

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS



**EFEECTO DE LA MEZCLA DE GRASA, ALBEDO DE MARACUYÁ
(*Passiflora edulis.*) Var. Flavicarpa Y ACEITE DE GIRASOL (*Helianthus
annuus*) SOBRE LA CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA, COLOR,
TEXTURA Y ACEPTABILIDAD GENERAL DE HAMBURGUESAS DE
CARNE DE VACUNO (*Bos taurus*).**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

DIEGO ANDRÉ NAVARRO CALDERÓN

TRUJILLO, PERÚ

2016

La presente tesis ha sido revisada y aprobada por el siguiente Jurado:

Ing. Dr. Carlos Eduardo Lescano Anadón
PRESIDENTE

Ing. Dr. Antonio Ricardo Rodríguez Zevallos
SECRETARIO

Ing. Ms. Carla Consuelo Pretell Vásquez
VOCAL

Ing. Ms. Elena Matilde Urraca Vergara
ASESOR

DEDICATORIA

La presente tesis se la dedico a mi familia quienes me apoyaron desde el inicio de mi carrera profesional hasta el último momento y por inculcarme los buenos valores que forjaron mi personalidad

A mis padres Fernando y Roxana quienes confiaron en mí y me dieron todo su apoyo y cariño para poder afrontar los diversos obstáculos presentados a lo largo de mi vida universitaria y quienes me extendieron su mano cuando más lo necesitaba

A mi hermana Andrea por ser el mejor ejemplo de responsabilidad y esfuerzo para poder alcanzar mis sueños, por su incondicional apoyo en momentos difíciles y su cariño sincero en todo momento de mi vida.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida y todo lo hermoso que hay en ella, por haberme llevado por un buen camino y poner en él a maravillosas personas que me enseñaron tantas cosas de la vida, por darme la fuerza necesaria y ayudar a levantarme al tropezar en lugar de rendirme y encontrar una salida cuando parecía no haberla.

A mis padres Fernando y Roxana por darme la oportunidad de alcanzar mis sueños y por brindarme su apoyo incondicional cuando más lo necesitaba, por la confianza y los valores inculcados que hoy me hacen ser quien soy. Gracias por darle forma a mi persona, que me gusta y estoy orgulloso de ser. Y por supuesto por darme su amor a lo largo de toda mi vida.

A mi hermana Andrea por ser el mejor ejemplo a seguir tanto profesionalmente como espiritualmente y por confiar siempre en mí. A mis maestros quienes me enseñaron tantas cosas en estos años, por enseñarme cómo aprender y no solo qué aprender, enseñarme a pensar y no qué debo pensar, así desarrollo mi inteligencia y no sólo mi memoria.

En especial a mi maestra, asesora y amiga Ing. Ms. Elena Urraca por estar siempre perseverante y darme ese empujón que se necesita para salir adelante, por señalarme con frecuencia mis cualidades y aciertos, no solo mis errores o defectos, así me animó a esforzarme y dar lo mejor de mí. Mi más sincero cariño y respeto para usted.

Al Ing. Jesús Obregón por brindarme su apoyo y sus conocimientos sobre estadística, mi respeto y admiración para él.

ÍNDICE GENERAL

Carátula	i
Aprobación por el Jurado de Tesis	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimiento.....	iv
Índice general	v
Índice de Cuadros.....	viii
Índice de Figuras	x
Índice de Anexos	xi
Resumen	xii
Abstract	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	01
II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA.....	04
2.1. Maracuyá.....	04
2.1.1. Generalidades	04
2.1.2. Clasificación taxonómica	05
2.1.3. Fibra dietética	06
2.1.4. El albedo de maracuyá	07
2.1.5. Desechos del maracuyá como fuente de fibra dietética.....	07
2.1.6. Utilización de fibra dietética en la elaboración de productos cárnicos potencialmente funcionales	08
2.2. Aceite de girasol	10
2.2.1. Tipos de aceite de girasol	10
2.3. La hamburguesa.....	11
2.3.1. Características nutricionales de la hamburguesa	12

