

## DISEÑO DE UN MODELO EXPERIMENTAL PARA ESTUDIAR EL COMPORTAMIENTO DE LAS GRASAS INSATURADAS EN LA ELABORACIÓN DE EMULSIONES CÁRNICAS

### DESIGN OF AN EXPERIMENTAL MODEL TO STUDY THE BEHAVIOR OF UNSATURATED FATS IN THE PREPARATION OF MEAT EMULSIONS

*Javier F. Rey R,<sup>1</sup> Alba Doris Torres<sup>2</sup>*

#### RESUMEN

La esencia de un buen planteamiento experimental consiste en proyectar un experimento capaz de suministrar el tipo de información que se busca; así pues, mediante el desarrollo del presente trabajo, se pretende determinar la calidad de los productos cárnicos elaborados con grasas vegetales insaturadas, así como su rendimiento y, por ende, su costo respecto a los productos tradicionales. Se plantea, entonces, un diseño experimental mediante el control de variables, tales como, tipo de grasa, temperatura de utilización y tiempo de cutteado, teniendo en cuenta los fenómenos fisicoquímicos y bioquímicos que ocurren durante el proceso, iniciando el control con la composición de la carne y la grasa, como materias primas destinadas a este fin. En este diseño se utiliza un modelo estadístico de planeamiento factorial completo con tres variables y dos niveles para un número de quince ensayos con una réplica. y así, obtener la ecuación que dé solución al problema identificado para posibilitar, de esta manera, la utilización de las grasas insaturadas dentro de un proceso de elaboración de emulsiones cárnicas.

**Palabras clave:** grasas vegetales insaturadas, emulsiones, cutteado.

#### ABSTRACT

*The essence of a good experimental position consists on projecting an experiment so that him it is able to in fact give therefore the type of information that is looked for, by means of the development of the present work it is looked for to determine which the quality of the meat products will be elaborated with unsaturated vegetable fats, which its yield will be and for ende its cost regarding the traditional products, in and of itself the present investigation*

1 Especialista en Ingeniería de Procesos en Alimentos y Biomateriales. Departamento de Ingeniería de Alimentos, Universidad de La Salle. E-mail: jrey@unisalle.edu.co.

2 Especialista en Ingeniería de Procesos en Alimentos y Biomateriales. Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería, Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD. E-mail: dorys.torres@gmail.com.

*outlines an experimental design by means of the control of such variables as type of fat, use temperature and time of cutteado, keeping in mind the physiochemical and biochemical phenomena that happen beginning the control from the composition of the meat and fat during the trial, as raw materials dedicated to this end, for he/she thought about it the experimental design using a statistical model of complete factorial planning with 3 variables and 2 levels for a number of 15 rehearsals with a replica. Identified the variables to control as type of fat, temperature of use of the fats and the time of cutteado, the outlined experimental design is applied and you ends up obtaining the equation that gives solution to the identified problem that facilitates to use the unsaturated fats inside a process of elaboration of meat emulsions.*

**Key words:** *unsaturated vegetable fats, emulsions, Cutter.*

*Aceptado: abril 27 de 2009*

*Aprobado: mayo 26 de 2009*

## INTRODUCCION

Los cárnicos procesados en la actualidad se caracterizan por estar elaborados con carne proveniente de cortes de mediana calidad (murillo, bota, cogote, entre otros), contener altos niveles de colesterol y utilizar como materia prima las grasas saturadas. Su alto consumo se ve reflejado en la salud de los consumidores, ya que deriva en problemas de orden cardiovascular. Los productos cárnicos emulsionados no escapan de esta problemática ya que son elaborados con materias primas de mediana calidad y un alto porcentaje de grasas saturadas. (Serrano y Cofrades, 2005). Las grasas insaturadas tienen compuestos que generan efectos positivos en la salud del ser humano, entre ellos, reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares y disminución de las cantidades de colesterol en la sangre. . Estas grasas están compuestas por ácidos grasos funcionales, tales como, el aceite de oliva, aceite de canola y aceite de soya, entre otros. Este tipo de grasas permanece en estado líquido a temperaturas de 20-25 °C y puede solidificarse después de un proceso de hidrogenación, el cual genera una estructura trans en el ácido graso, compuesto que es perjudicial para la salud. (Duxbury, 2005).

