

Predicción de las Características Físicas y Sensoriales de una Salchicha Basada en la Temperatura Final de la Emulsión

Josué Leonardo Castro Mejía

Zamorano, Honduras

Diciembre, 2007

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

Predicción de las Características Físicas y Sensoriales de una Salchicha Basada en la Temperatura Final de la Emulsión

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero en Agroindustria Alimentaria en el Grado
Académico de Licenciatura.

Presentado por:
Josué Leonardo Castro Mejía

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2007

El autor concede a Zamorano permiso
para reproducir y distribuir copias de este
trabajo para fines educativos. Para otras personas
físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.

Josué Leonardo Castro Mejía

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2007

Predicción de las Características Físicas y Sensoriales de una Salchicha Basada en la Temperatura Final de la Emulsión

Presentado por:

Josué Leonardo Castro Mejía

Aprobado:

Adela Acosta Marchetti, Dra.C.T.A.
Asesor Principal

Luis Fernando Osorio, Ph.D.
Director
Carrera de Agroindustria Alimentaria

Dina Fernandez Raudales, Ing.
Asesora

Raúl Espinal, Ph, D.
Decano Académico

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.
Rector

DEDICATORIA

A Dios por ser mi guía y fortaleza en todo momento.

A mis padres, Reinaldo y Alba Judith, quienes con su amor y arduo esfuerzo me han apoyado en todos los buenos y malos momentos de mi vida.

A mis hermanos, Arturo y Andrea por su compañía y consejos.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitirme lograr uno de mis más anhelados sueños.

A mi familia, por su amor, consejos y enseñanza de vida necesaria para lograr escalar un peldaño más en mi preparación profesional y personal.

A mis amigos Alex Ramírez, Claudia Potthast y Heriberto Caballero por estar siempre presentes en las decisiones más importantes de mi vida.

A Mitchell Grijalva, por todos aquellos momentos de frustración y alegrías juntos, momentos de filosofía y entendimiento de lo real e irreal.

A Marina Saavedra por sus eternas enseñanzas.

A Daniel Estrada, Jorge Díaz, Roy Fraatz, José Gómez, Luis Algarañaz, Carlos Guerra y Carlos Montufar por su amistad incondicional.

A mis asesores, Dr. Adela Acosta e Ing. Dina Fernandez, por sus conocimientos enseñados y transmitidos en éste proceso de aprendizaje.

RESUMEN

Castro, J. 2007. Predicción de las Características Físicas y Sensoriales de una Salchicha basada en la Temperatura Final de la Emulsión. Proyecto de Graduación del Programa de Ingeniería en Agroindustria Alimentaria, Zamorano, Honduras. 33p.

Los atributos físicos como el color y la textura final de los productos cárnicos emulsificados inciden en la decisión final de compra del consumidor. Predecir las características físicas y sensoriales de un producto durante el procesamiento permite asegurar la calidad del producto final. El objetivo de este estudio fue evaluar la correlación de la temperatura final de la emulsión (TFE) sobre características y estabilidad del producto final, desarrollando modelos de regresión capaces de predecir dichas características. El estudio se efectuó con un Diseño Completamente al Azar y se analizaron los valores L^* , a^* y b^* del color, fuerza mecánica al corte, estabilidad de la emulsión, la percepción sensorial de color, dureza y chiclosidad de la salchicha tipo Frankfurter con TFE de 8 a 23°C. Los resultados obtenidos se analizaron por medio de Correlación, Análisis de Regresión y Prueba T, para validar las regresiones obtenidas, utilizando el programa estadístico SAS[®] V. 9.1. La temperatura de picado presentó correlación alta positiva para el valor L^* y b^* ; y una correlación alta negativa para el valor a^* del color. Se desarrollaron ecuaciones para estos tres atributos (R^2 ajustado ≥ 0.8885). La fuerza mecánica al corte obtuvo una correlación alta negativa con una regresión con R^2 ajustado = 0.9108. Ninguna emulsión presentó rotura durante su cocción. Sensorialmente, no hubo correlación para ninguno de los atributos. Las ecuaciones generadas pueden ser utilizadas para predecir L^* , a^* , b^* y fuerza de corte de las salchichas a partir de la temperatura final (8-23°C) de la emulsión.

Palabras Clave: Frankfurter, Color, Textura, Sensorial

Adela Acosta Marchetti, Dra.C.T.A.

CONTENIDO

Portadilla.....	ii
Auditoría.....	iii
Página de Firmas.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimientos.....	vi
Resumen.....	vii
Contenido.....	viii
Índice de Cuadros.....	x
Índice de Figura.....	xi
Índice de Anexos.....	xii
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVOS	1
1.1.1 Objetivo General.....	1
1.1.2 Objetivos Específicos.....	2
2 REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 DEFINICIÓN	3
2.2 ESTUDIOS REALIZADOS	3
2.3 COLOR Y TEXTURA DE LOS PRODUCTOS CÁRNICOS EMULSIFICADOS	4
3 MATERIALES Y MÉTODOS	5
3.1 UBICACIÓN	5
3.2 MATERIALES Y EQUIPO	5
3.3 METODOLOGÍA	6
3.4 TEMPERATURA	7
3.5 ANÁLISIS FÍSICOS	8
3.5.1 Color.....	8
3.5.2 Fuerza Mecánica de Corte.....	8
3.5.3 Rotura de Emulsión.....	8
3.6 ANÁLISIS SENSORIAL	8
3.7 DESARROLLO DE LAS ESCUACIONES DE PREDICCIÓN	9
3.8 DISEÑO ESPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	9
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	10
4.1 ANÁLISIS FÍSICOS	10
4.1.1 Color.....	10
4.1.2 Análisis Mecánico de Corte.....	13
4.1.3 Rotura de Emulsión.....	15
4.2 ANÁLISIS SENSORIAL	15

