con 10% de grasa presentaron calificaciones aceptables para sabor, siendo la de contenido de grasa del 5%, la menos aceptada para este atributo. El sabor no estuvo afectado por el tipo de reemplazante utilizado.

Tabla 14. Anava en análisis sensorial de la jugosidad por tratamiento y por reemplazo, en una hamburguesa baja en grasa.

Fuentes de variación de cuadrados	Suma	GL o medio	Cuadrad	Valor F	Valor P
A : Tratamiento	0.0686022	1	0.686022	0,18	0.6736
B : Reemplazo	7.255557	2	3.62779	9,60	0.0008
Error	9.82827	26	0.37801		

Al encontrar diferencias estadísticamente significativas para jugosidad por reemplazo, se realizó el prueba de rango múltiple que se muestra en la Tabla 15.

Tabla 15. Prueba de rango múltiple para la jugosidad por reemplazo, en una hamburguesa baja en grasa.

Reemplazo	Datos	Media
75	10	2,84 ^a
50	10	3,07 ^a
25	10	3,98 ^b

Las medias seguidas por letras diferentes son significativamente diferente ($p < 0,05$)

Las hamburguesas con 15% de grasa presentaron en el análisis sensorial la mayor aceptación para jugosidad, comparada con el testigo de 20% de grasa. Los productos con 10% y 5% de grasa, fueron percibidos como poco jugosos por el panel. El tipo de reemplazante utilizado no afectó la jugosidad.

Para el atributo sensorial de terneza no se presentaron diferencias estadísticamente significativas, por tratamiento y por reemplazo, esto significa que los jueces percibieron todas las hamburguesas muy similares en cuanto a esta cualidad.

Análisis de textura. Los análisis de varianza hechos por tratamiento y por reemplazo, permiten establecer que con un nivel de significancia del 95%, no se encontraron diferencias entre los valores promedios para los siguientes parámetros: Dureza, Cohesividad, Adhesividad, Resortabilidad, Gomosidad y Masticabilidad.

Por tanto el texturómetro encontró similares los dos reemplazantes, fibra y colágeno, así como los tres niveles de reemplazo. Al analizar estos resultados y de acuerdo con lo reportado por Giese (1992), se considera que las sustancias atraparoras de humedad que se utilizan como sustitutos de grasa en productos cárnicos bajos en grasa, mantienen en éstos las características deseables de jugosidad, terneza y palatabilidad. Parámetros de textura como los analizados por el TPA, no varían considerablemente al efectuarse los diferentes reemplazos.

Análisis Bromatológicos. En la Tabla 16 aparece la composición de cada tratamiento realizado en el presente estudio; una inspección de estos valores, comparados con la NTC/1325/82 cuarta revisión de 1998, permite establecer que la composición de cada tratamiento dentro de la formulación de las hamburguesas, estuvo dentro de los parámetros de la norma.

Tabla 16. Composición por tratamiento en (g/kg) utilizada para la elaboración de una hamburguesa baja en grasa.

Tratamiento (%)	Reemplazo	Grasa	SDG	Agua	Carne	Concentrado soya	Miga de pan	Texturizado Soya	Sal	Condimento
Patrón	0	245	0	184	495	25	12	15	14	15
Fibra	25	183,75	10,225	235	495	25	12	15	14	15
Fibra	50	122,5	20,35	286	495	25	12	15	14	15
Fibra	75	61,25	30,65	337	495	25	12	15	14	15
Colágeno	25	183,75	8,75	236	495	25	12	15	14	15
Colágeno	50	122,5	17,5	289	495	25	12	15	14	15
Colágeno	75	61,25	26,25	342	495	25	12	15	14	15

Correlaciones entre parámetros texturales y propiedades sensoriales. En la Tabla 17 se presentan los coeficientes de correlación de Pearson entre los parámetros sensoriales y de textura. El atributo sensorial de sabor no presentó correlaciones con los parámetros de textura analizados mediante el TPA.

Tabla 17. Coeficientes de correlación de Pearson para parámetros texturales vs propiedades

sensoriales en un modelo de hamburguesa baja en grasa.