2.3.2. Ingredientes utilizados en la elaboración de hamburguesas de carne de vacuno (<i>Bos Taurus</i>).....	15
2.4. Metodología de Superficie de Respuesta	19
2.4.1. Experimentos con mezclas (diseño de mezclas)	21
2.4.2. Diseño simplex con centroide	23
2.4.3. Optimización	26
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
3.1. Lugar de ejecución	27
3.2. Materiales y equipos.....	27
3.3. Metodología.....	29
3.3.1. Esquema experimental	29
3.3.2. Formulación para la elaboración de hamburguesas	31
3.3.3. Procedimiento experimental para la elaboración de albedo de maracuyá	32
3.3.4. Procedimiento para la elaboración de hamburguesas de carne de vacuno con grasa, albedo de maracuyá y aceite de girasol.....	34
3.4. Métodos de análisis	36
3.4.1. Preparación de la hamburguesa para su análisis	36
3.4.2. Análisis de CRA.....	36
3.4.3. Análisis de color.....	37
3.4.4. Análisis de textura.....	38
3.4.5. Aceptabilidad general	38
3.5. Método estadístico.....	40

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
4.1. Efecto de las mezclas grasa : albedo de maracuyá : aceite de girasol sobre la capacidad de retención de agua en hamburguesas de carne de vacuno.....	41
4.2. Efecto de las mezclas grasa : albedo de maracuyá : aceite de girasol sobre el color en hamburguesas de carne de vacuno.....	44
4.3. Efecto de las mezclas grasa : albedo de maracuyá : aceite de girasol sobre la textura en hamburguesas de carne de vacuno.....	48
4.4. Efecto de las mezclas grasa : albedo de maracuyá : aceite de girasol sobre la aceptabilidad general en hamburguesas de carne de vacuno	57
4.5. Optimización en hamburguesas de carne de vacuno.....	65
V. CONCLUSIONES.....	68
VI. RECOMENDACIONES	69
VII. BIBLIOGRAFÍA	70
VIII. ANEXOS	79

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Rendimiento del maracuyá	07
Cuadro 2. Composiciones acídicas de los tres tipos de aceite.....	11
Cuadro 3. Composición química de la hamburguesa de carne cruda	13
Cuadro 4. Requisitos bromatológicos para hamburguesa.....	13
Cuadro 5. Requisitos microbiológicos para hamburguesa	14
Cuadro 6. Contenido de energía y macronutrientes en distintos cortes de carne de vacuno	15
Cuadro 7. Contenido de sodio, sal, hierro y zinc en distintos cortes de carne de vacuno	16
Cuadro 8. Formulaciones usadas en la elaboración de hamburguesas de carne de vacuno con albedo de maracuyá y aceite de girasol.....	31
Cuadro 9. Valores de capacidad de retención de agua (CRA) en hamburguesas de carne de vacuno.....	41
Cuadro 10. Análisis de varianza de modelos para la capacidad de retención de agua en hamburguesas de carne de vacuno	43
Cuadro 11. Valores de L*, a* y b* en hamburguesas de carne de vacuno.....	44
Cuadro 12. Análisis de varianza de modelos para L*, a* y b* en hamburguesas de carne de vacuno.....	47
Cuadro 13. Valores de textura en hamburguesas de carne de vacuno.....	48
Cuadro 14. Análisis de varianza de modelos para textura instrumental en hamburguesas de carne de vacuno.....	51
Cuadro 15. Coeficientes de la regresión del modelo cúbico especial aplicado a la textura instrumental en hamburguesas de carne de vacuno	51

