

APLICACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL EN LA FORMULACIÓN DE UN EMBUTIDO DE PASTA FINA CON BASE EN LA CALIDAD DE LA CARNE

Claudia María Arango Mejía¹; Diego Alonso Restrepo Molina²

RESUMEN

Como premisa para la formulación de los diferentes tratamientos de obtención de un producto cárnico emulsificado, se caracterizaron todas las materias primas fundamentales en términos bromatológicos y se asumieron los valores de capacidad de retención de agua y valor de ligazón reportados por otros investigadores. Posteriormente se modelaron cuatro formulaciones diferentes (tratamientos) en los cuales no se involucrara ningún tipo de agente emulsificante diferente a la proteína de la carne, ni ningún tipo de extendedor. Se propuso además que todas las formulaciones cumplieran con la cuarta revisión de 1998 de la Norma Técnica Colombiana 1325 de 1982, así como que todas las formulaciones tuvieran un balance de grasa y de humedad positivos como criterios de estabilidad de la emulsión. La modelación se realizó mediante Programación Lineal, con el planteamiento de la función de costos, como criterio de selección del universo de soluciones posibles. Una vez obtenidas las respuestas, se procedió a la elaboración de las diferentes formulaciones mediante el método tradicional (discontinuo) de elaboración de embutidos emulsificados (salchichas tipo frankfurt)

Para diferenciar los cuatro tratamientos se usaron dos relaciones diferentes de Grasa/Proteína (1.8 y 2.1) y dos de Humedad/Proteína (4.2 y 4.5) permutados, como indicadores de las características de jugosidad y mordida que fueron evaluadas, junto con la apariencia, por un grupo de jueces entrenados para tal fin. A cada uno de los baches se les determinó su rendimiento al horneado, además del análisis proximal y la evaluación sensorial con jueces entrenados, mediante los cuales se evaluó apariencia, jugosidad y mordida en una escala estructurada de 20 puntos.

Todos los tratamientos cumplieron con la norma que se formularon, con excepción del tratamiento tres, el cual excedió los límites de grasa permitidos, en razón a las pérdidas por tratamiento térmico que permitieron la concentración de la grasa.

Cuando se realizó el tratamiento estadístico de los datos los tratamientos se agruparon según las relaciones formuladas, conservándose la de Grasa/Proteína, pero disminuyendo la de Humedad/Proteína, por la pérdida de humedad por tratamiento térmico.

Finalmente se obtuvieron correlaciones para la predicción de la calificación de las características jugosidad y mordida del producto emitidas por el cuerpo de jueces, en términos de la relación

¹ Profesora Asistente. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. A.A. 1779.

² Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. A.A. 1779.

Grasa/Proteína y, Grasa/Proteína y Humedad/Proteína respectivamente, que explican la variabilidad de estas características.

El trabajo permite concluir que la composición de los productos cárnicos emulsificados es predecible, y controlable, a partir de la correcta caracterización composicional de las materias primas disponibles, el correcto planteamiento de la composición deseable final y el correcto cuidado en el proceso.

El balance de grasa y el balance de humedad positivos, planteados a partir de las características industriales de la carne Capacidad de Retención de Agua y Valor de Ligazón y, del agua y grasa total, son índices adecuados para predecir la estabilidad de las Emulsiones[®] cárnicas que influyen en la apariencia del producto final.

Las herramientas que provee la Programación Lineal son compatibles con el planteamiento de un modelo para la formulación de un producto cárnico de pasta fina.

El valor del índice Grasa/Proteína guarda una fuerte relación con el valor de la característica jugosidad en un producto cárnico como la salchicha, cuando este atributo es evaluado por un cuerpo de jueces entrenado para tal prueba, y permite la predicción de esta característica en el producto terminado.

Los valores de los índices Humedad/Proteína y Grasa/Proteína presentan una relación estadísticamente significativa, a un 95%de confiabilidad, con la característica mordida de una salchicha, cuando esta es evaluada por un cuerpo de jueces entrenado para tal prueba, y permiten la predicción de esta última característica en el producto terminado.

Palabras clave: *Programación Lineal, Productos Cárnicos de Pasta Fina, Formulación de Productos Cárnicos, Calidad de la Carne, Calidad Tecnológica de la Carne.*

ABSTRACT

All fundamental raw materials were characterized in bromatology terms and the capacity of water holding and union values reported by other investigators were assumed as premise for the formulation of the different treatments to obtain an emulsive meat product. Later on four different formulations were modeled (treatments) in which any type of emulsive agent different to the protein of the meat, neither any extensor type was not involved. It also presents that all formulations fulfilled the fourth revision of 1998 of the Colombian Technique Norm 1325 of 1982, as well as all the formulations had a balance of fat and humidity positives as approaches of stability of the emulsion. The modeling was carried out by means of lineal programming, with function costs as approach of selection of the universe of possible solutions. Once obtained the answers, the production of different formulations by means of the traditional method (discontinuous) of elaboration of emulsive stuffed (sausages frankfurt type) was made.

Two different permuted relations from fat/protein (1.8 and 2.1) and two of humidity/protein (4.2 and 4.5) were used to differentiate the four treatments, as indicators of the juiciness and bite characteristics that were evaluated, together with the appearance, for a group of judges trained for such object. To each one of the ruts their yield to baking were determined besides the proximal analysis and the sensorial evaluation with trained judges, by means of which it was evaluated

appearance, juiciness and bite in a structured scale of 20 points.

All the treatments fulfilled the formulated norm, except for the treatment three, which exceeded the allowed limits of fat, in reason of the losses for thermal treatment that allowed the fat concentration.

When the statistical treatment of data was carried out, the treatments grouped according to the formulated relations, being conserved that of fat/protein, but diminishing that of humidity/protein, for the loss of humidity for thermal treatment.

Finally correlations for the prediction of the qualification of the juiciness and bite were obtained of the product emitted by the body of judges, in terms of the relation of fat/protein and fat/protein and humidity/protein respectively that explain the variability of these characteristics.

The work allows to conclude that the composition of the emulsive products is predictable, and controllable, starting from the correct compositive characterization of the raw materials available, the correct planning of the final desirable composition and the correct care in the process.

The positive fat and humidity balance, outline starting from the industrial characteristics of meat, retention capacity of water and union value and, of the total water and fat, are appropriate index to predict the stability of the meat emulsives that influence in the appearance of the final product.

The tools that provide the lineal programming are compatible with the position of a model for the formulation of meat fine paste product.

The index fat/protein value keeps a strong relation with the juiciness characteristic value in a meat product as the sausage, when this attribute is evaluated by a body of trained judges for such a test and allows the prediction of this characteristic in the finished product.

The index humidity/protein and fat/protein values present an significant statistically relation, to 95% of confidence, with the bite of a sausage characteristic, when this is evaluated by a body of trained judges for such a test, and allow the prediction of this last characteristic in the finished product.

Key words: Lineal programming, meat fine paste product, formulation of meat products, meat quality, meat technological quality.

INTRODUCCION

La industria de carnes, como todas las industrias de alimentos, es muy competitiva en el sistema capitalista de producción. Al consumidor se le están enviando permanentemente mensajes comerciales que no solo consideran el valor nutricional de los productos, sino también aspectos relativos a las propiedades sensoriales de los mismos, así como el efecto sobre alguna condición de la salud de quien los consume. Obviamente, uno de los atractivos que siempre está presente, es el precio.

El quehacer cotidiano del director técnico de estas plantas productoras y de su departamento de investigación y desarrollo, está orientado a satisfacer las necesidades del mercado el cual cada vez

es más exigente, en la medida que se incorporan nuevas restricciones al proceso productivo que pueden ir desde la sustitución de materiales que escasean en el medio, hasta la incorporación de materias primas o insumos más baratos que manteniendo la homogeneidad en la producción, permiten imponer nuevas condiciones a la competencia.