En la industria de carnes, la mayoría de las emulsiones son de aceite en fase continua de agua (Ac/Ag), donde la mayor cantidad de componente es la fase líquida y, la menor, la fase dispersa. Entre ellos, encontramos los embutidos cárnicos emulsionados-escaldados (Ramírez, 2006). Las emulsiones son sistemas inestables en los que ocurren procesos de descreme, floculación y coalescencia, de los cuales resulta la separación de agua y grasa, siendo este uno de los principales problemas en la correcta elaboración y conservación de las emulsiones cárnicas, ya que se debe asegurar la estabilidad físico-química del producto durante el tiempo de vida útil del alimento (Lees, 1982).

## MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se llevó a cabo en la planta piloto de carnes de la UNAD, mediante un diseño experimental, utilizando un modelo estadístico de planeamiento factorial completo

con 3 variables y 2 niveles para un número de 15 ensayos con una réplica. Este proyecto se trabajó a escala planta piloto. Como materias primas se utilizaron carne de segunda de bovino y aceite vegetal de soya.

### **Tratamiento Estadístico**

#### • *Variable dependiente*

La estabilidad de la emulsión, utilizando como materia prima, grasas insaturadas y carne de res. Esta se observa a temperatura de cocción, donde se pone a prueba la resistencia de las materias primas utilizadas.

#### • *Variables independientes*

*Tipo de grasa:* según revisión bibliográfica, las grasas insaturadas que tienen el mayor punto de fusión y pueden ser utilizadas en este proceso son: soya, canola y girasol; para los diferentes ensayos del diseño experimental se trabajó con porcentajes de entre 10% a 30% ya que un porcentaje mayor afectaría la estabilidad de la emulsión por exceso de grasa y las proteínas de la carne no la lograría retener.

*Temperatura de utilización de las grasas:* teóricamente esta temperatura debe estar en un valor de -4 a 7 °C; para los ensayos correspondientes se tomaron valores de 0 a 6 °C, teniendo presente que valores cercanos a 2°C son óptimos para que se rompa la emulsión.

*Tiempo de cutteado:* según la recopilación bibliográfica, este no debe superar los 25 minutos; para los ensayos correspondientes se tomaron valores de 6 a 18 minutos, pues valores cercanos a 12 minutos son óptimos para que se desarrolle la emulsión con las mejores características.

#### • *Variables intervinientes*

*La calidad de las materias primas:* tiene relación directa con la calidad de la emulsión ya que con carnes de mala calidad, la estabilidad de esta se vería afectada de forma negativa; en cuanto a las grasas estas no soportarían esfuerzos como los realizados en un cutter (Guerrero, 1998).

*Insumos utilizados:* además de la carne y la grasa para la elaboración de emulsiones cárnicas, intervienen otros insumos, entre ellos, los emulsificantes, que dan mayor estabilidad a la emulsión cárnica; en este caso se trabajó con la proteína proveniente del aislado de soya y el agua, la cual, gracias a su interacción con la proteína y la grasa, logra la estabilidad de la emulsión. Esta siempre debe estar en estado sólido, a temperaturas inferiores a los 0°C.

### **Formulación y descripción del proceso**

La formulación utilizada se describe en la tabla número 1, seguida de la descripción del proceso.

**Tabla 1.** Formulación utilizada para la elaboración de la emulsion

Ingredientes	Porcentaje
Carne magra de res	36 a 60 %
Carne magra de cerdo	10 – 12 %
Grasa dura de cerdo	15 a 20 %
Harina de trigo	5 a 10 %
Hielo en escarcha	
Sal cura	180 a 200 ppm
Sal común	1.5 a 4.8% sobre el peso de la pasta
Fosfatos embutidos	0.5 p/p máximo
Eritorbato o antioxidantes	0.05 % máximo

Fuente: Ramirez, 2006.

*Recepción y preparación de carne.* Tratamiento preliminar: se evalúa de forma sensorial y fisicoquímica.

*Recepción y preparación de la grasa insaturada.* Tratamiento preliminar: se evalúa de forma sensorial y fisicoquímica.

*Preparación de la carne.* Esta debe limpiarse de tejido conectivo y grasa de cobertura; luego cortarse en trozos en forma de cubos de 2 cm de lado, siempre trabajándola a temperaturas inferiores a 5°C.

*Preparación de la grasa.* Debe estar a una temperatura entre 4°C y 6°C, pura y libre de residuos, además de no haber sido utilizada con anterioridad en otro proceso.

*Estandarización.* En esta etapa se determinan las cantidades de carne de res, grasa, emulsionante y agua necesarios para la elaboración de la emulsión cárnica. Estas cantidades se obtienen a partir del tratamiento estadístico dado en el modelo experimental.