5	CONCLUSIONES.....	16
6	RECOMENADACIONES.....	17
7	BIBLIOGRAFÍA.....	18
8	ANEXOS.....	20

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Correlación de la temperatura con los valores L^* , a^* y b^*	10
2	Datos utilizados para la validación de la ecuaciones para los valores L^* , a^* y b^*	12
3	Datos utilizados para la validación de la ecuación de la fuerza mecánica de corte.....	14
4	Correlación y ajustes para la evaluación sensorial de dureza, chiclosidad y color.....	15

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Diagrama de flujo para la elaboración de la salchicha Frankfurter.....	7
2	Puntos de toma de temperaturas en el tazón del cutter durante el picado de la emulsión cárnica.....	8
3	Regresión determinada para el cálculo del valor L* del color final de la salchicha...	11
4	Regresión determinada para el cálculo del valor a* del color final de la salchicha....	11
5	Regresión determinada para el cálculo del valor b* del color final de la salchicha....	12
6	Regresión determinada para el cálculo de la fuerza de corte de la salchicha.....	14

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1	Hoja de evaluación sensorial descriptivo para salchicha Frankfurter.....	21

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, los procesadores de productos cárnicos controlan el color y la textura de los productos emulsificados mediante la manipulación de las formulaciones, a través de cambios en las concentraciones de nitrito de sodio, adición de colorantes naturales o artificiales, uso de ciertos músculos de la canal, etc. Sin embargo, existen otros factores que afectan estos atributos durante el procesamiento, siendo algunos de estos las temperaturas y los tiempos de picado de la emulsión.

El color es un atributo que afecta la percepción de calidad de los productos cárnicos procesados, determinando así la decisión de compra del consumidor final. Por lo tanto, el estudio e investigación de los factores que lo afectan durante el procesamiento se vuelve de vital importancia para el procesador (Boles y Pegg 2004).

Algunos estudios se han realizado para determinar el efecto de la temperatura sobre el color y la textura final de salchichas emulsificadas. En uno de estos estudios, Acton *et al* (2002), estudiaron los descensos de la fuerza de cizalla en salchichas tipo Viena por aumento en la temperatura de picado. En otro estudio, Álvarez (2007), determinaron aumentos en la claridad (valor L^*) y pérdida del color rojo (valor a^*) de la emulsión, mediante el uso de reflexión fotométrica durante su proceso de picado. Sin embargo, el uso de este tipo de tecnologías en los procesos de producción, no resulta rentable para los pequeños y medianos procesadores.

Cabe destacar, que no existe mucha información sobre métodos que permitan predecir las características físicas y sensoriales de los productos emulsificados, a partir de variables físicas controladas durante picado de la emulsión. El hecho de poder predecir el color y textura final de las salchichas a partir del control de la temperatura de picado, representa una gran ventaja al momento de comercializar el producto ya que permitiría determinar las características deseadas por los consumidores. Además, representa una gran ventaja para el procesador, ya que se podría estandarizar los procesos de producción para reducir la variabilidad física del producto a comercializar y obtener una mejor percepción del producto final.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Predecir de las características físicas y sensoriales de las salchichas Frankfurter mediante el uso de la temperatura final de la emulsión.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Correlacionar y predecir los valores del color L^* , a^* y b^* y fuerza de corte de las salchichas utilizando la temperatura final de la emulsión.
- Correlacionar y predecir la apreciación sensorial de dureza, chiclosidad y color a partir de la temperatura final de la emulsión.
- Evaluar el efecto de la temperatura final de la emulsión sobre su estabilidad durante el proceso de cocción.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 DEFINICIÓN

Los productos emulsificados son la categoría de productos cárnicos de mayor consumo a nivel mundial. La emulsión cárnica no es una emulsión verdadera ya que ésta consiste en partículas sólidas de grasa (con un tamaño mayor a 5 micrómetros) dispersas en una mezcla de agua, tejido conectivo, fibras musculares y aire. Una matriz en la que su estabilidad depende de la capacidad de las proteínas cárnicas de retener el agua y grasa dentro de la matriz (Knipe 1992).

Dentro de los productos emulsificados, la salchicha Frankfurter es la más producida a nivel mundial. En EUA, en el año 2005, se consumieron más de \$3.9 billones en hot dog (comida rápida preparada con salchichas frankfurter) en los supermercados y al por menor 1.5 billones (Ray 2005). En el ámbito local, específicamente institucional, en la Planta de Industrias Cárnicas de Zamorano la salchicha Frankfurter ocupa el segundo lugar de los productos emulsificados más vendidos.

2.2 ESTUDIOS REALIZADOS

Existen parámetros que influyen en la formación de las emulsiones cárnicas durante su proceso de picado, siendo los que más influyen en la estabilidad de la emulsión: la temperatura, tiempo de picado para la extracción y dispersión de las proteínas miofibrilares; y la viscosidad de la emulsión durante su procesamiento (Allais *et al.* 2004).

Los estudios realizados se han centrado en determinar rendimientos de la transformación del proceso, mediante el uso del color de masa durante el picado, distribución en tamaño de las partículas de grasa, densidad, etc. (Girard *et al.* 1981, citado por Girard 1991).

La temperatura es una de las variables más estudiadas durante el picado de las emulsiones cárnicas. Sin embargo, los estudios realizados se han esforzado en determinar las temperaturas óptimas a la cuales se obtiene una mayor capacidad de retención de agua por parte de las proteínas cárnicas y una menor separación de las fases de la emulsión. Brown y Ledward (1987), evaluaron el efecto de la temperatura de picado en la estabilidad y características físicas de las emulsiones cárnicas, concluyendo que los incrementos en la temperatura de picado por arriba de los 15°C incrementan las pérdidas durante el procesamiento térmico. Además, las salchichas sufren un descenso en la fuerza de cizalla, suavizando por consiguiente su textura final.

Thomas *et al.* (2006), evaluaron el efecto de la temperatura de picado sobre la calidad final y vida de anaquel en productos emulsificados de carne de búfalo, concluyendo

que el incremento de las temperaturas durante su proceso de emulsión, aumenta los valores de TBA en las salchichas. En el perfil de textura realizado, determinaron un descenso de la fuerza de cizalla con respecto a la temperatura de picado.