Parámetro	Dureza	Resortabilidad	Cohesividad	Gomosidad	Masticabilidad
Terneza	0.37946 ^{***}	-0.40906 ^{***}	-0.39001 ^{***}	-0.48948 ^{***}	-0.50217 ^{***}
	0.0386 [*]	0.0248 [*]	0.0331 [*]	0.0060 [*]	0.0047 [*]
	14.39 ^{**}	16.74 ^{**}	15.21 ^{**}	24.0 ^{**}	25.2 ^{**}
Jugosidad	-	-0.40404 ^{***}	-	-	-
	-	0.0268 [*]	-	-	-
	-	16.33 ^{**}	-	-	-

* nivel de significancia de la prueba

** valor r^2

*** coeficiente de correlación

Las correlaciones que presentaron los atributos de Terneza y Jugosidad fueron negativas lo cual indica relación inversa entre estas propiedades sensoriales y los respectivos atributos de textura; aunque se presentan correlaciones, los valores de los r^2 son muy bajos es decir que una variable no puede expresarse en función de la otra, en buena proporción; esto concuerda con lo reportado por Bourne (1978), el cual encontró que las correlaciones bajas entre medidas sensoriales e instrumentales pueden deberse, entre otras causas a: la rigidez del equipo frente a las mandíbulas humanas, diferencias en el tamaño de las muestras y diferencias en la temperatura de las muestras.

En la Tabla 18 se encuentran otras correlaciones encontradas al analizar propiedades de textura vs propiedades bromatológicas.

Tabla 18. Valores de correlación para atributos de calidad en una hamburguesa baja en grasa.

Parámetros	Humedad	Sabor	Jugosidad	Terneza
Grasa	-	0.76793 ^{***}	0.58729 ^{***}	-
	-	<0.0001 [*]	0.0006 [*]	-
Humedad	-	-0.78862 ^{***}	-0.60163 ^{***}	-
	-	<0.0001 [*]	0.0004 [*]	-
Sabor	-	-	0.70251 ^{***}	0.42836 ^{***}
	-	-	<0.0001 [*]	0.0182 [*]

* nivel de significancia de la prueba

** valor r^2

*** coeficiente de correlación

Se encontró una correlación positiva entre grasa, sabor y jugosidad esto indica que a mayor contenido de grasa, las hamburguesas presentaron mejor intensidad de sabor y mayor jugosidad, como lo reporta De Ross (1997), según el cual un mismo sabor genera diferentes sensaciones de gusto dependiendo del contenido de grasa del alimento. Huffman *et al* (1991), encontraron que a

medida que baja el contenido de grasa en el alimento disminuyen jugosidad, terneza e intensidad de flavor.

Los valores de correlación negativos muestran que a mayor humedad menor sabor, lo cual concuerda con De Ross (1997), quien reporta que los componentes del sabor en un alimento se liberan rápidamente de la fase acuosa, impidiendo su percepción; en cambio en la fase lipídica se retienen por más tiempo dándole succulencia al alimento. Terneza y jugosidad se relacionan de manera directa con sabor.

Contornos de respuesta. El análisis de resultados mediante la técnica estadística de contornos de respuesta, se realizó comparando los resultados obtenidos en el análisis de textura y sensorial por tratamiento y por reemplazo con los valores establecidos para la hamburguesa patrón; de esta forma puede verse fácilmente cual es el tratamiento que presenta parámetros similares a los de la hamburguesa testigo. La Tabla 19 presenta los valores de textura encontrados para esta hamburguesa.

Tabla 19. Valores texturales de referencia en una hamburguesa patrón.

PARÁMETRO	VALOR
Dureza	3286.57071
Adhesividad	8.79871429
Resortabilidad	0.83439286
Cohesividad	0.43864286
Gomosidad	1475.801
Masticabilidad	1250.47143
Sabor	5
Terneza	5
Jugosidad	5

Las Figuras 2 a 10, muestran los contornos de respuesta para atributos texturales y sensoriales de los diferentes tratamientos; ubicando en éstas los valores de la hamburguesa patrón que sirven de referencia para encontrar las condiciones óptimas del nuevo producto esperado.