La base de cálculo de la formulación debe ser de 5 kg., ya que es la mínima cantidad necesaria para trabajar a escala planta piloto.

*Molido de la carne.* Se debe realizar en una picadora industrial de carne, utilizando un disco de diámetro 12 y luego pasar de nuevo por un disco de diámetro 5.

*Cutteado.* En esta operación se desarrolla la emulsión del producto, la cual depende, en gran medida, del tiempo de cutteado y del orden para agregar los productos en este equipo,

aprovechando primero la proteínas de la carne, luego la grasa, productos de relleno, condimentos y sabores y, por último, los resaltantes del sabor.

*Embutido.* Se realiza luego de emulsificado el producto. Se debe utilizar la embutidora manual para controlar la velocidad de embutido y tripa de fibrosa calibre 80 como empaque; gracias a su protección a temperaturas elevadas, se trabaja con embutidos de un peso aproximado de 500 g.

*Escaldado.* Este se realiza a una temperatura de 75°C. La temperatura interna a la que deben llegar los productos debe ser de 72°C.

*Secado.* Busca la eliminación del agua superficial del producto y, además, brinda sabor y semi maduración al producto. Puede realizarse a temperaturas de 40°C por 5 horas o a temperaturas ambiente por 24 horas.

### Modelo estadístico

Para efectuar un diseño factorial se especifican los niveles en que cada factor debe ser estudiado.

Diseño factorial 2<sup>n</sup>

Donde n = número de variables

2 = dos niveles por estudiar

• **Variabes:** tipo de grasa, temperatura de utilización, tiempo de cutteado.

• **Niveles:** tipo de grasa (Grasa 1: Soya; Grasa 2: Canola; Grasa 3: Girasol)

-1 nivel inferior 1

+1 nivel superior 2

0 nivel intermedio (punto central) 3

Temperatura de utilización de la grasa en el cutter

-1 nivel inferior 0°C

+1 nivel superior 4°C

0 nivel intermedio (punto central) 2°C

Tiempo de cutteado

-1 nivel inferior 6 min.

+1 nivel superior 12 min.

0 nivel intermedio (punto central) 18min.

• **Variabes independientes:**

X1 = Tipo de grasa

X2 = Temperatura de utilización de la grasa en el cutter

X3 = Tiempo de cutteado

2 niveles = - 1 a + 1

Para efectuar el diseño  $2^3$  se realizaron los ensayos correspondientes y se registraron las respuestas observadas en todas las posibles combinaciones, teniendo en cuenta los niveles escogidos; igualmente, con los rendimientos obtenidos en los experimentos, teniendo como base la tabla matriz de diseño y los datos obtenidos de cada ensayo en una tabla de resultados. (Ruiz, 1986)

En el primer paso se diseñó una matriz de un planeamiento factorial  $2^3$ , tal como se puede observar en la tabla 2.

**Tabla 2.** matriz factorial  $2^3$

ENSAYOS	X1	X2	X3
1	-1	-1	-1
2	+1	-1	-1
3	-1	+1	-1
4	+1	+1	-1
5	-1	-1	+1
6	+1	-1	+1
7	-1	+1	+1
8	+1	+1	+1
9	-1.68	0	0
10	+1.68	0	0
11	0	-1.68	0
12	0	+1.68	0
13	0	0	-1.68
14	0	0	+1.68
15	0	0	0

Fuente: los autores

Para encontrar los valores de la matriz se creó la tabla 3, la cual contiene las variables codificadas.

**Tabla 3.** variables codificadas de la matriz

ENSAYO	TIPO DE GRASA	$aT$	TIEMPO DE CUTTEADO
	X1	X2	X3
1	Soya	0°C	6 min.
2	Canola	0°C	6 min.
3	Soya	4°C	6 min
4	Canola	4°C	6 min

5	Soya	0°C	18 min.
6	Canola	0°C	18 min.
7	Soya	4°C	18 min.
8	Canola	4°C	18 min.
9	Soya/Canola	2°C	12 min.
10	Canola/Girasol	2°C	12 min.
11	Girasol	0.32°C	12 min.
12	Girasol	3.68°C	12 min.
13	Girasol	2°C	2,34 min
14	Girasol	2°C	14.32 min.
15	Girasol	2°C	12 min.