La variación y aumento de la temperatura durante el picado de la masa es producido principalmente por la acción de las cuchillas de cutter sobre la emulsión, lo cual provoca no solo la desnaturalización de proteínas, sino también una reducción del tamaño de las partículas de grasa. Esto produce un incremento del área superficial de la grasa y como consecuencia más proteínas son requeridas para enlazar los glóbulos de grasa; provocando la elaboración de salchichas más inestables durante su proceso de cocción (Foegeding *et al.* 2000)

2.3 COLOR Y TEXTURA DE LOS PRODUCTOS CÁRNICOS EMULSIFICADOS

Una de las características afectadas por este aumento de la temperatura, es el color, el cual es dado en gran parte por la combinación del nitrito de sodio con la mioglobina de la carne. Sin embargo, según Boles y Pegg (2004), el compuesto producido por esta interacción, el nitrosilhemocromo, es aún un compuesto inestable antes del tratamiento térmico de la emulsión; provocando la oxidación del compuesto y afectando en gran medida el color del producto final.

Según Brown y Ledward (1987), otro factor afectado por el aumento de la temperatura, es la textura final del producto. Este atributo es influenciado por la baja capacidad de retención de agua por parte de la matriz cárnica producto de la desnaturalización de proteínas; lo cual produce un descenso en la fuerza de cizalla del producto final (Acton *et al.* 2002).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN

La elaboración de las salchichas Frankfurter se llevó a cabo en la Planta de Industrias Cárnicas de la Escuela Agrícola Panamericana (E.A.P), Zamorano. Los análisis físicos se hicieron en el Laboratorio de Análisis de Alimento de Zamorano (LAAZ). Los análisis sensoriales se realizaron en el Laboratorio de Evaluación Sensorial (PAID).

3.2 MATERIALES Y EQUIPO

Materiales utilizados en la elaboración de las salchichas Frankfurter:

- Carne de res 10% grasa
- Carne de res 40% grasa
- Carne de cerdo 20% grasa
- Grasa dorsal de cerdo
- Concentrado de Soya
- Hielo
- Pimienta Molida
- Ajo en polvo
- Nuez Moscada
- Colorante Cochinilla
- Tripolifosfato
- Nitrito de Sodio
- Eritorbato de Sodio
- Sal yodada

Equipos utilizados para la elaboración de las salchichas Frankfurter:

- Termómetro Láser - Raytek MT4U MiniTemp
- Molino Hobart - Modelo 4146
- Cutter Koch – Modelo KS 75. Tazón gira a 19 rev. /min 125 Lb. Capacidad. 72 cm diámetro.
- Embutidora al vacío Koch – Modelo Frey Konti C120
- Ahumador Koch
- Balanza UWE – Modelo A5 III
- Balanza UWE – Modelo OM 6000

Equipos utilizados para los análisis físicos de las salchichas Frankfurter:

- ColorFlex - Hunterlab L* a* b*
- Instron – Modelo 4444

3.3 METODOLOGÍA

Se elaboraron 24 diferentes tratamientos de salchicha Frankfurter, todos con la formulación Zamorano a lo largo de 4 semanas. El molido y picado de los ingredientes se realizó bajo el procedimiento de la Planta de Industrias Cárnicas. Al terminar el picado, parando a diferentes tiempos de picado, se extrajeron los distintos tratamientos en un rango de temperatura entre 8 y 23°C (1.36 kg/ muestra). Las muestras se embutieron inmediatamente en fundas de celulosa de 2.1 cm de diámetro y 22 cm de largo. Para la cocción, las muestras se colocaron en el ahumador por un período de 15 minutos de secado a 60°C, 60 minutos de ahumado a 60°C, 30 minutos de cocción a 80°C y finalmente 30 minutos de duchado a 12°C. Finalmente, las salchichas fueron almacenadas en cuarto frío a 4°C hasta sus respectivos análisis.

El flujo de procesos para la elaboración de los tratamientos se detalla a continuación y se ilustra en la figura 1.

1. **Pesado:** Pesado de los ingredientes cárnicos y condimentos requeridos para la elaboración de salchichas Frankfurter.
2. **Molido:** Molido de los ingredientes cárnicos a través de un plato de 3.18 mm.
3. **Picado:** Picado de ingredientes cárnicos y condimentos hasta obtener 24 temperaturas diferentes dentro de un rango de 8 a 23°C.
4. **Embutido:** Embutido inmediato de las muestras en fundas de celulosa Nojax® Casings de 2.1 cm. de diámetro y 22 cm. de largo.
5. **Tratamiento térmico:** Las salchichas fueron secadas (60°C, 15 min.), ahumadas (60°C, 60 min.) y cocidas (80°C, 30 min.) en el ahumador semiautomático.
6. **Enfriado:** El producto se dejó enfriar a través de duchas hasta alcanzar una temperatura interna de 22°C.
7. **Almacenado:** Las muestras se almacenaron a 4°C hasta los respectivos análisis.