Cuadro 16. Valores observados y estimados en la textura instrumental de hamburguesas de carne de vacuno.....	53
Cuadro 17. Aceptabilidad general en hamburguesas de carne de vacuno.....	57
Cuadro 18. Análisis de varianza de modelos para aceptabilidad general en hamburguesas de carne de vacuno.....	60
Cuadro 19. Coeficientes de la regresión del modelo cuadrático aplicado a la aceptabilidad general en hamburguesas de carne de vacuno.....	60
Cuadro 20. Valores observados y estimados en la aceptabilidad general de hamburguesas de carne de vacuno.....	62
Cuadro 21. Combinación óptima estimada para la optimización de la textura instrumental y aceptabilidad general en hamburguesas de carne de vacuno.....	67
Cuadro 22. Respuestas óptimas estimadas para la optimización de la textura instrumental y aceptabilidad general de hamburguesas de carne de vacuno.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Espacio de los factores restringidos para mezclas con 2 y 3 componentes	22
Figura 2. Sistema coordenado trilineal.....	22
Figura 3. Algunos diseños símplex reticulares para 3 y 4 componentes	24
Figura 4. Diseños símplex con centroide con 3 y 4 componentes	25
Figura 5. Esquema experimental para la elaboración de las mezclas de hamburguesa de carne de vacuno con grasa, albedo de maracuyá y aceite de girasol	30
Figura 6. Diagrama de flujo para la obtención de albedo de maracuyá.....	32
Figura 7. Diagrama de flujo para la elaboración de hamburguesas de carne de vacuno con grasa, albedo de maracuyá y aceite de girasol	35
Figura 8. Cartilla de aceptabilidad general de hamburguesas de carne de vacuno	39
Figura 9. Superficie de respuesta y de contornos en la textura instrumental de hamburguesas de carne de vacuno	55
Figura 10. Superficie de respuesta y de contornos en la aceptabilidad general de hamburguesas de carne de vacuno.....	64
Figura 11. Superposición de superficies de contorno para la optimización de la textura instrumental y aceptabilidad general en hamburguesas de carne de vacuno.....	66

ÍNDICE DE ANEXOS

Pág.

Anexo 1. Resultados de aceptabilidad general en hamburguesas de carne de vacuno	79
Anexo 2. Vistas fotográficas de la elaboración de albedo de maracuyá	80
Anexo 3. Vistas fotográficas de la elaboración de hamburguesas de carne de vacuno	83

RESUMEN

En la presente investigación se evaluó el efecto de las mezclas de grasa de cerdo, albedo de maracuyá y aceite de girasol (0 – 100%) sobre la capacidad de retención de agua, el color (L^* , a^* y b^*), textura instrumental y aceptabilidad general de hamburguesas de carne de vacuno. Se aplicó un diseño de mezclas simplex reticular con centroide ampliado bajo la metodología de superficie de respuesta, con la finalidad de obtener el modelo matemático adecuado para representar el comportamiento de las variables en estudio y establecer la combinación óptima estimada de los factores que permita optimizar las variables respuesta. Existió efecto significativo ($p < 0.05$) de las mezclas grasa de cerdo, albedo de maracuyá y aceite de girasol sobre la textura y la aceptabilidad general. Caso contrario ocurrió para las variables capacidad de retención de agua y color. El modelo matemático cúbico especial representó el comportamiento de la textura instrumental y el modelo cuadrático el de la aceptabilidad general, con valores de coeficientes de determinación R^2 de 0.96 y 0.87, respectivamente. La combinación óptima estimada de grasa de cerdo al 90.31%, albedo de maracuyá al 6.58% y aceite de girasol al 3.11%, permitió optimizar las variables respuesta: aceptabilidad general con mayor calificación de 6.89 (valor aproximado a 7 = calificación de “Me agrada moderadamente”) y adecuada textura instrumental de 2.67 N, en hamburguesas de carne de vacuno.

ABSTRACT

The effect of the mixtures of pork fat, passion fruit albedo and sunflower oil (0 - 100%) on the water holding capacity, color (L^* , a^* y b^*), instrumental texture and overall acceptability of beef burgers, was evaluated. The reticular simplex mixtures design with expanded centroid under the methodology of response surface was used in order to obtain the appropriate mathematical model to represent the behavior of the variables under study and to establish the optimal combination of predicted factors for optimizing it. A significant ($p < 0.05$) effect of the mixtures of pork fat, passion fruit albedo and sunflower oil on the fiber texture and overall acceptability was found. The opposite was true for water retention capacity and color properties. The special cubic mathematical model represented the behavior of the instrumental texture and the quadratic model was followed for the general acceptability, with values of coefficients of determination R^2 of 0.96 and 0.87, respectively. The predicted optimal combination was: pork fat 90.31%; passion fruit albedo 6.58% and sunflower oil 3.11%; this mixture allowed to optimize the response variables: overall acceptability score greater than 6.89 (approximate value 7 = rating "I like it moderately"), adequate texture and 2.67 N instrumental in beef burgers.

I. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años ha existido un interés creciente, por parte de los consumidores, investigadores y la industria de alimentos, en como los alimentos pueden ayudar a mantener la salud, puesto que está ampliamente aceptado que seguir una dieta equilibrada puede ayudar en la prevención y tratamiento de muchas enfermedades. En la actualidad, el concepto clásico de "nutrición adecuada", es decir, aquella que aporta a través de los alimentos los nutrientes (hidratos de carbono, proteínas, grasas, vitaminas y minerales) suficientes para satisfacer las necesidades orgánicas particulares, tiende a ser sustituido por el de "nutrición óptima", que incluye, además de la definición anterior, la potencialidad de los alimentos para promocionar la salud, mejorar el bienestar y reducir el riesgo de desarrollar enfermedades (Pérez-Álvarez, 2008).

La búsqueda de alimentos más sanos que respondan a las necesidades de la población en cuanto a requerimientos nutricionales y precio hacen necesario el desarrollo de productos fáciles de preparar y consumir. Algunos productos cárnicos conocidos como carnes frías (salchichas de cualquier tipo, jamones, etc) son ampliamente aceptados debido a que pueden comerse fríos y tienen una vida de anaquel considerable. Sin embargo, estos productos tienen una relativamente alta concentración de grasa y sal en su formulación, limitando su consumo a sectores en la población con problemas de hipertensión o sobrepeso (Totosaus, 2007).

Es por esto que la industria cárnica presenta un gran interés por desarrollar productos bajos en grasas dañinas para el cuerpo humano. Sin embargo, la grasa tiene funciones importantes en la determinación de tres principales características sensoriales de los productos cárnicos, las

cuales son: 1) apariencia, como color y uniformidad en la superficie, 2) textura, como viscosidad, elasticidad y dureza y 3) sabor, como la intensidad y realce del sabor que son difíciles de reemplazar. La posibilidad de desarrollar productos con menores grasas saturadas va a depender de varios factores, como son el nivel de reducción de grasa deseado, la naturaleza del producto a formular y el tipo de procesado requerido por el mismo (Rivera, 2012).

Por lo anteriormente mencionado, el uso de albedo de maracuyá en mezcla con aceite de girasol sería una buena alternativa para sustituir grasa animal en una emulsión cárnica, debido a las propiedades que estas aporta como son, ácidos grasos insaturados, capacidad para formar geles y ofrecer brillantez al producto.

El problema planteado para la investigación fue:

¿Cuál será el efecto de diez proporciones de albedo de maracuyá, aceite de girasol, grasa de cerdo y sus mezclas sobre la capacidad de retención de agua, el color, textura y aceptabilidad general de hamburguesas de carne de vacuno?

Los objetivos planteados para esta investigación experimental fueron:

- Evaluar el efecto de la mezcla de grasa de cerdo, albedo de maracuyá y aceite de girasol sobre la capacidad de retención de agua, color, textura y aceptabilidad general de hamburguesas de carne de vacuno.

- Obtener el modelo matemático adecuado para representar el comportamiento de: la capacidad de retención de agua, color (L^* , a^* y b^*), textura y aceptabilidad general, con las mezclas de: grasa de cerdo, albedo de maracuyá y aceite de girasol, en hamburguesas de carne de vacuno.
- Determinar la mezcla óptima estimada de grasa de cerdo, albedo de maracuyá y aceite de girasol que permita optimizar las variables respuesta: capacidad de retención de agua (maximización), color (adecuado), textura (adecuada) y aceptabilidad general (maximización) en hamburguesas de carne de vacuno.