En cada una de las gráficas se ubican los sustitutos de grasa empleados, en el eje X el colágeno corresponde al valor $X = 1$ y la fibra al valor $X = 2$; en el eje Y se observan los diferentes porcentajes de sustitución (25, 50 y 75%). Las líneas que se encuentran en el interior de la figura corresponden a valores constantes de la característica analizada. Siempre se inicia ubicando en la gráfica el valor de la hamburguesa patrón de la característica a analizar, para posteriormente leer los respectivos valores en el eje X y Y que optimizan el producto con las condiciones del testigo.

En la Figura 2 se presenta el contorno de respuesta para la variable dureza, el estudio de esta variable bajo la óptica de esta metodología permite analizar que tratamientos con una dureza semejante a la hamburguesa patrón pueden obtenerse a partir de reemplazos de grasa en un rango de aproximadamente 43,7%, con cualquiera de los dos sustitutos de grasa probados, de esta

manera si se incrementa el porcentaje de sustitución a valores cercanos al 75% el sustituto de grasa 2 (fibra) tiene una dureza similar a la hamburguesa patrón.

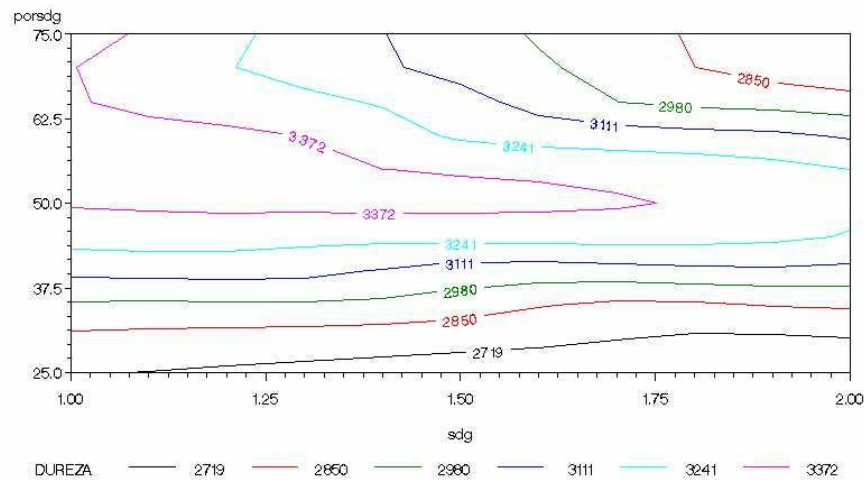


Figura 2. Contorno de respuesta para la dureza con los reemplazos usados en la elaboración de una hamburguesa baja en grasa.

En la Figura 3 se presenta el contorno de respuesta para la variable adhesividad, al analizar este parámetro se encuentra que tratamientos con una adhesividad semejante a la hamburguesa patrón pueden obtenerse a partir de reemplazos de grasa en un rango de 43,7 a 64,6% con el sustituto de grasa 1 (colágeno).

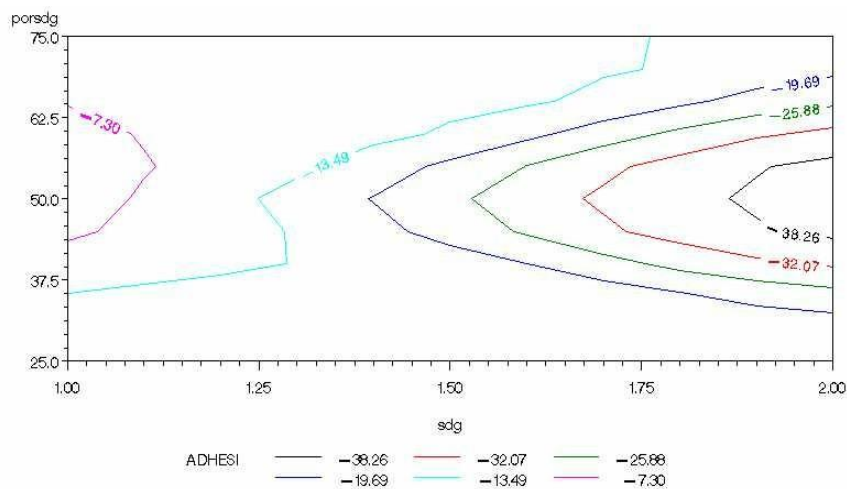


Figura 3. Contorno de respuesta para la adhesividad con los reemplazos usados en la elaboración de una hamburguesa baja en grasa.