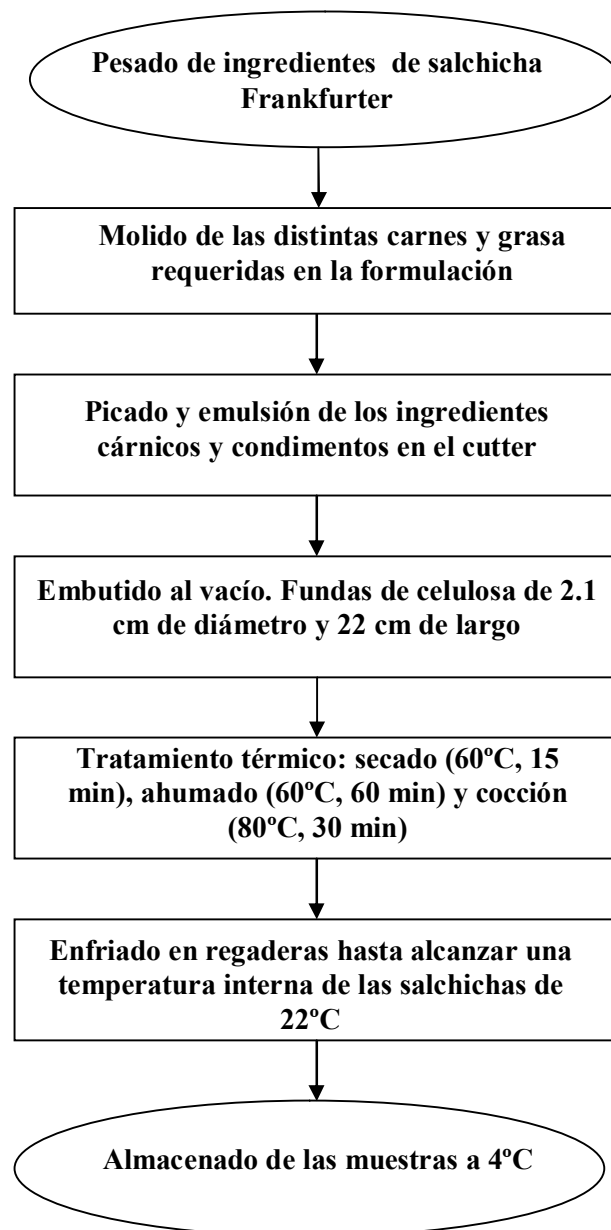


Figura 1. Diagrama de flujo para la elaboración de la salchicha Frankfurter.

3.4 TEMPERATURA

Las lecturas de las temperaturas durante el picado de la emulsión cárnica se realizaron con termómetro láser en tres diferentes puntos del tazón del cutter, para posteriormente obtener un promedio de las temperaturas (Figura 2).

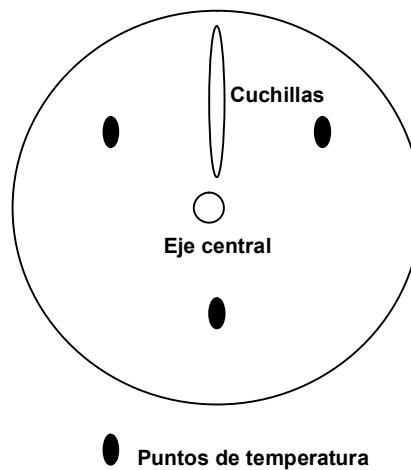


Figura 2. Puntos de toma de temperaturas en el tazón del cutter durante el picado de la emulsión cárnica.

3.5 ANÁLISIS FÍSICOS

3.5.1 Color

Los análisis de color se realizaron a través del Colorflex Hunterlab (ASTM Internacional 2007). Los resultados se presentaron en una escala de triple estímulo (L^* a^* b^*). El valor L^* mide la claridad de 0 a 100 (0 = negro y 100 = blanco), a^* (-60 = Verde y +60 = rojo) y b^* (-60 = azul y +60 = amarillo) (HunterLab 2000). Los análisis fueron realizados en el día cero, evaluando cada muestra por triplicado.

3.5.2 Fuerza Mecánica de Corte

Para determinar la textura de las salchichas se utilizó el Instron 4444 (ASTM Internacional 2007), utilizando el acople Warner Bratzler. La fuerza de corte o cizalla se midió en Newtons (N). Las salchichas fueron evaluadas en el día cero. Los análisis por muestra se realizaron por triplicado.

3.5.3 Rotura de Emulsión

La rotura de la emulsión se determinó a través de las temperaturas a las cuales se observó rotura visual de las fases de la emulsión de las salchichas al final del proceso de cocción de las mismas.

3.6 ANÁLISIS SENSORIAL

Se evaluaron las distintas salchichas elaboradas a terminación de diferentes temperaturas de picado de la masa (unidades experimentales) con un panel de 10

personas integrado por estudiantes y docentes de la Carrera de Agroindustria de Zamorano. Se realizó un análisis sensorial de tipo descriptivo y las características a medir fueron la intensidad del color, dureza y chiclosidad de las salchichas, con una escala descriptiva de 1 – 5 (ANEXO 1). Siendo 1 una menor percepción, 5 una mayor percepción del atributo evaluado y valores entre 1 y 5, percepciones intermedias de los atributos, aumentando el valor de la escala a medida aumenta la percepción del atributo.

Dentro de cada formato, se describieron y explicaron los distintos atributos a evaluar, para evitar posteriores confusiones en la descripción por parte de los panelistas participantes.

3.7 DESARROLLO DE LAS ECUACIONES DE PREDICCIÓN

Las ecuaciones de predicción se desarrollaron por medio de regresiones lineales simples a través del programa estadístico SAS[®], para predecir el color en la escala $L^* a^* b^*$, la fuerza mecánica de corte y la percepción sensorial en los tres atributos evaluados del producto terminado (intensidad de color, dureza y chiclosidad), en la escala hedónica de 1 a 5. Finalmente, se seleccionó el modelo que cumplía con los requerimientos de mayor ajuste al modelo simple lineal (R^2 ajustado).

Para el desarrollo de las ecuaciones de predicción, la variable independiente en el modelo fue la temperatura final de la emulsión durante su picado.

3.8 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), evaluando 24 diferentes temperaturas en un rango entre 8 y 23°C. Las temperaturas fueron tomadas a lo largo de cuatro semanas. Se realizó un análisis de correlación para determinar la influencia de la temperatura final de la emulsión sobre el color del producto final en sus valores L , a^* , b^* ; la fuerza mecánica de corte y la apreciación sensorial de color, dureza y chiclosidad de las salchichas.