La industria de productos cárnicos de pasta fina (emulsificados) representa en Colombia un alto porcentaje de la producción total de carnes procesadas. Aunque existe la norma 1325 del Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), a través de la cual se reglamenta la composición promedio que deben cumplir los productos cárnicos; en la práctica existen grandes problemas de calidad asociados a la gran extensión del territorio colombiano, a la gran diversidad de productos cárnicos regionales y a la carencia o falta de voluntad de aplicar recursos científico-técnicos apropiados, tanto de control como de producción. La gran mayoría de estos productos son mercadeados sin ser sometidos a los controles técnicos pertinentes y por ende, con calidades y características sumamente variables dentro de un mismo grupo de ellos.

Ahora bien, como se reconoce que la dimensión del problema es bastante grande, metodológicamente se pretendió confrontarlo gradualmente, bajo la premisa de que la forma más eficaz de garantizar una composición constante de un producto es mediante la formulación previa con base en la caracterización de la materia prima y el control del proceso, pudiéndose llegar además a establecer una relación entre características físico-químicas como grasa, proteína, humedad, balance de grasa, balance de humedad, que a la vez determinen las características sensoriales, del producto final, consideradas las más importantes dentro de los criterios de selección que tiene el consumidor. Obviamente la dimensión del problema es muy amplia, pero, en la medida en que se aborde sistemáticamente será posible su solución.

Desde el punto de vista técnico se considera que en la medida en que las características de funcionalidad sean determinadas previamente, se disminuyen posibilidades de error en la utilización final del material, lo que en la práctica, conduce a obtener un producto muy semejante al planteado teóricamente; haciéndose necesario entonces, establecer parámetros de calidad final predecibles desde la formulación del producto, claros y de fácil medida y aplicación.

Como objetivos del presente trabajo se plantearon la predicción de características físico-químicas y sensoriales de un producto cárnico emulsificado (salchicha Frankfurt) a partir de su formulación y de los valores de los índices Grasa/Proteína, Humedad/Proteína, Balance de Humedad y Balance de Grasa; usando como herramientas de formulación la composición bromatológica de las materias primas, valor de ligazón de grasa de los cortes cárnicos y capacidad de retención de humedad de cada uno de los materiales, mediante los métodos de la programación lineal, para una posterior corroboración de acuerdo con la evaluación bromatológica y sensorial del producto elaborado.

MATERIALES Y METODOS

Se formularon cuatro tipos de salchichas Frankfurt, siguiendo los parámetros exigidos por la Norma 1325 del Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (NTC 1325 de ICONTEC) en cuanto a composición bromatológica y niveles de uso de sustancias permitidas. No se tuvieron en cuenta restricciones de índole de suministro. No se adicionaron agentes emulsificantes diferentes a la proteína que aporta la carne usada. Se usaron los valores de % de proteína, % de grasa, % de humedad, balance de humedad, balance de grasa, Grasa/Proteína y Agua/Proteína como predictores de características como mordida, jugosidad, estabilidad de emulsión y mermas en el proceso. Se

usaron dos diferentes relaciones de Grasa/Proteína (1.8 y 2.1) y Agua/Proteína (4.2 y 4.5) como modificadores de características sensoriales, y determinantes de cuatro tratamientos, así: Tratamiento 1: G/P = 1.8, H/P = 4.2; tratamiento 2: G/P = 1.8, H/P = 4.5; tratamiento 3: G/P = 2.1, H/P = 4.2; tratamiento 4: G/P = 2.1, H/P = 4.5. Se involucró el costo de cada una de las materias primas, ingredientes y aditivos, como criterio de selección de la alternativa a realizar.

Las materiales disponibles para la elaboración fueron carne industrial de bovino y cerdo, grasa de bovino y cerdo, agua, sal, nitrito de sodio, tripolifosfato, eritorbato de sodio, humo líquido, condimento comercial base para salchicha. Tripa wiene-pak de Teepak, calibre 16, cordel y bolsas plásticas polietileno-poliamida.

Los equipos básicos usados para la elaboración del producto fueron balanza marca Detecto, cava marca Indufrío 2 HP, sierra sinfín marca Toledo, molino marca Hobart de 4 HP, cutter marca Cato de 15 l, embudidora marca Cato hidráulica ascendente de 30 l, amarradora marca Talsa, horno a gas programable marca Talsa.

Para la determinación de %de proteína, % de grasa y % de humedad, cloruros, nitritos y fosfatos se usaron los métodos aprobados por la AOAC. La determinación de cenizas se realizó por diferencia.

Procedimiento de formulación. Una vez caracterizadas cada una de las materias primas, ingredientes y aditivos con posibilidad de ser usadas en la formulación (en las cinco repeticiones), se procedió al planteamiento de las restricciones de ley, norma, de inventario y técnicas, usando como criterio final el costo, para lo cual se siguió el siguiente procedimiento:

S análisis bromatológico de todas y cada una de las materias primas cárnicas susceptibles de ser utilizadas,

S determinación de Cloruros, Nitrito y Fosfato en cada uno de los productos comerciales usados en la formulación,

S planteamiento de restricciones de norma (NTC 1325, ICONTEC) en términos de contenidos mínimos y máximos de proteína, grasa, humedad, nitritos, ascorbatos, fosfatos y eritorbatos,

S planteamiento de restricciones técnicas o de formulación, en términos de relaciones Humedad /Proteína y Grasa/Proteína,

S planteamiento de restricciones de estabilidad de la emulsión en términos de balances de humedad y grasa positivos,

S planteamiento de la función objetivo en términos de costo, con el propósito de minimizarla.

Para tal efecto se usó el siguiente modelo de cálculo: Sea m_i la cantidad de kg. del material i necesarios para elaborar 100 kg. de pasta de salchicha sujeta a las siguientes condiciones:

Función objetivo: Minimizar costos.

Donde,

c_i : costo del material i ; en \$

m_i : cantidad de masa del material i involucrado en la fórmula.

Para 16 materiales, desarrollando la fórmula se obtiene:

$$\sum_{i=1}^n c_i x m_i \text{ hacerla m\u00ednima}$$

Minimizar:

$$C_1 m_1 + C_2 m_2 + C_3 m_3 + C_4 m_4 + C_5 m_5 + C_6 m_6 + C_7 m_7 + C_8 m_8 + C_9 m_9 + C_{10} m_{10} + C_{11} m_{11} + C_{12} m_{12} + C_{13} m_{13} + C_{14} m_{14} + C_{15} m_{15} + C_{16} m_{16}$$

Sujeto a:

$$\sum_{i=1}^n m_i = 100$$

Base de c\u00e1lculo:

Desarrollando la f\u00f3rmula se obtiene:

$$m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6 + m_7 + m_8 + m_9 + m_{10} + m_{11} + m_{12} + m_{13} + m_{14} + m_{15} + m_{16} = 100$$

Humedad:

Donde % es una fracci\u00f3n.

$$\sum_{i=1}^n \% h_i x m_i \leq 67$$

Desarrollando la f\u00f3rmula se obtiene:

$$\% h_1 m_1 + \% h_2 m_2 + \% h_3 m_3 + \% h_4 m_4 + \% h_5 m_5 + \% h_6 m_6 + \% h_7 m_7 + \% h_8 m_8 + \% h_9 m_9 + \% h_{10} m_{10} + \% h_{11} m_{11} + \% h_{12} m_{12} + \% h_{13} m_{13} + \% h_{14} m_{14} + \% h_{15} m_{15} + \% h_{16} m_{16} \leq 67$$

Grasa:

Desarrollando la f\u00f3rmula se obtiene:

$$\sum_{i=1}^n \% g_i x m_i \leq 28$$

$$\% g_1 m_1 + \% g_2 m_2 + \% g_3 m_3 + \% g_4 m_4 + \% g_5 m_5 + \% g_6 m_6 + \% g_7 m_7 + \% g_8 m_8 + \% g_9 m_9 + \% g_{10} m_{10} + \% g_{11} m_{11} + \% g_{12} m_{12} + \% g_{13} m_{13} + \% g_{14} m_{14} + \% g_{15} m_{15} + \% g_{16} m_{16} \leq 28$$