En la Figura 4 se presenta el contorno de respuesta para la variable resortabilidad, el análisis mediante esta metodología, muestra que resortabilidades semejantes al patrón pueden obtenerse con reemplazos máximos de grasa del 30% con el sustituto de grasa 1 (colágeno).

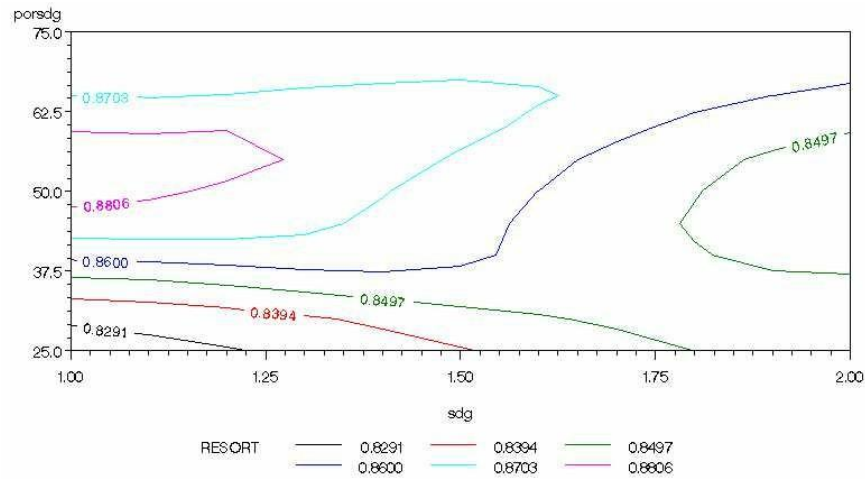


Figura 4. Contorno de respuesta para la resortabilidad con los reemplazos usados en la elaboración de una hamburguesa baja en grasa.

En la Figura 5 se presenta el contorno de respuesta para la variable cohesividad, este estudio muestra que tratamientos con una cohesividad semejante al patrón pueden obtenerse a partir de reemplazos de grasa máximos del 39%, con cualquiera de los dos sustitutos, reemplazos cercanos al 75% presentan cohesividad similar a la hamburguesa patrón cuando se emplea el sustituto 2 (fibra).

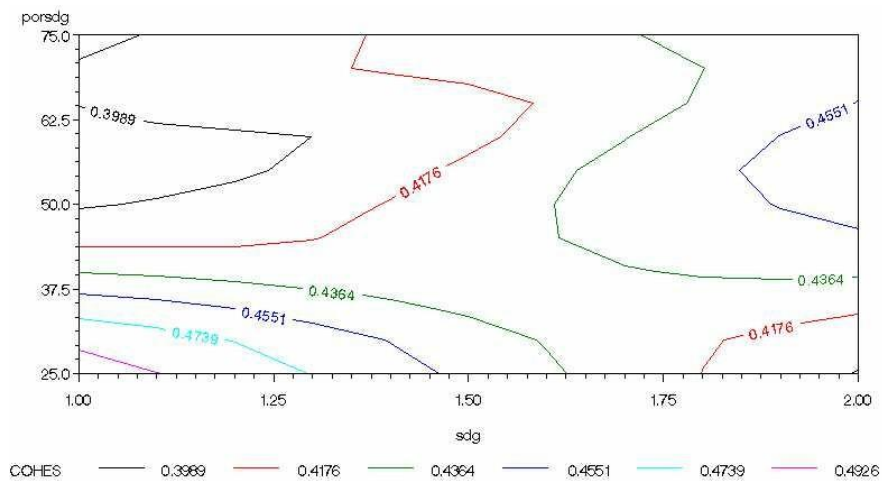


Figura 5. Contorno de respuesta para la cohesividad con los reemplazos usados en la elaboración de una hamburguesa baja en grasa.

En la Figura 6 se presenta el contorno de respuesta para la variable gomosidad, el estudio de esta variable bajo la óptica de esta metodología permite analizar que tratamientos con una gomosidad semejante a la del patrón pueden obtenerse a partir de reemplazos de grasa en un rango de 45 a 56%, con el sustituto de grasa 2 (fibra).