II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA

2.1. Maracuyá

2.1.1. Generalidades

El maracuyá es una fruta tropical de una planta que crece en forma de enredadera y que pertenece a la familia de las Passifloras, de la que se conoce más de 400 variedades. Uno de los centros de origen de esta planta es Perú, presenta dos variedades o formas diferentes: la púrpura o morada (*P. edulis Sims.*) y la amarilla *Passiflora edulis Sims.* forma flavicarpa). La primera, principalmente, se consume en fresco y prospera en lugares semi cálidos y a mayor altura sobre el nivel del mar, en tanto que la segunda crece en climas cálidos, desde el nivel del mar hasta 1000 m de altitud. La última es más apreciada por la industria gracias a su mayor acidez. En nuestro país se han cultivado ambas formas de maracuyá, aunque la más extendida ha sido *Passiflora edulis Sims.* forma flavicarpa. Su jugo es ácido y aromático; se obtiene del arilo, tejido que rodea a la semilla, y es una excelente fuente de vitamina A, niacina, riboflavina y ácido ascórbico. La cáscara y las semillas también pueden ser empleados en la industria, por los componentes que tienen (Castro y otros, 2009).

Esta planta es originaria de la región amazónica del Brasil, de donde fue difundida a Australia, pasando luego a Hawai en 1923. En la actualidad se cultiva en Australia, Nueva Guinea, Sri Lanka, Sud-África, India, Taiwan, Hawai, Brasil, Perú, Ecuador, Venezuela y Colombia. Una de las posibles explicaciones del origen del nombre maracuyá es que los indígenas de Brasil llamaron la fruta "maraú-ya", que proviene de fruto "marahu", que a su vez viene de "ma-râ-ú" que significa "cosa que se come de sorbo", por lo que la unión de las dos palabras significa "fruto que se come de un

sorbo"; al conocerla los colonizadores, la palabra se degeneró llegando a la que hoy conocemos; maracujá (en portugués) o maracuyá (en español). El maracuyá pertenece a la misma familia (*Passifloraceae*) de la Curuba (*P. Mollissima*), del tumbo costeño (*P. Quadrangularis*), y de la granadilla (*P. Ligularis*), a las que se parece en su hábito de vegetativo y flor. En el mundo existe un sinnúmero de nombres para esta planta como parcha o parchita en Puerto Rico, Venezuela y algunas regiones de Colombia; ceibey en Cuba, lilikoi en Hawaii; couzou, gredille, barbadine y fruit de la passion en Francia; Passion fruit en países de habla inglesa; Maracuja y passionsfrucht en alemán (Castro y otros, 2009).

2.1.2. Clasificación taxonómica

Según Castro y otros (2009), se tiene la siguiente clasificación taxonómica del maracuyá:

División:	<i>Espermatofita</i>
Subdivisión:	<i>Angiosperma</i>
Clase:	<i>Dicotiledonea</i>
Subclase:	<i>Arquiclamidea</i>
Orden:	<i>Perietales</i>
Suborden:	<i>Flacourtinae</i>
Familia:	<i>Passifloraceae</i>
Género:	<i>Passiflora</i>
Especie:	<i>Edulis</i>
Variedad:	Purpúrea y Flavicarpa

2.1.3. Fibra dietética

Actualmente la fibra dietética es definida por la Comisión Europea (2008) como los polímeros de hidratos de carbono con tres o más unidades monoméricas, que no son digeridos ni absorbidos en el intestino delgado humano y que pertenecen a una de las siguientes categorías: polímeros de carbohidratos comestibles que se encuentran de forma natural en los alimentos; polímeros de carbohidratos comestibles que han sido obtenidos a partir de las materias primas alimenticias por medios físicos, enzimáticos, o medios químicos y que tienen un efecto fisiológico beneficioso demostrado mediante pruebas científicas generalmente aceptadas, polímeros de carbohidratos comestibles sintéticos que tienen un efecto fisiológico beneficioso demostrado mediante pruebas científicas generalmente aceptadas. La fibra dietética total (FDT) está compuesta fundamentalmente de fibra dietética insoluble (FDI) y fibra dietética soluble (FDS). La FDI está integrada por sustancias (celulosa, hemicelulosa y lignina) que retienen poca agua y se hidratan poco. Este tipo de fibra predomina en alimentos como el salvado de trigo, granos enteros y algunas verduras. Los componentes de este tipo de fibra son poco fermentables y resisten la acción de los microorganismos del intestino. Su principal efecto en el organismo es aumentar el volumen de las heces y disminuir su consistencia y su tiempo de tránsito a través del tracto digestivo. La FDS está formada por componentes (inulina, pectinas, gomas y mucilagos) que captan mucha agua y son capaces de formar geles viscosos. Otra posible clasificación de la fibra sería en función de la actividad antioxidante que presenta. Así, se encuentra fibras dietéticas con un elevado poder antioxidante como podría ser la fibra de cítricos o la fibra de granada. Fibras con un moderado poder antioxidante como la fibra de chufa o fibra de maracuyá o fibras con un bajo o nulo poder antioxidante como es la fibra de caña de azúcar (López, 2013).