Prote\u00edna:

Desarrollando la f\u00f3rmula se obtiene:

$$\sum_{i=1}^n \% p_i x m_i \geq 12$$

$$\% p_1 m_1 + \% p_2 m_2 + \% p_3 m_3$$

$$+ \% p_4 m_4 + \% p_5 m_5 + \% p_6 m_6 + \% p_7 m_7 + \% p_8 m_8 + \% p_9 m_9 + \% p_{10} m_{10} + \% p_{11} m_{11} + \% p_{12} m_{12} + \% p_{13} m_{13} + \% p_{14} m_{14} + \% p_{15} m_{15} + \% p_{16} m_{16} \geq 12$$

Sal:

Donde %_s es el porcentaje de sal que

contiene el material

i.

$$\sum_{i=1}^n \% s_i x m_i = 2$$

Desarrollando la f\u00f3rmula se obtiene:

$$\% \text{sal} \quad 1m1 + \% \text{sal} 2m2 + \quad \quad \quad \% \text{sal} 3m3 + \% \text{sal} \quad \quad \quad 4m4 + \% \text{sal} 5m5 + \% \text{sal} 6m6 + \% \text{sal} 7m7 + \% \text{sal} 8m8 + \% \text{sal} 9m9 + \% \text{sal} 10m10 + \% \text{sal} 11m11 + \% \text{sal} 12m12 + \% \text{sal} 13m13 + \% \text{sal} 14m14 + \% \text{sal} 15m15 + \% \text{sal} 16m16 = 2$$

Nitrito de sodio:

$$\sum_{i=1}^n \% \text{Nit}_i \times m_i = 200 \text{ ppm}$$

Donde %Nit_i es el % de nitrito que contiene el material i.

Desarrollando la fórmula se obtiene:

$$\% \text{Nit} 1m1 + \% \text{Nit} 2 m2 + \% \text{Nit} 3m3 + \% \text{Nit} 4m4 + \% \text{Nit} 5m5 + \% \text{Nit} 6m6 + \% \text{Nit} 7m7 + \% \text{Nit} 8m8 + \% \text{Nit} 9m9 + \% \text{Nit} 10m10 + \% \text{Nit} 11m11 + \% \text{Nit} 12m12 + \% \text{Nit} 13m13 + \% \text{Nit} 14m14 + \% \text{Nit} 15m15 + \% \text{Nit} 16m16 = 0.020$$

Fosfatos:

Donde %fos_i es el % de fosfato que contiene el material i.

$$\sum_{i=1}^n \% \text{fos}_i \times m_i = 0.5$$

Desarrollando la fórmula se obtiene:

$$\% \text{fos} 1m1 + \% \text{fos} 2m2 + \% \text{fos} \quad \quad \quad 3m3 + \% \text{fos} 4m4 + \% \text{fos} 5m5 + \% \text{fos} 6m6 + \% \text{fos} 7m7 + \% \text{fos} 8m8 + \% \text{fos} 9m9 + \% \text{fos} 10m10 + \% \text{fos} 11m11 + \% \text{fos} 12m12 + \% \text{fos} 13m13 + \% \text{fos} 14m14 + \% \text{fos} 15m15 + \% \text{fos} 16m16 = 0.500$$

Ascorbatos:

Donde % asc_i es el porcentaje de
contiene el material i.

$$\sum_{i=1}^n \% \text{asc}_i \times m_i = 0.05$$

ascorbatos que

Desarrollando la fórmula se obtiene:

$$\% \text{asc} 1m1 + \% \text{asc} 2 m2 + \% \text{asc} 3m3 + \% \text{asc} 4m4 + \% \text{asc} 5m5 + \% \text{asc} 6m6 + \% \text{asc} 7m7 + \% \text{asc} 8m8 + \% \text{asc} 9m9 + \% \text{asc} 10m10 + \% \text{asc} 11m11 + \% \text{asc} 12m12 + \% \text{asc} 13m13 + \% \text{asc} 14m14 + \% \text{asc} 15m15 + \% \text{asc} 16m16 = 0.050$$

Condimento:

m15=1.2 (recomendación del fabricante)

Balance de grasa:

Donde VI_i es el valor de ligazón del
el porcentaje de grasa del material i

$$\sum_{i=1}^n (VI_i - \% g_i) m_i > 0$$

material i y, %g_i es

Desarrollando la fórmula se obtiene:

$$(VII - \%g1)m1 + (VI 2- \%g2)m2 + (VI3 - \%g3)m3 + (VI4 - \%g4)m4 + (VI5 - \%g5)m5 + (VI6 - \%g6)m6 + (VI7 - \%g7) m7 + (VI8 - \%g8) m8 + (VI9 - \%g9) m9 + (VII0 - \%g10) m10 + (VII1 - \%g11)m11 + (VII2 - \%g12) m12 + (VII3 - \%g13)m13 + (VII4 - \%g14) m14 + (VII5- \%g15) m15 + (VII6 - \%g16)m16 > 0$$

Balance de humedad:

Donde cra_i es la capacidad de retención de agua

$$\sum_{i=1}^n cra_i m_i - agua_{adicional} > 0$$

Desarrollando la fórmula se obtiene:

$$cra_1 m_1 + cra_2 m_2 + cra_3 m_3 + cra_4 m_4 + cra_5 m_5 + cra_6 m_6 + cra_7 m_7 + cra_8 m_8 + cra_9 m_9 + cra_{10} m_{10} + cra_{11} m_{11} + cra_{12} m_{12} + cra_{13} m_{13} + cra_{14} m_{14} + cra_{15} m_{15} - m_{16} > 0$$

Relación Grasa /Proteína: A

Grasa B A proteína = 0

Desarrollando la fórmula se obtiene:

$$\sum_{i=1}^n (\% g_i - A \% p_i) m_i = 0$$

$$(\% g_1 B A \% p_1) m_1 + (\% g_2 B A \% p_2) m_2 + (\% g_3 B A \% p_3) m_3 + (\% g_4 B A \% p_4) m_4 + (\% g_5 B A \% p_5) m_5 + (\% g_6 B A \% p_6) m_6 + (\% g_7 B A \% p_7) m_7 + (\% g_8 B A \% p_8) m_8 + (\% g_9 B A \% p_9) m_9 + (\% g_{10} B A \% p_{10}) m_{10} + (\% g_{11} B A \% p_{11}) m_{11} + (\% g_{12} B A \% p_{12}) m_{12} + (\% g_{13} B A \% p_{13}) m_{13} + (\% g_{14} B A \% p_{14}) m_{14} + (\% g_{15} B A \% p_{15}) m_{15} + (\% g_{16} B A \% p_{16}) m_{16} = 0$$

Relación Humedad/Proteína: B

Desarrollando la fórmula se obtiene:

$$\sum_{i=1}^n (\% h_i - B \% p_i) m_i = 0$$

$$(\% h_1 B B \% p_1) m_1 + (\% h_2 B B \% p_2) m_2 + (\% h_3 B B \% p_3) m_3 + (\% h_4 B B \% p_4) m_4 + (\% h_5 B B \% p_5) m_5 + (\% h_6 B B \% p_6) m_6 + (\% h_7 B B \% p_7) m_7 + (\% h_8 B B \% p_8) m_8 + (\% h_9 B B \% p_9) m_9 + (\% h_{10} B B \% p_{10}) m_{10} + (\% h_{11} B B \% p_{11}) m_{11} + (\% h_{12} B B \% p_{12}) m_{12} + (\% h_{13} B B \% p_{13}) m_{13} + (\% h_{14} B B \% p_{14}) m_{14} + (\% h_{15} B B \% p_{15}) m_{15} + (\% h_{16} B B \% p_{16}) m_{16} = 0$$

Planteado el problema se resolvió en cada caso, usando el programa LINDO (*Linear Interactive Discrete Optimizer*), propiedad de la Facultad de Minas, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

Procedimiento de elaboración. Para la elaboración del pastón cárnico se utilizó el procedimiento normal seguido para la elaboración de este tipo de productos en una línea de producción discontinua, es decir, clasificación de los cortes, fraccionamiento, presalado, molido, picado fino (extracción de proteína, elaboración de la emulsión), embutido, porcionado, secado, aplicación de humo líquido superficial, cocción, duchado y por último, almacenamiento en refrigeración por cinco días, a partir de los cuales se tomaron las muestras para análisis bromatológico, y, para evaluación sensorial. En el Anexo 3, se presenta el esquema seguido para la elaboración del producto. Previo al tratamiento térmico y posterior al duchado, se determinaron los respectivos pesos a los lotes para evaluar las pérdidas por cocción.