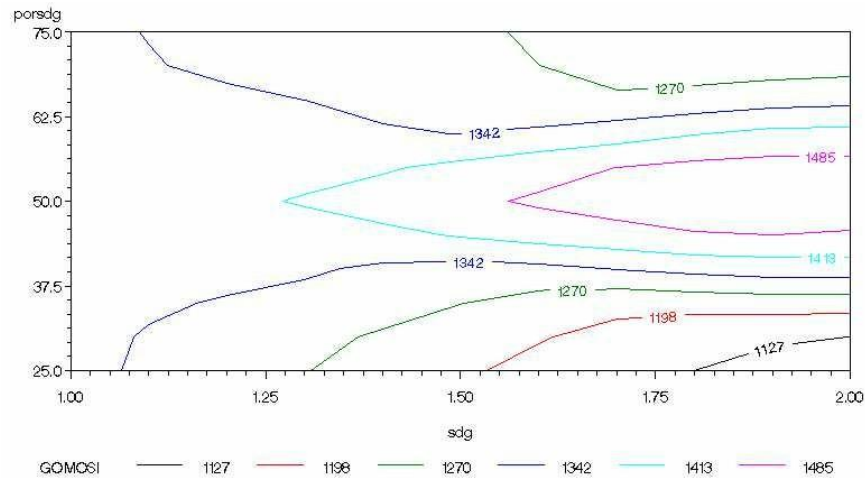


Figura 6. Contorno de respuesta para la gomosidad con los reemplazos usados en la elaboración de una hamburguesa baja en grasa.

En la Figura 7 se presenta el contorno de respuesta para masticabilidad, al analizar este parámetro se encuentra que tratamientos con una masticabilidad semejante a la hamburguesa patrón pueden obtenerse a partir de reemplazos de grasa en un rango de 46 a 56% con el sustituto de grasa 2 (fibra).

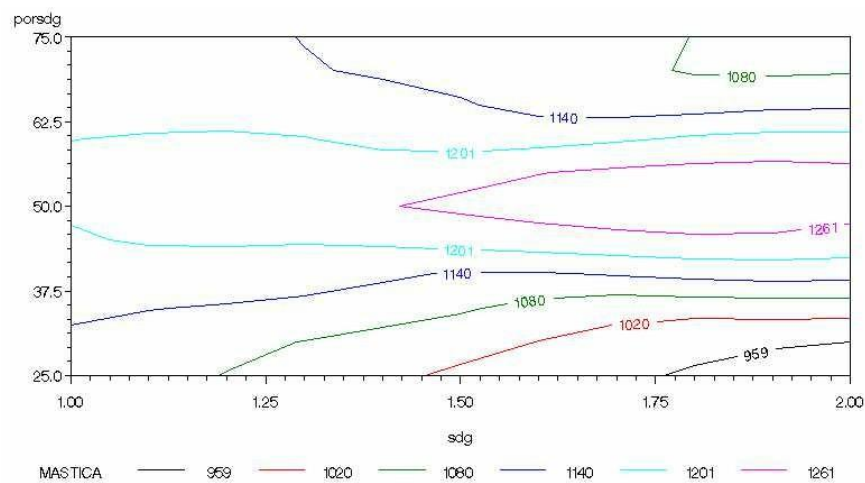


Figura 7. Contorno de respuesta para la masticabilidad con los reemplazos usados en la elaboración de una hamburguesa baja en grasa.

En la Figura 8 se presenta el contorno de respuesta para la variable sabor, este estudio muestra que tratamientos con sabor semejante al patrón pueden obtenerse a partir de reemplazos de grasa del 30,6%, empleando el sustituto de grasa 1 (colágeno) o del 25% con reemplazante de grasa 2 (fibra).