Para el desarrollo de las ecuaciones de predicción se utilizó regresión lineal simple para determinar el color de las salchichas en la escala $L^* a^* b^*$, la fuerza mecánica de corte y la percepción sensorial. Se escogieron los mejores modelos de regresión con el máximo ajuste lineal (R^2 ajustado). Las ecuaciones propuestas para la predicción del color, fuerza mecánica de corte y atributos sensoriales, se validaron a través de 9 temperaturas tomadas totalmente al azar. Para la validación se utilizó la Prueba T. Los análisis se desarrollaron utilizando el programa estadístico “Statistical Analysis System” SAS[®] Versión 9.1 (SAS 2004).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ANÁLISIS FÍSICOS

4.1.1 Color

El color en sus valores L^* a^* b^* fue correlacionado con la temperatura final de la emulsión, determinando correlaciones positivas para los valores L^* y b^* y negativa para a^* , con altas probabilidades de correlación para los tres valores. Esto define una interacción significativa ($P < 0.05$) de la temperatura de picado sobre los valores L^* , a^* y b^* del color final de las salchichas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Correlación de la temperatura con los valores L^* , a^* y b^* ¹

Valor	CORRE ²
L^*	0.96728 <0.0001
a^*	-0.97013 <0.0001
b^*	0.94518 <0.0001

¹ L^* : Escala de claridad (0 – 100)

a^* : (-60 = Verde, +60 = Rojo)

b^* : (-60 = Azul, +60 = Amarillo)

² CORRE: Coeficiente de Correlación

A través de un modelo de regresión lineal, se determinó una relación directa ($P < 0.05$) entre la temperatura con respecto a la claridad y amarillez de la salchicha (valor L^* y b^* respectivamente); y una relación inversa ($P < 0.05$) entre la temperatura y el color rojo de la salchicha (valor a^*) (Figuras 3, 4 y 5). A través de la prueba de residuales estandarizados, se comprobó que ninguno de los datos utilizados para desarrollar las ecuaciones de L^* a^* y b^* se encontraran fuera de tipo.

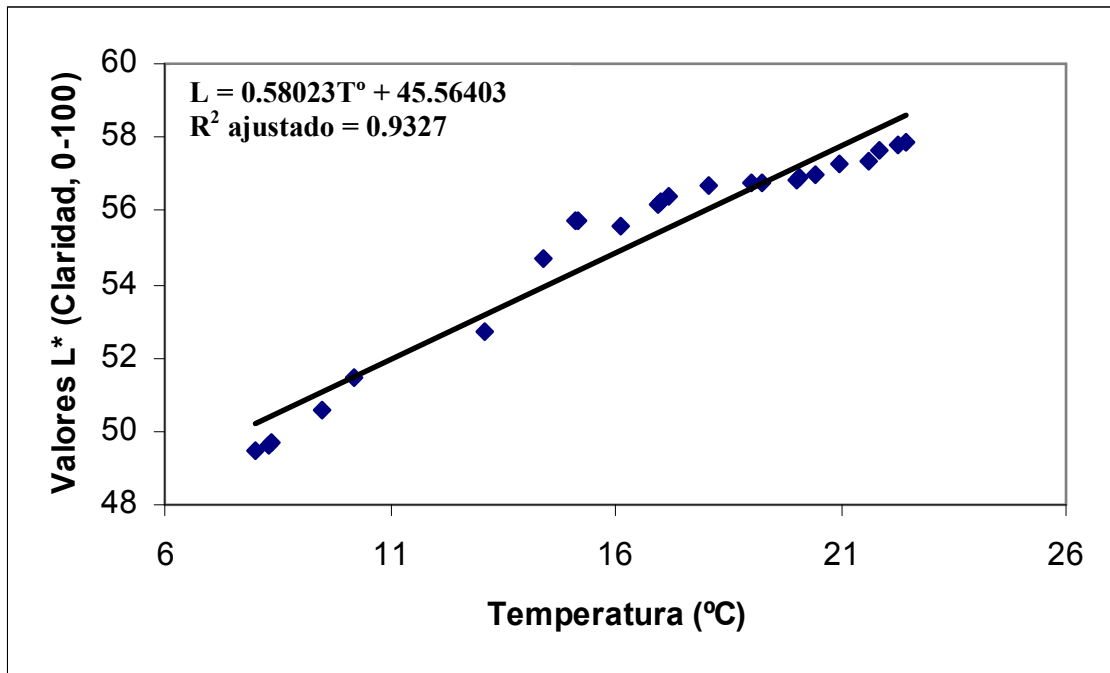


Figura 3. Regresión determinada para el cálculo del valor L* del color final de la salchicha.

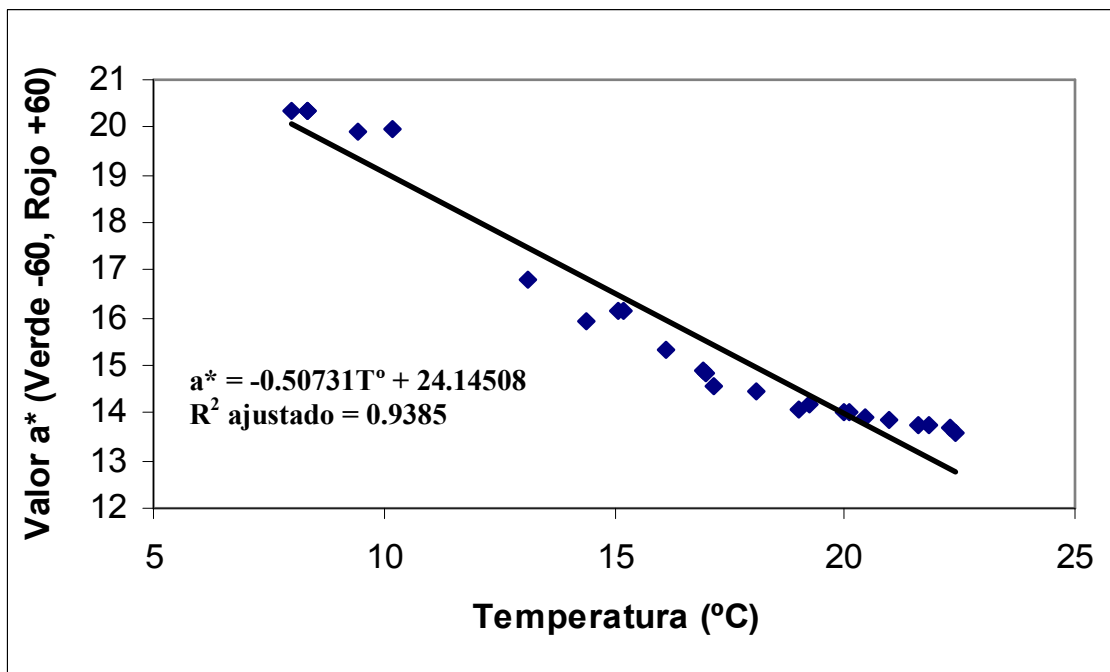


Figura 4. Regresión determinada para el cálculo del valor a* del color final de la salchicha.