Diseño estadístico. Se aplicó un diseño de bloques al azar con arreglo factorial 2x2, con cinco repeticiones.

Se realizó un análisis de varianza para todos los valores relativos a composición de las salchichas (proteína, grasa, humedad y cenizas), así como a las características de formulación: relaciones

Grasa/Proteína, Humedad /Proteína y Pérdidas por tratamiento térmico, frente a tratamiento (bloques) y repetición, todo esto a un nivel de confianza del 95%. Cuando se presentaron diferencias estadísticas se evaluaron mediante una prueba de rango múltiple de Duncan, también al 95% de confiabilidad.

La evaluación sensorial se realizó de acuerdo a lo recomendado por López y col. (1998) mediante un panel de siete jueces que presentaron respuestas homogéneas y concordantes, escogidos dentro de un grupo de personas que recibieron un entrenamiento para evaluación de las características que aquí se pretendía determinar, es decir, mordida de una salchicha evaluada mediante atributos como dureza, elasticidad, fibrosidad, adherencia a los dientes; jugosidad y apariencia general del producto, medido en términos de ausencia de defectos. Este panel de jueces realiza rutinariamente esta labor en una empresa de productos alimenticios de la ciudad de Medellín.

Para la evaluación de la apariencia, mordida y jugosidad, los panelistas marcaron la intensidad de cada una de las características específicas, percibida en cada una de las muestras codificadas. Para ello se utilizó una escala de intervalo de 20 puntos, que fue de menor a mayor intensidad.

Las muestras se presentaron en recipientes pequeños, codificados con números aleatorios de tres dígitos, en donde cada muestra recibió un código diferente. A cada panelista se le presentaron simultáneamente las muestras, en un orden aleatorio. Los panelistas habían sido instruidos previamente respecto a la evaluación independiente de las muestras.

Para el análisis de los resultados de la escala lineal, las marcas realizadas por los panelistas se convirtieron en puntajes numéricos, midiendo la distancia en cm entre el extremo izquierdo o punto de menor intensidad y las marcas de los panelistas, convirtiéndolos mediante la proporción de 0.5 cm = 1 unidad del puntaje. Estos resultados fueron sometidos posteriormente a un análisis estadístico donde se separaron los efectos de los tratamientos, panelistas, repeticiones e interacciones.

RESULTADOS Y DISCUSION

En las tablas 1 a 5 se presentan los resultados correspondientes a la composición bromatológica de las materias primas disponibles para las cinco repeticiones, los cuales fueron usados directamente en el planteamiento de cada modelo.

Los valores de pH para todas las carnes usadas en los diferentes tratamientos, oscilaron entre 5.55 y 5.8.

Tabla 1. Composición promedio de las materias primas disponibles para la repetición 1.

	%G	%P	%H	%C	%Sal
Toro	8.00	20.80	70.40	0.80	0.00
Cogote*	10.80	19.40	69.20	0.60	0.00
Carrillada*	14.00	19.00	66.50	0.50	0.00
Lagartos*	12.00	18.10	69.20	0.70	0.00
Falda*	55.00	9.90	34.40	0.70	0.00
Papada*	68.00	7.20	24.20	0.60	0.00
Cachete*	17.20	17.50	64.70	0.60	0.00
Recortes del 20*	20.50	17.50	61.40	0.60	0.00
Recortes del 50*	46.00	9.80	43.60	0.60	0.00
Grasa*	86.00	3.10	10.20	0.70	0.00
Sal	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
Nitral**	0.00	0.00	0.00	100.00	94.00
Fosfatos	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
Ascorbatos	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
Condimento	11.00	0.00	0.00	89.00	50.00
Hielo	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00

* Se han usado los nombres comerciales de las carnes en el Departamento de Antioquia (Rep. de Colombia).

**Nombre de sal comercial de Nitrito de Sodio con 6%de NaNO₂.

La procedencia anatómica que corresponde a: Cogote es la carne que procede del cuello del bovino. Carrillada es la carne procedente de los maseteros del bovino. Lagartos es la carne que procede de los flexores y extensores de los dedos del bovino. Falda corresponde al flanco ventral del bovino. Papada corresponde a la grasa del cuello del cerdo. Recortes del 20 y del 50, son recortes industriales que contienen aproximadamente ese porcentaje de grasa. Grasa corresponde al tocino dorsal del cerdo.

Tabla 2. Composición de los diferentes materiales cárnicos disponibles para la repetición 2.

	%G	%P	%H	%C	%Sal
Toro	8.00	21.20	70.00	0.90	0.00
Cogote	11.00	19.00	69.50	0.50	0.00
Carrillada	14.10	17.00	68.40	0.50	0.00
Lagartos	14.00	16.00	69.30	0.70	0.00
Falda	55.00	10.20	34.10	0.70	0.00
Papada	69.10	7.30	23.20	0.40	0.00
Cachete	17.00	17.60	64.80	0.60	0.00
Recortes del 20	22.00	17.50	59.90	0.60	0.00
Recortes del 50	57.00	8.00	34.40	0.60	0.00
Grasa	86.00	3.10	10.20	0.70	0.00

Tabla 3. Composición de los diferentes materiales cárnicos disponibles para la repetición 3.

	%G	%P	%H	%C	%Sal
Toro	10.00	20.50	69.00	0.50	0.00
Cogote	14.20	19.00	66.20	0.60	0.00
Carrillada	15.10	18.10	66.30	0.50	0.00
Lagartos	12.00	16.30	71.30	0.40	0.00
Falda	59.00	7.90	32.70	0.40	0.00
Papada	67.80	7.30	24.30	0.60	0.00
Cachete	17.40	17.50	64.50	0.60	0.00
Recortes del 20	20.00	17.40	62.10	0.50	0.00
Recortes del 50	47.80	9.20	42.40	0.60	0.00
Grasa	86.00	3.20	10.00	0.80	0.00

Tabla 4. Composición de los diferentes materiales cárnicos disponibles para la repetición 4.

	%G	%P	%H	%C	%Sal
Toro	8.00	21.00	70.40	0.60	0.00
Cogote	9.80	19.00	70.70	0.50	0.00
Carrillada	18.30	18.90	62.30	0.50	0.00
Lagartos	12.00	17.40	70.10	0.50	0.00
Falda	57.00	10.20	32.30	0.50	0.00
Papada	68.80	7.40	23.30	0.50	0.00
Cachete	17.50	17.50	64.40	0.60	0.00
Recortes del 20	20.10	17.50	62.00	0.40	0.00
Recortes del 50	55.00	9.60	34.80	0.60	0.00
Grasa	86.00	3.10	10.20	0.70	0.00

Tabla 5. Composición de los diferentes materiales disponibles para la repetición 5.