2.1.4. El albedo de maracuyá

La capa externa de una fruta cítrica está formada por una cáscara o piel, la cual incluye dos capas principales, la interna y la externa; la capa externa incluye el flavedo cuya pigmentación depende del tipo de fruta, y el albedo que forma parte de la capa interna y es incolora.

En el Cuadro 1 se muestra el rendimiento del maracuyá expresado en porcentaje, en donde se puede apreciar un alto contenido de albedo.

Cuadro 1: Rendimiento del maracuyá

Componente	(%)
Exocarpio	13.0
Endocarpio	4.0
Albedo	49.0
Pulpa	29.0
Semillas	5.0

Nuñez y Ramírez (2014)

2.1.5. Desechos del maracuyá como fuente de fibra dietética

El maracuyá (*Passiflora edulis*) es una fruta tropical que pertenece a la familia de Passifloraceae. Existen distintas especies de esta fruta como por ejemplo el maracuyá púrpura (*Passiflora edulis* Sims), la granadilla (*Passiflora ligularis*), la gulupa (*Passiflora edulis* Sims f. *edulis*.) y el maracuyá amarillo (*Passiflora edulis* var *flavicarpa* Degenerer.) Estos frutos se consideran como fuente de vitamina A, tiamina, riboflavina, niacina, calcio, fósforo, de ácido ascórbico. Estudios previos han descrito la presencia de flavonoides como los principales constituyentes de *P. edulis*, principalmente C-glicosilflavona. La mayor parte de la producción se destina a la elaboración de zumos y refrescos. Dicha industrialización

genera varios miles de toneladas de residuos formados por semillas, pulpa y corteza. Existen diversos estudios donde se analiza la composición de estos residuos para su utilización como potencial ingrediente funcional, por ejemplo Salgado y otros (2010) indicaron que el contenido de fibra dietética total (FDT) de la cáscara del maracuyá fue 57.76 g/100 g con un contenido de fibra dietética insoluble (FDI) de 54.27 g/100 g y un contenido de fibra dietética soluble (FDS) de 3.49 g/100 g; además informaron que el contenido en FDT obtenido de los residuos del maracuyá compuestos por la piel, la pulpa y las semillas fue de 81.49 g/100 g; con una cantidad de FDS de 35.5 g/100 g y de FDI de 45.99 g/100 g de fibra insoluble. (López, 2013).

Del procesamiento de frutas como el maracuyá resultan toneladas de cáscara las cuales representan un 50% de desperdicio, en donde se encuentra el albedo. Para el caso del albedo de maracuyá se ha reportado un total de 71% de fibra (Moreno, 2015).

Nuñez y Ramirez (2014) determinaron la cantidad de FDT, FDS y FDI en el albedo de maracuyá, obteniendo un rango de valores entre 62.21-65.78 g/100g para FDT, 33.66-37.87 g/100g para FDS y 27.55-31.33 g/100g para FDI.