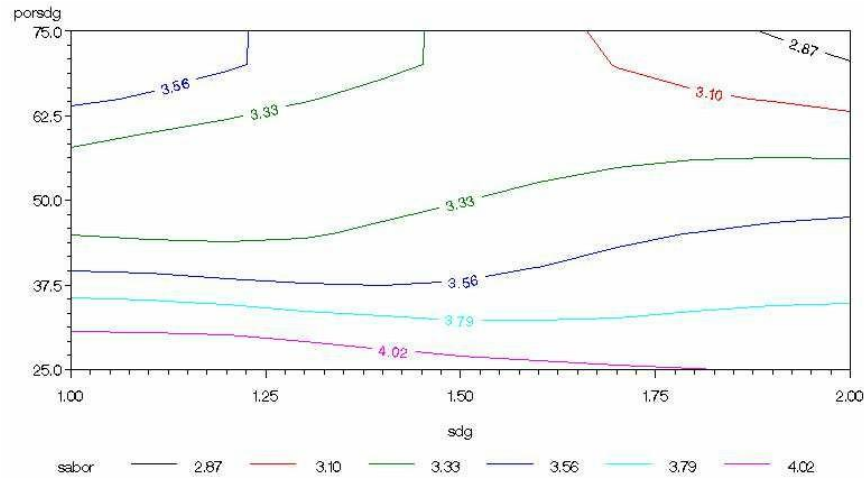


Figura 8. Contorno de respuesta para el sabor con los reemplazos usados en la elaboración de una hamburguesa baja en grasa.

En la Figura 9 se presenta el contorno de respuesta para la variable terneza, el análisis mediante esta metodología, muestra que valores de terneza semejantes al patrón pueden obtenerse con reemplazos de grasa del 75% con el sustituto de grasa 1 (colágeno) y del 31% con el reemplazante 2 (fibra).

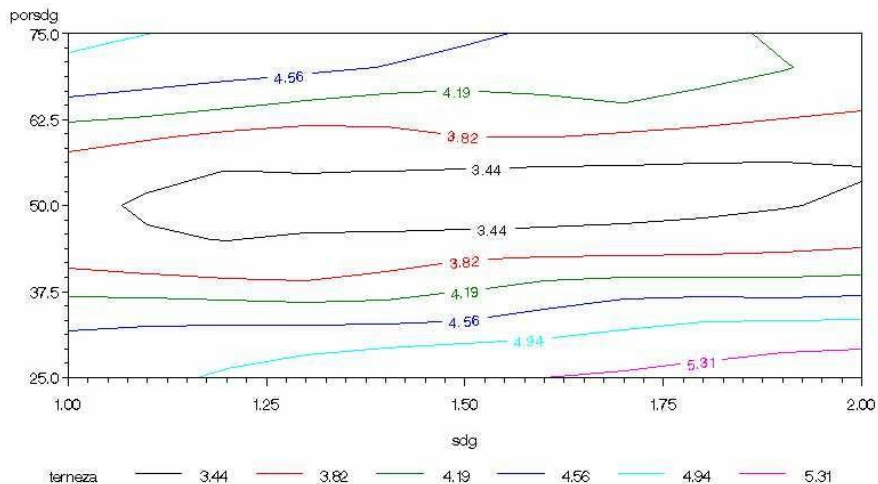


Figura 9. Contornos de respuesta para la terneza con los reemplazos usados en la elaboración de una hamburguesa baja en grasa.

En la Figura 10 se presenta el contorno de respuesta para la variable jugosidad, el estudio de esta variable bajo la óptica de esta metodología permite analizar que tratamientos con una jugosidad semejante a la del patrón pueden obtenerse a partir de reemplazos de grasa máximos del 30% con el sustituto de grasa 2 (fibra).

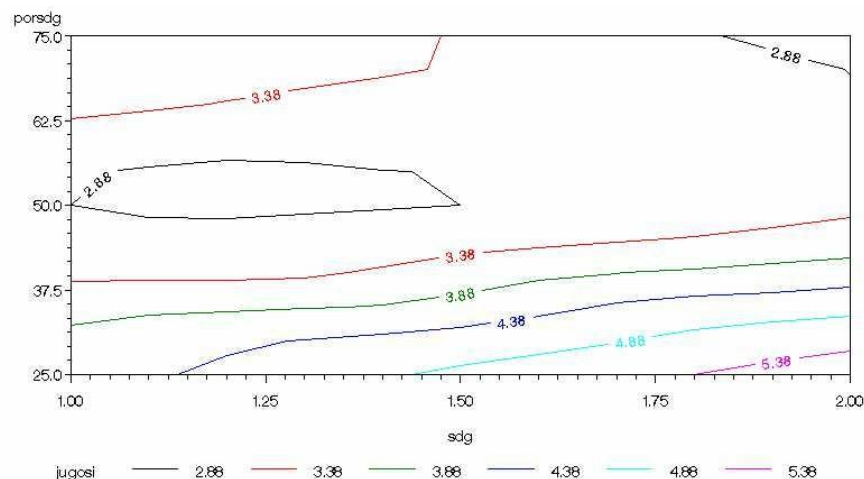


Figura 10. Contornos de respuesta para la jugosidad con los reemplazos usados en la elaboración de una hamburguesa baja en grasa.