	%G	%P	%H	%C	%Sal
Toro	7.00	20.80	71.40	0.80	0.00
Cogote	14.80	19.00	65.80	0.40	0.00
Carrillada	14.50	19.00	66.00	0.50	0.00
Lagartos	10.00	18.10	71.40	0.50	0.00
Falda	56.00	9.40	34.20	0.40	0.00
Papada	68.80	7.30	23.40	0.50	0.00
Cachete	17.20	17.60	64.60	0.60	0.00
Recortes del 20	23.20	17.40	58.80	0.60	0.00
Recortes del 50	46.00	10.40	43.10	0.50	0.00
Grasa	86.00	3.10	10.20	0.70	0.00

En la Tabla 6 se presentan el código interno asignado a cada uno de los materiales disponibles para la fabricación de la salchicha, sus características industriales y precio.

Tabla 6. Código, características industriales y precio de los diferentes materiales usados para la fabricación de la salchicha.

	Código	Valor de ligazón %	CRA %	Precio \$/Kg.
Toro	M1	100.0	35.0	4300
Cogote	M2	85.0	30.0	3800
Carrillada	M3	80.0	28.0	3000
Lagartos	M4	80.0	19.0	3700
Falda	M5	50.0	11.0	3400
Papada	M6	35.0	8.0	1750
Cachete	M7	75.0	22.0	2600
Recortes del 20	M8	80.0	25.0	3250
Recortes del 50	M9	55.0	10.0	1900
Grasa	M10	10.0	4.0	1600
Sal	M11	0.0	100.0	410
Nitral	M12	0.0	100.0	550
Fosfatos	M13	0.0	100.0	3400
Ascorbatos	M14	0.0	100.0	10100
Condimento	M15	0.0	89.0	9600
Hielo	M16	0.0	0.0	25

Las Tablas 7 a 11 muestran la formulación de cada uno de los tratamientos en cada una de las repeticiones; resultados directamente obtenidos de la corrida de los diferentes modelos en el programa de computador.

Tabla 7. Formulaciones usadas en la repetición 1.

Materia prima	Tratamiento 1. Cantidad usada (Kg.)	Tratamiento 2. Cantidad usada (Kg.)	Tratamiento 3. Cantidad usada (Kg.)	Tratamiento 4. Cantidad usada (Kg.)
Papada	18.259	17.504	24.004	23.053
Cachete	71.202	68.295	65.603	63.030
Sal	1.089	1.089	1.089	1.089
Nitral	0.333	0.333	0.333	0.333
Fosfatos	0.500	0.500	0.500	0.500
Ascorbatos	0.050	0.050	0.050	0.050
Condimento	1.200	1.200	1.200	1.200
Hielo	7.368	11.030	7.222	10.746

Tabla 8. Formulaciones usadas en la repetición 2.

Materia prima	Tratamiento 1. Cantidad usada (Kg.)	Tratamiento 2. Cantidad usada (Kg.)	Tratamiento 3. Cantidad usada (Kg.)	Tratamiento 4. Cantidad usada (Kg.)
Papada	18.578	17.546	23.943	22.993
Cachete	71.222	67.787	65.159	62.603
Sal	1.089	1.089	1.089	1.089
Nitral	0.333	0.333	0.333	0.333
Fosfatos	0.500	0.500	0.500	0.500
Ascorbatos	0.050	0.050	0.050	0.050
Condiment o	1.200	1.200	1.200	1.200
Hielo	6.529	11.495	7.728	11.233

Tabla 9. Formulaciones usadas en la repetición 3.

Materia prima	Tratamiento 1. Cantidad usada (Kg.)	Tratamiento 2. Cantidad usada (Kg.)	Tratamiento 3. Cantidad usada (Kg.)	Tratamiento 4. Cantidad usada (Kg.)
Papada	18.114	17.365	23.906	22.959
Cachete	71.159	68.254	65.507	62.939
Sal	1.089	1.089	1.089	1.089
Nitral	0.333	0.333	0.333	0.333
Fosfatos	0.500	0.500	0.500	0.500
Ascorbatos	0.050	0.050	0.050	0.050
Condiment o	1.200	1.200	1.200	1.200
Hielo	7.556	11.210	7.416	10.931

Tabla 10. Formulaciones usadas en la repetición 4.

Materia prima	Tratamiento 1. Cantidad usada (Kg.)	Tratamiento 2. Cantidad usada (Kg.)	Tratamiento 3. Cantidad usada (Kg.)	Tratamiento 4. Cantidad usada (Kg.)
Papada	17.736	17.002	23.455	22.526
Cachete	71.231	68.322	65.581	63.009
Sal	1.089	1.089	1.089	1.089
Nitral	0.333	0.333	0.333	0.333
Fosfatos	0.500	0.500	0.500	0.500
Ascorbatos	0.050	0.050	0.050	0.050
Condimento	1.200	1.200	1.200	1.200
Hielo	7.861	11.504	7.792	11.294

Tabla 11. Formulaciones usadas en la repetición 5.

Materia prima	Tratamiento 1. Cantidad usada (Kg.)	Tratamiento 2. Cantidad usada (Kg.)	Tratamiento 3. Cantidad usada (Kg.)	Tratamiento 4. Cantidad usada (Kg.)
Papada	18.299	17.542	23.841	22.896
Cachete	70.620	67.739	65.182	62.626
Sal	1.089	1.089	1.089	1.089
Nitral	0.333	0.333	0.333	0.333
Fosfatos	0.500	0.500	0.500	0.500
Ascorbatos	0.050	0.050	0.050	0.050
Condimento	1.200	1.200	1.200	1.200
Hielo	7.910	11.547	7.805	11.307

Las tablas 12 a 16 muestran los resultados promedio de la composición de las salchichas por tratamiento y por repetición.

Tabla 12. Composición promedio de la salchicha en los diversos tratamientos, repetición 1.

	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4
% Proteína	14.20	13.89	13.70	13.20
% Grasa	25.31	24.90	28.77	27.80
% Humedad	57.22	57.90	54.23	55.60
% Cenizas	3.27	3.31	3.30	3.40

Tabla 13. Composición promedio de la salchicha en los diversos tratamientos, repetición 2.

	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4
%Proteína	14.16	13.73	13.75	13.34
%Grasa	26.01	25.05	28.10	27.88
%Humedad	56.55	57.90	54.84	55.44
%Cenizas	3.28	3.32	3.31	3.34

Tabla 14. Composición promedio de la salchicha en los diversos tratamientos, repetición 3.

	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4
%Proteína	14.18	13.77	13.71	13.27
%Grasa	25.52	24.92	28.66	27.47
%Humedad	57.03	57.98	54.32	55.95
%Cenizas	3.27	3.32	3.31	3.31

Tabla 15. Composición promedio de la salchicha en los diversos tratamientos, repetición 4.

	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4
%Proteína	14.32	13.73	13.67	13.24
%Grasa	25.48	24.85	28.30	27.95
%Humedad	56.88	58.11	54.70	55.47
%Cenizas	3.32	3.31	3.33	3.34

Tabla 16. Composición promedio de la salchicha en los diversos tratamientos, repetición 5.

	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4
%Proteína	14.20	13.86	13.63	13.22
%Grasa	25.98	24.96	28.64	28.03
%Humedad	56.54	57.85	54.41	55.42
%Cenizas	3.28	3.33	3.30	3.33

Los contenidos de proteína, grasa, humedad y cenizas no presentaron diferencia estadística cuando se evaluaron contra las repeticiones a un nivel de confianza del 95%, lo cual da una idea de la

correcta caracterización de los materiales utilizados para la formulación de los diferentes tratamientos cada vez que se repitieron.

Los datos correspondientes a la variable proteína, presentaron diferencia estadística entre los cuatro tratamientos cuando se evaluaron con un nivel de confianza del 95%. Todos los tratamientos fueron formulados con un nivel de proteína mayor del 12%, pero no se controló el límite superior.