2.1.6. Utilización de fibra dietética en la elaboración de productos cárnicos potencialmente funcionales.

Los estudios de mercado a nivel mundial, señalan que, en general, los alimentos que incorporan fibra tienen un amplio mercado potencial y que existe un amplio margen de aplicación, destacando a los productos cárnicos como parte importante de ese mercado. Actualmente, en el mercado, son muy importantes los desarrollos de nuevos productos en los que la fibra dietética forme parte de sus formulaciones. La fibra dietética

ha adquirido el estatus de “ingrediente con proclama alimentaria” por la FDA, por lo que afortunadamente no es necesario que la pequeña y mediana empresa tenga que demostrar su efecto positivo para la salud. La parte negativa es que algunas de las fibras dietéticas son muy caras dificultando que su aplicación en los productos cárnicos llegue a ser económicamente rentable. Los ingredientes ricos en fibras han sido utilizados fundamentalmente en productos cárnicos cocidos pues permiten aumentar el rendimiento de la cocción ya que “fijan” el agua y la grasa, mejorando la textura. Además, la fibra no es extraña en los procesos tradicionales de elaboración de productos cárnicos pues en muchos de ellos este ingrediente se encuentra de forma natural, así embutidos que incorporan cebolla, apio, calabaza, etc. aportan una buena cantidad de fibra dietética, más aun si ese embutido incorpora pimentón, ya que esta especia, dependiendo del tipo de producto cárnico, puede utilizarse en concentraciones relativamente elevadas (1-10%). La fibra dietética utilizada puede proceder de fuentes animales, como la quitina y el quitosano y frutas, verduras y cereales. En el caso de las frutas y verduras, la fibra dietética es un componente importante en su composición y además, la presencia de compuestos bioactivos (carotenoides, polifenoles, tocoferoles, vitamina C) asociados a la fibra, le confieren propiedades interesantes para la salud del consumidor. Los residuos generados por las industrias agroalimentarias pueden ser una excelente fuente de compuestos alimentarios intermedios (PAI) ricos en fibra dietética. En el mercado existe una gran diversidad de fibras dietéticas procedentes de distintas fuentes procedentes tanto de frutas y vegetales como de cereales. Así la industria de alimentos tiene a su disposición distintos ingredientes para funcionalizar el producto cárnico. En la literatura se pueden encontrar trabajos sobre la aplicación de distintas fibras dietéticas, solas o combinadas, en distintos productos cárnicos tanto frescos, cocidos, como crudo-curados (López, 2013).

2.2. Aceite de girasol

El aceite de girasol es considerado de alta calidad por presentar un bajo porcentaje de ácidos grasos saturados y un alto porcentaje de ácidos grasos insaturados. Además, contiene ácidos grasos esenciales y una considerable cantidad de tocoferoles que le confiere estabilidad. La composición acídica del girasol depende del genotipo (cultivar) y del ambiente (Díaz-Zorita y otros, 2003).

2.2.1. Tipos de aceite de girasol

Los aceites de girasol pueden clasificarse por la composición de los ácidos grasos que lo componen. Las características comunes a todos ellos son: muy bajo porcentaje de ácidos grasos saturados y una alta cantidad de vitamina E del orden de 60 mg por 100g de aceite (Melgarejo, 2003).

Los tres tipos de aceites que se comercializan según Melgarejo (2003) son:

- ✓ **Aceite poliinsaturado.** Es el más difundido en todo el mundo y el que se destina para todo tipo de cocina. Lo caracteriza un contenido de ácido linoléico del orden de 60-66%. Se lo designa como estándar o común. Este tipo de aceite se usó en el experimento.

- ✓ **Aceite monoinsaturado.** Es un aceite rico en ácido oleico, 80%. Se lo destina a preparaciones de alimentos que requieran un contenido mayor de monoinsaturados. Se le conoce como Alto Oleico.

- ✓ **Aceite mid-oleico.** Es un aceite que tiene un contenido de ácido oleico del orden de 60-65%, es un intermedio entre los dos anteriores. En Estados Unidos de Norte América se denomina NuSun, marca registrada de la ASFA, American Sunflower Association.

En el Cuadro 2 se indican las composiciones acídicas de los tres tipos de aceite, se puede destacar la baja concentración de ácidos grasos saturados en los tres tipos.