Fuente: los autores

Si el modelo lineal fuese poco confiable, es decir  $R^2 < 80$ , se debe recurrir a un modelo cuadrático, mediante la adición de puntos axiales que formarán un modelo octogonal base de un círculo de radio Alfa ( $\alpha$ )  $\pm 1,68$ .

$$\text{Alfa } (\alpha) = (2N)^{1/4}$$

$$\text{Alfa } (\alpha) = (23)^{1/4}$$

$$\text{Alfa } (\alpha) = (8)^{1/4}$$

$$\text{Alfa } (\alpha) = \pm 1,68$$

Para tres variables

A los resultados obtenidos en los ensayos, se calcula: la desviación estándar, distribución de probabilidad y límites de confianza con un valor Alfa ( $\alpha$ ) = 0.95 nivel de confianza.

Los valores obtenidos son la herramienta que permite analizar su validez, mediante el método del algoritmo de Yates.

Estos resultados permiten realizar de manera más simplificada el análisis de varianza, como se ve a continuación:

$$2^{n-1} = 4$$

$$n^{2k-1} = 4(\text{efecto})^2 = 16$$

$$\text{Suma de cuadrados totales} = \sum y_i^2 - T \tag{1}$$

$$\text{Suma de cuadrados del error} = \sum y_i^2 - \sum T_i^2/n_i \tag{2}$$

$$\text{Media cuadrada del error} = 1/n \cdot \sum y_i^2 - \sum T_i^2/n_i \tag{3}$$

Se calcula la estimación de los factores (F) con el objetivo de identificar qué efectos son más significativos. (Tamayo, 2001).

El análisis de varianza se obtiene a partir de la suma de cuadrados mediante el algoritmo de Yates.

Si en el modelo estadístico el porcentaje de variación corresponde a  $R^2 = 0.99$  se puede afirmar que este es confiable en un nivel del 99%.

$$N = t_{y,xs}(\text{efecto}) \cdot n \cdot t_{y,xs}(\text{efecto}) \quad (4)$$

Solo se considera estadísticamente significativo con 95% de confianza, un efecto cuyo valor absoluto fuera superior a  $t_{y,xs}(\text{efecto}) = 2,306 \times 0,23 \% = 0,53 \%$ .

### CONCLUSIONES

Al ponderar el grado de confiabilidad del modelo mediante el valor  $R^2$ , se puede determinar el grado de exactitud con que es explicada la variación del 99%.

Al tener un nivel de confianza del 95%, permite descartar valores que son poco significativos.

Al realizar los ensayos propuestos según modelo estadístico de planeamiento factorial, se pueden interrelacionar todas y cada una de las variables intervinientes.

La bondad de utilizar un planeamiento factorial permite realizar los ensayos correspondientes de manera que se efectúen los que son más representativos.

El diseño factorial permite modificar todas las variables al mismo tiempo, identificando las más significativas.

Se espera que el producto cárnico elaborado bajo estas condiciones se encuentre dentro de los parámetros de calidad, según Normas establecidas.

Se estima que el modelo simplificado describa con alta confiabilidad la respuesta al diseño experimental al obtener un valor del 99%.

Se pretende llegar a aplicar la ecuación  $y(x_1, x_2, x_3) = B_0 = B_1x_1 + B_2x_2 + B_3x_3 + B_{12}x_1x_2 + B_{13}x_1x_3 + B_{23}x_2x_3 + B_{123}x_1x_2x_3 + E(x_1, x_2, x_3)$ . que expresa la interrelación de las variables y los efectos propuestos.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CEDRES y colaboradores. 2003. Composición química y características físicas de la carne de búfalo. La Industria Cárnica Latino Americana. No. 128.
- DUXBURY, D. 2005. Omega – 3s Offer solutions to trans fat substitution problems. Food Technology. V. 59. No 4.
- GUERRERO, I. 1998. Tecnología de carnes. Ed trillas.
- IFIC.org. mayo 2005. Alimentos Funcionales. Consultada en Septiembre de 2006
- LEES, R. 1982. Análisis de los alimentos. Métodos analíticos y de control de calidad. Ed. Acribia S.A.
- RAMIREZ, I. Tecnología de cárnicos. UNAD. Bogotá D.C. 2006.
- RUIZ, Luis . Instituto Nacional de Estadística. Métodos estadísticos de una investigación. Introducción al análisis de varianza. Maya Madrid. 1986.
- RODRIGUEZ, M. 2005. Diseño de experimentos en Alimentos. Ed. Unicamp. p 7-86; 153-160.
- SERRANO y COFRADES. 2005. Productos cárnicos más saludables en el ámbito actual de los alimentos funcionales. Alimentación Equipos y Tecnología. No. 200. Año 24.
- TAMAYO TAMAYO, Mario. El proceso de la investigación científica. Editorial Limusa. Mexico. 2001.