Los datos correspondientes a la variable grasa presentaron una diferencia estadística significativa entre los cuatro tratamientos cuando se evaluaron a un nivel de confianza del 95%. El valor correspondiente a la variable grasa, no cumplió con la NTC 1325 en todas las repeticiones del tratamiento 3 a pesar de haberse formulado controlando el límite superior, lo cual no contradice lo expresado por Waters (1997) y Rust (1998) si se tiene en cuenta que el exceder este valor obedece a la concentración que presentan los constituyentes grasa, proteína y cenizas cuando se producen las pérdidas por tratamiento térmico, en razón, parece ser, al tipo de empaque utilizado, ya que las formulaciones presentan un balance de humedad positivo. El tratamiento tres corresponde a unos índices formulados de G/P: 2.1 y H/P: 4.2, que al final del proceso térmico se convierten aproximadamente en G/P: 2.1 y H/P: 4.0, lo cual ocasiona, por la reducción del índice H/G, que para el caso fue del 5% en promedio, que la condición de grasa, que se encontraba próxima al límite superior fijado por la norma, fuera excedido. Los índices del tratamiento tres fueron los más sensibles. Los restantes tratamientos tenían mayor holgura. Solo para el tratamiento cuatro, en la quinta repetición, los resultados de la grasa sobrepasaron ligeramente el valor tope fijado por la NTC 1325.

Los datos correspondientes a la humedad presentaron diferencias estadísticas significativas cuando se evaluaron contra tratamientos a niveles de confianza de 95%.

Los datos correspondientes a las cenizas formaron tres grupos homogéneos cuando fueron evaluados contra tratamientos a un nivel de confiabilidad del 95%, así: tratamientos 1 y 3, tratamientos 3 y 2 y, tratamientos 2 y 4. Las cenizas evaluadas provienen básicamente de las sales adicionadas a las carnes en las diferentes formulaciones, tales como sal, nitrito de sodio, tripolifosfato, ascorbato, entre otros, y ya que estas cantidades fueron constantes para todos los tratamientos y todas las repeticiones, el comportamiento estadístico de los datos correspondientes a las cenizas debería ser el mismo que exhiben los datos correspondientes a pérdidas por tratamiento térmico, en el cual se formaron dos grupos homogéneos de datos así: los correspondientes a los tratamientos 1 y 3 y, los de los tratamientos 2 y 4, los cuales coinciden con los conformados por las cenizas, sin embargo el enlace del segundo grupo conformado por los tratamientos 3 y 2, puede deberse a la cantidad de cenizas aportadas por las carnes de la formulación, corroborando de hecho lo expresado por Rust (1998).

Las Tablas 17 a 21 presentan los resultados promedios correspondientes a los valores de las variables Relación Grasa/Proteína, Humedad/Proteína y porcentaje de Pérdida por tratamiento térmico, por tratamiento y repetición.

Tabla 17. Valores promedio de Relación Grasa/Proteína, Humedad/Proteína y %de Pérdida por Tratamiento Térmico de cada tratamiento. Repetición 1.

	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4
Grasa/Proteína	1.78	1.79	2.10	2.10
Humedad/Proteína	4.03	4.16	3.96	4.21
%Pérdida por Tratamiento Térmico	2.80	4.10	3.30	4.20

Tabla 18. Valores promedio de Relación Grasa/Proteína, Humedad/Proteína y %de Pérdida por Tratamiento Térmico de cada tratamiento. Repetición 2.

	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4
Grasa/Proteína	1.83	1.83	2.04	2.09
Humedad/Proteína	3.99	4.21	3.99	4.15
%Pérdida por Tratamiento Térmico	3.10	4.50	3.70	4.60

Tabla 19. Valores promedio de Relación Grasa/Proteína, Humedad/Proteína y %de Pérdida por Tratamiento Térmico de cada tratamiento. Repetición 3.

	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4
Grasa/Proteína	1.80	1.81	2.09	2.07
Humedad/Proteína	4.02	4.21	3.96	4.21
%Pérdida por Tratamiento Térmico	3.00	3.80	3.60	4.00

Tabla 20. Valores promedio de Relación Grasa/Proteína, Humedad/Proteína y %de Pérdida por Tratamiento Térmico de cada tratamiento. Repetición 4.

	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4
Grasa/Proteína	1.78	1.81	2.07	2.11
Humedad/Proteína	3.97	4.23	4.00	4.19
%Pérdida por Tratamiento Térmico	3.80	4.00	3.60	4.60

Tabla 21. Valores promedio de Relación Grasa/Proteína, Humedad/Proteína y % de Pérdida por Tratamiento Térmico de cada tratamiento. Repetición 5.

	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4
Grasa/Proteína	1.83	1.80	2.10	2.12
Humedad/Proteína	3.98	4.17	3.99	4.19
% Pérdida por Tratamiento Térmico	3.50	4.20	3.80	4.50

Los datos correspondientes a las Relaciones Grasa/Proteína, Humedad/Proteína y Pérdida por tratamiento térmico, no presentaron diferencia estadística cuando se evaluaron contra repetición a un nivel de confiabilidad del 95%.

Los datos correspondientes a Relación Grasa/Proteína presentaron diferencia estadística cuando se evaluaron contra el tratamiento a un nivel de confiabilidad del 95%, constituyéndose en dos grupos homogéneos. El primer grupo conformado por los tratamientos 1 y 2, y el segundo grupo conformado por los tratamientos 3 y 4. Estos resultados mantienen la relación G/P con los que fueron formulados los dos grupos diferentes de tratamientos, lo cual indica que las pérdidas que se suceden por tratamiento térmico corresponden a pérdidas de humedad concordando con lo expresado por Waters (1997).

Cuando se analizaron los datos correspondientes a Humedad/Proteína contra tratamientos, se constituyeron dos grupos homogéneos diferentes conformados por los tratamientos 1 y 3 el primero y, 2 y 4 el segundo, para un nivel de confiabilidad del 95%. La conformación de estos grupos obedece a la distribución usada para la formulación, así mismo se repite la que aparece cuando se evaluaron los datos correspondientes a pérdidas por tratamiento térmico indicando una posible relación entre estas dos variables.

La Tabla 22 presenta los resultados transformados correspondientes a la evaluación sensorial de los cuatro tratamientos de salchicha, en sus cinco repeticiones.

Tabla 22. Resultados transformados para la evaluación sensorial

	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4
Apariencia	1.87	2.01	2.10	2.42
Jugosidad	7.57	7.48	3.02	2.68
Mordida	11.20	9.61	6.37	4.11

El cuerpo de jueces se comportó como un instrumento confiable para la medida de las características que se pretendía determinar, ya que siempre se constituyeron en un grupo homogéneo, cuando se evaluaron sus respuestas al 95% de confiabilidad.

Ninguna de las variables presentó diferencia estadística cuando se evaluó contra la repetición a un nivel de confiabilidad del 95%. La variable apariencia no presentó además diferencia estadística ni contra tratamientos, ni contra jueces, a un nivel de confiabilidad del 95%. En general la calificación que recibió la apariencia de las salchichas en los cuatro tratamientos fue buena. Ninguno de los tratamientos presentó separación de grasa o agua, superficie arrugada o formación de gelatina.

Cuando se intentó establecer una relación entre los valores de la variable apariencia, balance de grasa y balance de agua, positivos ambos, ninguno de los modelos evaluados (regresión lineal y regresión lineal múltiple) explicaron en porcentaje importante el comportamiento de la variable, igualmente los modelos establecidos presentaron un bajo nivel de confiabilidad (< 90%).

Los cuatro tratamientos tuvieron en común un balance de humedad y de grasa positivos, en valores semejantes entre sí, confiriéndole alta estabilidad al pastón y evitando desprendimientos visibles de grasa y agua que determinan los defectos básicos calificados por los jueces para la variable apariencia. Así mismo los cortes de carne usados en cada formulación contenían bajos niveles de tejido conectivo ya que con el tratamiento térmico no se presentaron bolsas de gelatina en el producto, ni se desestabilizó la emulsión, lo cual coincide con lo afirmado por Olson (1997).