CONCLUSIONES

Se encontró que hamburguesas de res con 20% de grasa en las que se reemplazó del 25 al 75% de ésta por fibra, presentaron atributos sensoriales y de textura en general, semejantes a las hamburguesas testigo; particularmente en sabor, reemplazos del 25% con fibra o de 30% con colágeno dan valores similares a los del patrón al analizar los resultados de textura y sensoriales, mediante la técnica estadística de contornos de respuesta; de igual forma permitió establecer que comportamientos semejantes se dieron en terneza con reemplazos de colágeno del 75% y en fibra del 31%; en jugosidad con reemplazos de fibra del 30%; en gomosidad y masticabilidad con sustituciones de fibra del 46-56%; en adhesividad y resortabilidad, reemplazos con colágeno del 44 al 64% y del 30% respectivamente. La dureza y la cohesividad fueron más similares a la hamburguesa patrón con reemplazos de fibra del 75%, siendo esto independiente del tipo de sustituto de grasa.

El análisis sensorial permitió concluir que hamburguesas con 15% de grasa presentaron para los jueces, características de sabor y jugosidad similares al testigo con 20% de grasa; con reemplazos del 10% de grasa el sabor fue aceptable; cuando el contenido de grasa se disminuyó a niveles de 5%, tanto el sabor como la jugosidad presentaron menor aceptación por el panel sensorial. El sabor y la jugosidad no estuvieron afectados por el sustituto de grasa utilizado, igual que la terneza, la cual tampoco se vio afectada por los niveles de reemplazo.

Las correlaciones entre los análisis sensoriales y de textura fueron bajas en todos los parámetros analizados, debido posiblemente a diferencias sustanciales en el tratamiento térmico, tamaño y temperatura, de las muestras entregadas para cada análisis.

BIBLIOGRAFÍA

BATEMAN, J. Nutrición Animal. Manual de Métodos Analíticos. México: Herrero, 1970. 648 p.

BOURNE, M. C. Texture profile analysis. *En: Food Technology*. (ene., 1978); p.272-285.

DE ROSS, Kris. How lipids influence food flavor. *En: Food Technology*. Vol. 51, No. 1. (Jan., 1997); p.60-62.

GAONKAR, Anilkumar. Ingredient interactions : effects on food quality. New York: Marcel Dekker, 1995. 585 p.

GERSHOFF, Stanley. Nutrition evaluation of dietary fat substitutes. *En: Nutrition Reviews*. Vol. 53, No. 11. (1995); p. 106-107.

GIESE, James. Developing low-fat meat products. *En: Food Technology*. (Apr., 1992); p. 100-103.

HONIKEL, K. O. Capacidad de fijación de agua en la carne. *En: Fleisch Wirtschaft* (Alemania). No. 1 (1988); p. 11-12.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Determinación de humedad para embutido (Método de Referencia). *En: Normas Técnicas Colombianas, NTC*. N 1663 (1998); 35 p.

_____. Determinación de proteína por el método de Kjehendal. *En: Normas Técnicas Colombianas, NTC*. N 1556 C 10. (1980); 20 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Productos cárnicos procesados no enlatados: cuarta revisión *En: Normas Técnicas Colombianas, NTC*. N 1325 (1982); 38 p.

ROBINSON, David. Bioquímica y valor nutritivo de los alimentos. Zaragoza: Acribia, 1979. 579 p.

YÁNEZ, Enrique y BIOLLEY, Edith. Sustitutos de grasa en la alimentación humana. *En: Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. Vol. 49, No. 2. (1999); p. 101-103.

WIRTH, Fritz. Tecnologías para la fabricación de productos cárnicos con menor proporción de grasa. *En: Fleischwirtschaft español*. Vol. 1. (1989); p. 48-50.