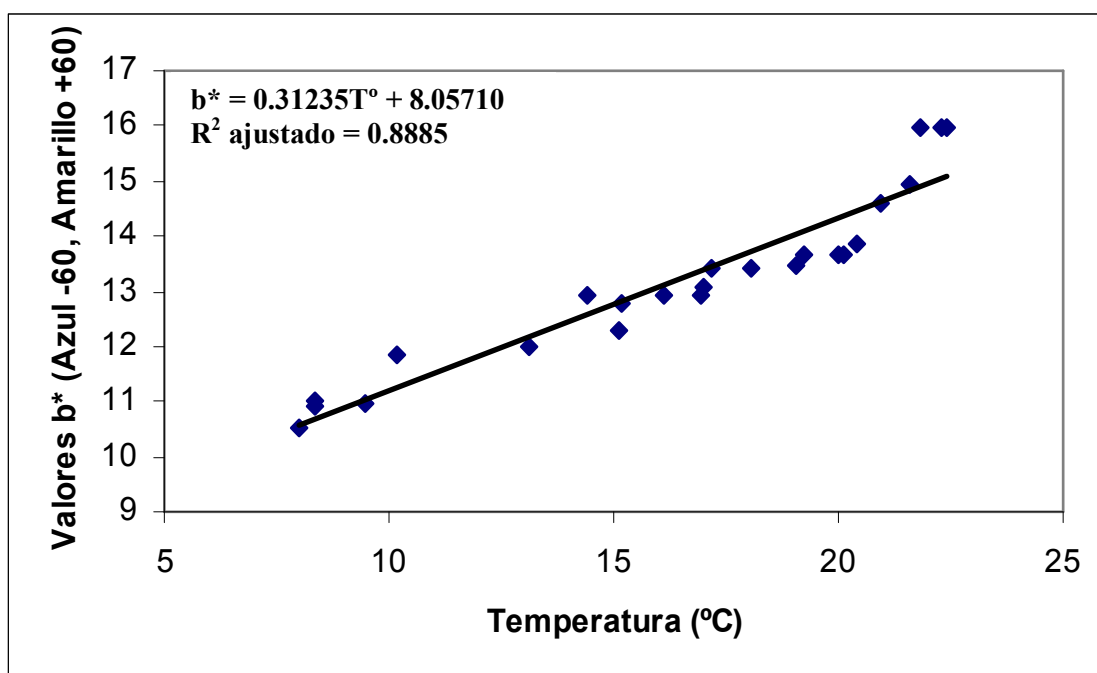


Figura 5. Regresión determinada para el cálculo del valor b* del color final de la salchicha.

Las ecuaciones desarrolladas para los tres valores del color se validaron como resultado de sus altos ajustes al modelo lineal (R^2 ajustado > 0.8885). En el proceso de validación, se utilizaron 9 temperaturas tomadas al azar, no incluidas en la realización de las ecuaciones de predicción (Cuadro 2). Mediante la Prueba T, se determinó ausencia de diferencias significativas entre los valores reales de laboratorio versus los predichos a través de las ecuaciones ($P|t|>0.05$). Por lo tanto, las ecuaciones desarrolladas pueden predecir con un alto nivel de confiabilidad el color final de las salchichas.

Cuadro 2. Datos utilizados para la validación de las ecuaciones para los valores L^* , a^* y b^* .[†]

Temperatura (°C)	L^*		a^*		b^*	
	Real	Predicho	Real	Predicho	Real	Predicho
9.40	50.84	51.02	19.89	19.87	10.89	10.99
9.57	50.88	51.11	19.09	19.15	11.09	11.05
15.1	55.69	54.33	16.15	16.18	12.70	12.77
17.07	56.38	55.47	15.06	15.18	13.29	13.39
19.63	56.79	56.96	14.89	14.86	14.10	14.19
20.13	57.05	57.25	14.54	14.45	14.41	14.35
22.23	57.93	58.35	14.23	14.16	14.85	14.94
22.63	58.31	58.46	14.14	13.97	14.89	15.00
22.03	58.65	58.70	13.97	13.92	15.16	13.13

Probabilidad de Validación: L^* ($P|t|>0.7004$), a^* ($P|t|>0.9038$), b^* ($P|t|>0.1454$)

[†] L^* : Escala de claridad (0 – 100)

a^* : (-60 = Verde, +60 = Rojo)

b^* : (-60 = Azul, +60 = Amarillo)

La relación directa establecida entre la temperatura y el valor L^* (Figura 4), concuerda con los datos obtenidos por Álvarez (2007) y Girard (1991). Estos investigadores establecen que el aumento en claridad se da como resultado de un aumento de las partículas de grasa en la emulsión, las cuales son liberadas al reducirse la capacidad de las proteínas para retener mayor cantidad de grasa por efecto del aumento de las temperaturas.

El descenso del valor de a^* a medida aumentaron las temperaturas (Figura 5), concuerdan con lo indicado por Thomas *et al.* (2006), quienes establecen una formación de metmioglobina a altas temperaturas y altas concentraciones de oxígeno durante el picado. Además, puede atribuirse a la interacción entre varios ingredientes de la formulación para producir reacciones de empardeamiento no-enzimático por efecto de las altas temperaturas de picado de la emulsión. El ascenso de los valores de b^* (Figura 6), concuerdan con los obtenidos por Thomas *et al.* (2006) y Carlez *et al.* (1995). Estos establecen que los incrementos en los valores de b^* son resultado de las partículas de grasa cada vez más dispersas en la emulsión, siendo éstas más susceptible a oxidación por el aumento en temperatura; provocando un aumento en el color amarillo de la salchicha.