La variable jugosidad presentó diferencia estadística cuando se evaluó contra tratamiento a un nivel de confiabilidad del 95%, presentándose diferencias entre los tratamientos 4, 3 y, 2 y 1 que se constituyeron en un grupo. El tratamiento que mostró mayor jugosidad fue el número cuatro (G/P: 2.1, H/P: 4.5), luego siguió el número tres (G/P: 2.1, H/P: 4.2) y por último los tratamientos dos y uno (G/P: 1.8, H/P: 4.5 y, G/P: 1.8, H/P: 4.2, respectivamente).

De acuerdo al ordenamiento efectuado por los jueces, la relación Humedad/Proteína determina las diferencias en jugosidad cuando se analizan tratamientos con la misma Relación Grasa/Proteína, pero parece ser esta la determinante de esta característica, lo que coincide con lo afirmado por Pearson (1994).

Al establecerse una relación entre los valores promedios de la variable jugosidad por juez por repetición (entre los que no hubo diferencia estadísticamente significativa) para cada tratamiento, y el valor promedio de la relación Grasa/Proteína por repetición (donde no se presentó diferencia estadísticamente significativa) y para cada tratamiento, se encontró la siguiente relación:

$$\text{JUGOSIDAD} = 38.4204 - 17.1196 * \text{G/P}$$

Este modelo explica el 99.5467% de la variabilidad en jugosidad. El coeficiente de correlación próximo a uno indica una relación relativamente fuerte entre las variables, y el valor de P en la tabla de anova menor que 0.01, indica que existe una relación estadísticamente significativa entre los valores de la variable jugosidad y los de la relación Grasa/Proteína a un nivel de confiabilidad del 99%.

Al establecerse una regresión lineal múltiple entre los valores de Jugosidad y, los valores de las relaciones Grasa/Proteína y Humedad/Proteína, se encontró el siguiente modelo:

$$\text{JUGOSIDAD} = 43.4275 - 17.1364 * \text{Grasa/Proteína} - 1.21594 * \text{Humedad/Proteína}$$

Como el valor de P en la tabla de anova es menor que 0.05, esto indica que existe una relación estadísticamente significativa entre las variables con un nivel de confiabilidad del 95%. El modelo explica el 99.8082% de la variabilidad en jugosidad. En vista de que el valor de P en la tabla de anova es mayor que 0.1 para la variable Humedad/Proteína, lo cual determina un nivel de confiabilidad menor del 90%, se puede considerar la posibilidad de remover esta variable del modelo en cuestión.

La variable mordida presentó diferencia estadística cuando se evaluó frente a tratamiento a un nivel de confiabilidad del 95%. Los cuatro tratamientos se comportaron como grupos independientes; siendo el de mejor mordida el número cuatro (G/P: 2.1, H/P: 4.5), luego siguió el número dos (G/P: 1.8, H/P: 4.5), luego el número tres (G/P: 2.1, H/P: 4.2) y por último el número uno (G/P: 1.8, H/P: 4.2) que presentó la peor mordida de los cuatro tratamientos.

Cuando se relacionaron los valores promedio de la variable mordida emitidos por los jueces con los valores de la relación Humedad/Proteína y Grasa/Proteína de cada tratamiento, se obtuvo la siguiente regresión:

$$\text{MORDIDA} = 125.255 - 24.9333 * \text{Humedad/Proteína} - 7.92193 * \text{Grasa/Proteína}$$

Este modelo explica el 99.9567% de la variabilidad de los valores de mordida. El R-cuadrado ajustado es de 99.8702%. El modelo preferiblemente no debe ser simplificado, ya que todos los valores de P en la tabla de anova, son menores que 0.05, indicando que cada término es estadísticamente significativo a un nivel de confiabilidad del 95%, lo cual permite concluir que ningún término debe ser retirado del modelo en consideración.

EL intentar explicar la variabilidad de los valores de la variable mordida a través de una sola de las variables, por supuesto resultó de menor porcentaje de predicción y menor confiabilidad que el modelo presentado.

El tratamiento que peor mordida presentó fue el número uno, es decir, el que fue formulado con las menores relaciones Grasa/Proteína y Humedad/Proteína, que al ser considerado con un procedimiento de elaboración igual al de los otros tratamientos, condujo a altas extracciones de proteína con baja grasa, como lubricante de la masticación, presentando la textura más indeseable, tal como lo afirma Whiting (1988), cuando expresa que una eficiente extracción proteica con un 10% de agua y baja grasa, da lugar a texturas reseca y cauchosas; mientras que Pearson (1994) afirma en la misma dirección que bajas extracciones de proteína dan lugar a texturas blandas y mucha exhudación.

CONCLUSIONES

S La composición de los productos cárnicos emulsificados es predecible y controlable, a partir de la correcta caracterización composicional de las materias primas disponibles y del correcto planteamiento de la composición deseable final y el cuidado en el proceso.

S Los balances de grasa y humedad positivos, planteados a partir de las características industriales de la carne Capacidad de Retención de Agua y Valor de Ligazón y, del agua y grasa total, son índices adecuados para garantizar la estabilidad de las Aemulsiones@ cárnicas que determinan aspectos de apariencia del producto final, siempre y cuando se realice un adecuado proceso de elaboración.

S Las herramientas que provee la Programación Lineal son compatibles con el planteamiento de un modelo para la formulación de un producto cárnico de pasta fina.

S El valor del índice Grasa/Proteína guarda una fuerte relación con el valor de la característica jugosidad en un producto cárnico como la salchicha, cuando este atributo es evaluado por un cuerpo de jueces entrenado para tal prueba, y permite la predicción de esta característica en el producto terminado.

S Los valores de los índices Humedad/Proteína y Grasa/Proteína presentan una relación estadísticamente significativa a un 95% de confiabilidad con la característica mordida de una salchicha, cuando esta es evaluada por un cuerpo de jueces entrenado para tal prueba, y permiten la predicción de esta última característica en el producto terminado.

S Las regresiones encontradas que mejor predicen las características de jugosidad y mordida son las siguientes:

Jugosidad=38.4204-17.1196* Grasa/ Proteína con el 99% de confiabilidad y una explicación de la variabilidad de la característica del 99.5467%.

Mordida=125.255-24.9333* Humedad /Proteína-7.92193 *Grasa/Proteína con el 95% de confiabilidad y una explicación de la variabilidad de la característica del 99.8702%.

RECOMENDACIONES

S Plantear un modelo con un balance de humedad igual a cero, realizando un tratamiento térmico similar al usado para este trabajo, permitiendo de esta manera establecer la influencia que un balance de humedad alto positivo tiene sobre las pérdidas por tratamiento térmico.

S Formular varios tratamientos en los cuales se tengan en cuenta las pérdidas por tratamiento térmico, para evitar que al concentrarse la grasa, el valor sobrepase al establecido en la norma.

S Preparar formulaciones comerciales en donde se involucren proteínas vegetales e hidrocoloides y, posiblemente preemulsiones con grasas baratas, evaluando las características de apariencia, jugosidad y mordida frente a relaciones como Grasa/Proteína cárnica, Grasa /Proteína vegetal, Humedad/Proteína cárnica, Humedad/Proteína vegetal, entre otras.

BIBLIOGRAFIA

LOPEZ, J.H. *et al.* Búsqueda de descriptores para la definición de calidad de los productos cárnicos. Santafé de Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 1998.

OLSON, D.G. Principios de química cárnica. *En: CURSILLO TEÓRICO/PRÁCTICO DE TECNOLOGÍA CÁRNICA* (5º: 1997: Iowa). Memorias del V Cursillo teórico/práctico de tecnología cárnica. Iowa: Iowa State University, 1997.