4.1.2 Análisis Mecánico de Corte

En el análisis de correlación realizado entre la fuerza mecánica de corte y la temperatura final de la emulsión, presentó un elevado coeficiente de correlación ($CORRE = -0.95639$) y una alta probabilidad de correlación ($P < 0.0001$), es decir que existe una alta influencia de la temperatura de picado sobre la textura final de las salchichas.

En el desarrollo de la ecuación, a través de un modelo simple lineal, entre los valores de la fuerza mecánica de corte y las temperaturas, se obtuvo una relación inversa ($P < 0.05$), un descenso de la fuerza mecánica de corte, como se observa en la figura 6. Mediante la prueba de residuales estandarizados, no se encontraron valores fuera de tipo para el desarrollo de la ecuación.

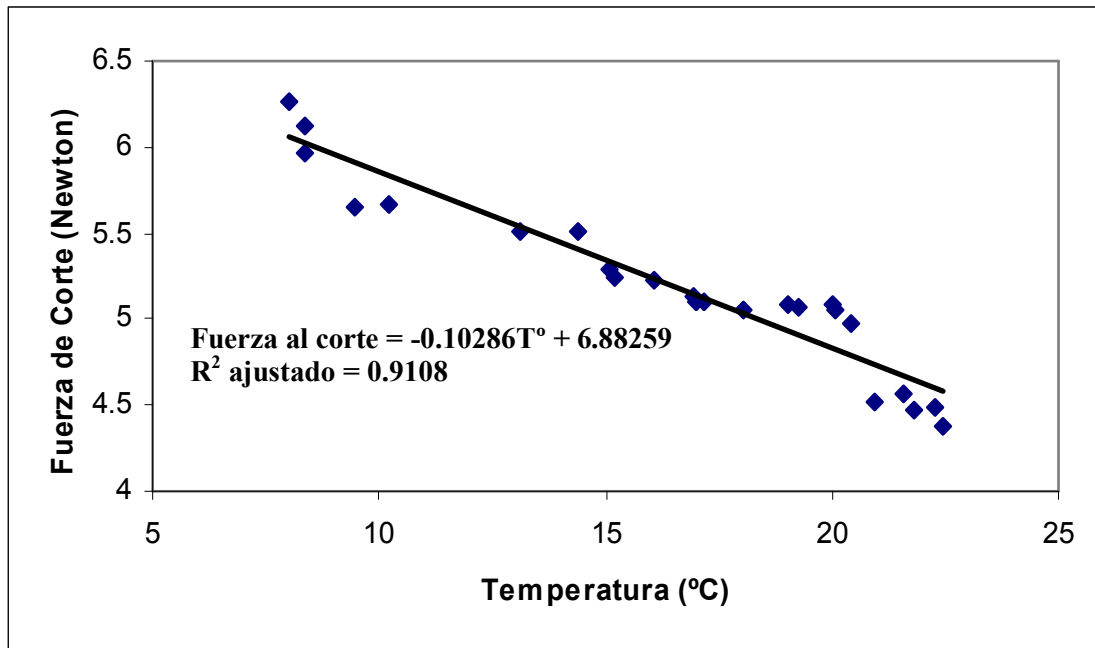


Figura 6. Regresión determinada para el cálculo de la fuerza al corte de la salchicha.

La ecuación determinada para la fuerza mecánica de corte se validó como resultado de su alto ajuste al modelo lineal simple (R^2 ajustado = 0.9108). Para la validación se utilizó la Prueba T, sin encontrarse diferencias estadísticas significativas ($P|t| > 0.05$) entre los valores de fuerza de corte reales obtenidos a través de 9 temperaturas no incluidas en el desarrollo de la ecuación (Cuadro 3) y los predichos por la ecuación.

Cuadro 3. Datos utilizados para la validación de la ecuación de la fuerza mecánica de corte.

Temperatura (°C)	Fuerza Mecánica de Corte (Newton)	
	Real	Predicho
9.4	5.98	5.92
9.57	5.86	5.90
15.1	5.26	5.33
17.07	5.17	5.13
19.63	4.94	4.86
20.13	4.79	4.81
22.23	4.71	4.62
22.63	4.70	4.60
22.03	4.46	4.55

Probabilidad de validación: $P|t| > 0.5521$

Los valores de fuerza mecánica de corte concuerdan con las investigaciones realizadas por Fiallos (2006), quien presenta valores similares a los de este estudio. El descenso de la fuerza de corte, según Thomas *et al.* (2006) y Acton *et al.* (2002), ocurre como resultado de la desnaturalización de las proteínas durante el proceso de picado. Lo cual provoca la pérdida de la capacidad gelificante de las proteínas para producir matrices

cárnicas más estables durante el proceso de cocción y producir finalmente salchichas con una menor cohesividad y/o textura.

4.1.3 Rotura de la Emulsión

Ninguna de las 24 unidades experimentales presentó rotura de emulsión durante el proceso de cocción. Ésto se atribuye principalmente a que el porcentaje de grasa presente en la formulación (25%) es inferior al máximo que las proteínas cárnicas pueden emulsificar, lo cual permitió que la emulsión se mantuviera estable a las distintas temperaturas evaluadas.

4.2 ANÁLISIS SENSORIAL

En los diferentes atributos sensoriales evaluados, se obtuvieron correlaciones bajas y pocos datos ajustados a un modelo de regresión lineal (Cuadro 2), lo cual indica que la temperatura no es la única variable influyente en la percepción final de estos atributos en la salchicha. Cabe destacar que el atributo de color fue el descriptor percibido con mayor facilidad. Por lo tanto, su ajuste podría mejorarse, aumentando el número de panelistas y/o utilizar mejores panelistas para obtener un mejor ajuste al modelo lineal o utilizar otro modelo de regresión.

Cuadro 4. Correlación y Ajustes para la Evaluación Sensorial de dureza, chiclosidad y color.