PEARSON, A.M. Introduction to quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products. *A Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products* Chap. 1 Great Britain: Blackie Academic and Professional, 1994.

RUST, R.E. Principios de reformulación. *En: CURSO DE ACTUALIZACION EN PROCESAMIENTO DE CARNES* (1º: 1998: Medellín). Memorias del Curso Actualización en

Procesamiento de Carnes. Medellín: U. Nacional de Colombia - Medellín, U. de Iowa - Asociación Americana de Soya (ASA), 1998.

WATERS, E. Procesos térmicos. Memorias del V Cursillo teórico/práctico de tecnología cárnica. Ames, Iowa: Iowa State University, 1997.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA NO CITADA.

ACTON, J. C. and DICK, R. Thermal transitions of natural actomyosin from poultry breast and thigh tissues. *En: Poultry Science*. No.65 (1986); p.2051-2062.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Airlintong, U.S.A.: AOAC, 1990.

BORDERIAS, A. J. y MONTERO, P. Fundamentos de la funcionalidad de las proteínas en alimentos. *En: Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos*. Vol. 28, No. 2 (1988); p.159-169.

FLORES, J. y BERMELL, S. Estructura, composición y propiedades bioquímicas de las proteínas miofibrilares. *En: Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos*. Vol. 24, No.1 (1984); p.15-24.

_____ y _____. Propiedades funcionales de las proteínas miofibrilares; capacidad de retención de agua. *En: Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos*. Vol. 24, No.2 (1984); p.151-158.

_____ y _____. Capacidad de emulsión de las proteínas miofibrilares. *En: Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos*. Vol. 25, No.4 (1985); p.481-489.

_____ y _____. Capacidad de gelificación de las proteínas miofibrilares. *En: Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos*. Vol. 26, No.3 (1986); p.318-324.

FOEGEDING, E.A. Thermally induced changes in muscle proteins. *En: Food Technology*. Vol. 42, No.6 (1988); p.58B62, 64.

FUKUSHIMA, H. *et al.* Contamination of pigs with *Yersenia* at the slaughterhouse. *En: Fleischwirtschaft International*. No.1 (, 1991); p. 50.

GOLL, D.E. *et al.* Muscle proteins. *Food Proteins* *En: WHITAKER J.R. and Tannenbaum, S.R.* eds. , 1977. p. 121 - 174. Connecticut.

GOMEZ, G. Programas de formulación a bajo costo. *En: CURSILLO TEÓRICO/PRÁCTICO DE TECNOLOGÍA CÁRNICA (5º: 1997: Iowa)*. Memorias del V Cursillo teórico/práctico de tecnología cárnica. Iowa: Iowa State University, 1997.

HERMANSSON, A.M. Gel characteristics- structure as related to texture and waterbinding of blood plasma gels. *En: Journal of Food Science*. Vol. 47, No.1965 (1982); p.248-262.

HOFMAN, K. El pH una característica de la calidad de la carne. *En: Fleischwirtschaft*. No 2 (1988); p.13-18.

HONIKEL, K.O. y HAMM, R. Measurement of water-holding capacity and juiciness. A Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products@ Chap. 5. Great Britain: Blackie Academic and Professional, 1994.

HUIDOBRO, A. y TEJADA, M. Propiedades de hidratación del músculo de pescado. *En: Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos.* Vol. 3, No.4 (1993); p.365-381.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Industrias alimentarias: productos cárnicos procesados (no enlatados). Bogotá: ICONTEC, 1982. (Norma Colombiana ICONTEC; No. 1325, cuarta revisión de 1998).

JANKOWIAK, J. Avances tecnológicos en productos inyectados. *En: CURSILLO TEÓRICO/PRÁCTICO DE TECNOLOGÍA CÁRNICA (5°: 1997: Iowa).* Memorias del V Cursillo teórico/práctico de tecnología cárnica. Iowa: Iowa State University, 1997.

JONES, K.W. Protein-Lipid interactions in processed meats. *En: Recip. Meat Conf. Proc. , 1984.* p.37-52. Citado por SMITH, D.M. Meat Proteins:Functional properties in comminuted meat products. *En: Food Technology.* (apr. 1988); p.116-121.

KIJOWSKI, J.M. and MAST, M.G. Effect of NaCl and phosphates on the thermal properties of chicken meat proteins. *En: Poultry Science Supplement.* No.71 (1986); p.92.

KNIPE, C.L. Fosfatos. *En: CURSILLO TEÓRICO/PRÁCTICO DE TECNOLOGÍA CÁRNICA (5°: 1997: Iowa).* Memorias del V Cursillo teórico/práctico de tecnología cárnica. Iowa: Iowa State University, 1997.

_____. Ingredientes y Aditivos para la Formulación de Productos Cárnicos. *En: CURSO DE ACTUALIZACION EN PROCESAMIENTO DE CARNES (1°: 1998: Medellín).* Memorias del Curso Actualización en Procesamiento de Carnes. Medellín: U. Nacional de Colombia - Medellín, U. de Iowa - Asociación Americana de Soya (ASA), 1998.

LAWRIE, R.A. Meat Science. Oxford: Pergamon Press, 1985.

NAKAI, S. y POURIE, W.D. Modifications of proteins for functional and nutritional improvements. *A Cereals B A Renewable Resource, Theory and Practice@ Chap. 11 y. Pomeranz and L. Munck, eds.* Minnesota: St. Paul, 1981.

O=NEILL, E.M. *et al.* The surface-active properties of muscle proteins. *En: Food Chemistry.* No.35 (1990); p.1-12.

POMERANZ, Y. Functional properties of food components. San Diego, California: Academic Press, 1991.

RESTREPO, M. Diego A. Elementos de Industria de Carnes. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 1991.

SAMEJIMA, K. *et al.* Role of myosin heavy chain from rabbit skeletal muscle in the heat - induced gelation mechanism. *En: Agricultural Biology Chemic.* No.48 (1984); p.2225.

SANCHEZ, G.A. Ciencia básica de la carne. [Santafé de Bogotá](#): Universidad Nacional de Colombia, 1998.

SEBRANEK, J. Salchichas y Procesamiento de carnes. *En*: CURSILLO TEÓRICO/PRÁCTICO DE TECNOLOGÍA CÁRNICA (5º: 1997: Iowa). Memorias del V Cursillo teórico/práctico de tecnología cárnica. Iowa: Iowa State University, 1997.

SEBRANEK, J. Principios de química, ingredientes. *En*: CURSILLO TEÓRICO-PRÁCTICO DE TECNOLOGÍA CÁRNICA (5º: 1997: Iowa). Memorias del V Cursillo teórico/práctico de tecnología cárnica. Iowa: Iowa State University, 1997.

SMITH, Denise. M. 1988. Meat Proteins : Functional properties in comminuted meat products. *En*: Food Technology. (apr., 1988); p.116-121.

SMITH, G. C. *et al.* Efficacy of protein additives as emulsion stabilizer in frankfurters. *En*: Journal of Food Science. Vol.38 (1973); p.850.

SOFOS, J. N. Microbial growth and its control in meat, poultry and fish. A Quality Attributes and their Measurement in Meat, Poultry and Fish Products. Chap. 14. Great Britain: Blackie Academic and Professional, 1994.

TEJADA, M. Gelation of myofibrillar fish proteins. *En*: Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Vol.34, No.3 (1994); p.257-273.

TORNBERG, E. Functional characteristics of protein stabilized emulsions: emulsifying behavior of proteins in a sonifier. *En*: Journal of Food Science. Vol.45 (1980); p.1662-1671.

WATTS, B. M. *et al.* Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos. Ottawa, Canadá: CIID, 1989.

WHITING, R. C. Ingredients and Processing Factors that Control Muscle Protein Functionality. *En*: Food Technology. (apr., 1988); p.104-114.