Descriptor [†]	CORRE [‡]	R² Ajustado
Color	-0.71940 <0.0001	0.5150
Dureza	-0.42414 <0.0001	0.1760
Chiclosidad	-0.03422 <0.0001	-0.0036

[†] Escala descriptiva

[‡] CORRE = Coeficiente de Correlación

5. CONCLUSIONES

- La temperatura de picado presentó correlación alta positiva para el valor L^* y b^* ; y una correlación alta negativa para el valor a^* del color, se desarrollaron ecuaciones para estos tres atributos (R^2 ajustado ≥ 0.8885).
- La fuerza mecánica al corte obtuvo una correlación alta negativa con una regresión con R^2 ajustado=0.9108.
- No hubo correlación para ninguno de los atributos evaluados sensorialmente.
- A las temperaturas del estudio (8-23°C) no se presentó rotura de la emulsión en la etapa de cocción.
- Las ecuaciones generadas pueden ser utilizadas para predecir L^* , a^* , b^* y fuerza de corte de las salchichas a partir de la temperatura final (8-23°C) de la emulsión.

6. RECOMENDACIONES

- Realizar una evaluación sensorial de preferencia, para determinar cual es la temperatura óptima de picado que desarrolla las características de mayor aceptación para el consumidor.
- Validar estas ecuaciones para otros productos emulsificados hot dog, jamonada, mortadela, etc.
- Evaluar la correlación de las variables evaluadas en este estudio con otras características de la emulsión, como tiempo de picado, % grasa, etc.

7. BIBLIOGRAFÍA

Acton, J.; Burge, D.; Rhoda, K.; Kartika, S. 2002. Textural Characteristics of Frankfurters thermally Processed in Retort Pouches. Roma, Italia. Universidad de Parma. 1p.

Allais, I.; Christophe, V.; Pierre, A.; Dofour, E. 2004. A Rapid Method Based on Front-Face Fluorescence Spectroscopy for the Monitoring of the Texture of Meat Emulsions and Frankfurters. Meat Science, 67, 219 – 229.

Álvarez, D. 2007. Prediction of Meat Emulsión Stability Using Reflection Photometry. Lexington, Estados Unidos. ELSEVIER. 6p.

ASTM International 2007. Standards (en línea). Consultado 12 oct. de 2007. Disponible en: http://www.astm.org/cgi-bin/SoftCart.exe/NEWSITE_JAVASCRIPT/index.shtml?L+mystore+rxwd2217+1193779743

Boles, J.; Pegg, R. 2004. Meat Color. Montana, Estados Unidos. Universidad de Montana.

Brown, S.; Ledward, D. 1987. Effect of the Temperature of Comminution on the Stability and Eating Quality of English Sausages. Meat Science. 97 – 105.

Carlez, A.; Veciana-Nogues, T.; Cheftel, J. 1995 Changes in Colour and Myoglobyn of Minced Beef Meat Due to High Pressure Processing. Lebensmittel Wiss u Technologie. 28. 258-538.

Fiallos, C. 2006. Evaluación del Uso de Leche Descremada Deshidratada en Una Salchicha Tipo Frankfurter Baja en Grasa. Valle del Yeguaré, Honduras. Tesis Lic. Ing. Agr. E.A.P. Zamorano. 28p.

Foegeding, E.; Lanier, T.; Hultin, H. 2000. Características de los tejidos musculares comestibles. Química de los Alimentos. Zaragoza, España. Editorial ACRIBIA, S.A. 322p.

Girard, J. 1991. Tecnología de la Carne y de los Productos Cárnicos. 1ra. Edición. Zaragoza, España. Editorial ACRIBIA, S.A. 300p.

Hunter lab. 2000. What is Color and How is Measured (en línea). Consultado el 4 de oct. 2007. Disponible en: <http://www.hunterlab.com/>

Knipe, L. 1992. Meat Emulsions (en línea). Consultado 25 nov. 2006. Disponible en: <http://www.ag.ohio-state.edu/~meatsci/archive/MEATEMULSIONS.htm>

Ray, D. 2005. Fire in their Bellies: Sixty Percent of Americans Prefer Hot Dogs Grilled, New Hot Dog Council Poll Data Shows Mustard Takes 'Gold Medal' in Topping Poll. National Hot Dog and Sausage Council. Washington, DC.

SAS. 2004. Statistical Analysis System. Cary, NC: SAS Institute.

Thomas, R.; Pragati , H.; Gadecar, Y. 2006. Quality and Shelf Life Evaluation of Emulsion and Restructured Buffalo Meat Nuggets at Cold Storage. ELSEVIER. Meat Science. 72. 373-379p.

8. ANEXOS

Anexo 1. Hoja de Evaluación Sensorial Descriptivo para Salchicha Frankfurter.

Prueba No. _____ Panelista No. _____ Fecha _____
 Nombre _____

Instrucciones:

Estimado panelista,

1. Se le solicita limpiar su paladar con galleta de soda y agua antes de comenzar la prueba.
2. Antes de empezar la evaluación se le pide revisar los siguientes conceptos para que se le facilite definir las cualidades de cada producto.
 - **Color:** Grado de intensidad con el que se presenta el color en las muestras de salchichas.
 - **Dureza:** Fuerza necesaria para deformar o cortar un pedazo de salchicha.
 - **Chiclosidad (Chewiness):** Grado al cual la muestra de salchicha se deforma antes de romperse
3. Consuma un pedazo de galleta de soda y agua entre cada muestra.
4. Califique los atributos de cada una de las muestras del 1 al 5.

Procedimiento

Como primer paso evalúe el color de las muestras para luego evaluar la dureza y chiclosidad.

Por favor encierre en un círculo su calificación de los atributos en las siguientes tablas:

Muestra 736	Calificación				
Color	1	2	3	4	5
	Poco intenso				Muy intenso
Dureza	1	2	3	4	5
	Blando				Duro
Chiclosidad (Chewiness)	1	2	3	4	5
	Menos chicloso				Más chicloso

Muestra 904	Calificación				
Color	1	2	3	4	5
	Poco intenso				Muy intenso
Dureza	1	2	3	4	5
	Blando				Duro
Chiclosidad (Chewiness)	1	2	3	4	5
	Menos chicloso				Más chicloso