Cuadro 2. Composiciones acídicas de los tres tipos de aceite

	A	B	C
Ácido graso	Común	Alto Oleico	NuSun
Oleico %	25–30	80–85	60–65
Linoleico %	60–65	9–11	25–30
Saturados %	10–11	9–10	9–11

Fuente: Melgarejo (2003)

2.3. La hamburguesa

La hamburguesa es un preparado cárnico elaborado con carne picada a la que se le agrega sal, diversos condimentos y especias al gusto del elaborador (por este motivo existen una gran variedad en la composición de las hamburguesas), posteriormente la mezcla se amasa y se moldea, bien sea con la mano o con algún molde fabricado; para el proceso de moldeo es útil utilizar pan molido o film plástico para cubrir las superficies de la hamburguesa y evitar que la carne se pegue al molde, en las mesas o que las hamburguesas se adhieran entre ellas (Echeverri y otros, 2004).

La carne de hamburguesa es un producto que se elabora generalmente de res, de chanco o pollo, en los últimos tiempos se ha estado innovando con nuevos tipos de carne como por ejemplo la de pavo, conejo, sajino, venado, entre otros según sea su región. En todo caso es aconsejable que la carne tenga poca grasa para evitar una disminución de tamaño durante la fritura y mantener una buena calidad nutritiva (Ramos y otros, 2009).

A la hora del consumo de las hamburguesas, su fritura debe ser suficientemente intensa para prevenir peligros sanitarios. La formulación estándar de la hamburguesa puede ser cambiada al gusto del que la hace o según los requerimientos de los consumidores, siempre teniendo en cuenta que su conservación necesita de refrigeración y/o congelación, ya que de no ser guardada en la refrigeradora se tiene que consumir antes de las 24 horas de su preparación (Echeverri, 2004).

2.3.1. Características nutricionales de la hamburguesa

Dada la enorme variedad de ingredientes y de sus proporciones en la hamburguesa de carne, se estandarizó su composición química en base a la más común y comercializada.

En el cuadro 3 se muestra la composición química de la hamburguesa de carne cruda por cada 100 g de porción comestible. Se aprecia alto contenido en proteínas (14.0 g) y en grasa (21.6).

Cuadro 3. Composición química de la hamburguesa de carne cruda

Componente	Valor (en 100 g comestible)
Humedad (g)	62.0
Proteínas (g)	14.0
Grasa total (g)	21.6
Fibra dietética (g)	0
Cenizas (g)	2.2

Fuente: Tor (2002)

En el Cuadro 4 se muestra los requisitos bromatológicos para la hamburguesa cruda según la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE 1338, 2010) señalando que la hamburguesa debe contener un mínimo de 14% de proteína total y un máximo 6% de almidón.

Cuadro 4. Requisitos bromatológicos para hamburguesa cruda

Requisito	Valor	
	Mín	Máx
Proteína total (%)	14	-
Almidón (%)	-	6

Fuente: INEN (2010)

En el Cuadro 5 se muestra los requisitos microbiológicos para la hamburguesa cruda según la Norma Técnica Sanitaria (NTS N° 071-MINSA/DIGESA, 2003).

Cuadro 5. Requisitos microbiológicos para hamburguesa cruda

Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Límite por gramo	
					m	M
Aerobios mesófilos (30°C)	2	3	5	2	10 ⁶	10 ⁷
<i>Escherichia coli</i>	6	3	5	1	50	5 x 10 ²
<i>Staphylococcus aureus</i>	8	3	5	1	10 ²	10 ³
<i>Clostridium perfringes</i> (*)	5	3	5	2	10	10 ²
<i>Salmonella sp.</i>	10	2	5	0	Ausencia/ 25 g	-
(*) Sólo para productos con embalaje, película impermeable o atmósfera modificada o al vacío en lugar de aerobios mesófilos.						

Fuente: DIGESA (2003)

2.3.2. Ingredientes utilizados en la elaboración de hamburguesas de carne de vacuno (*Bos taurus*)

a. Carne de vacuno (*Bos taurus*)

Es una carne con elevado porcentaje de proteínas de alto valor biológico. En cuanto a las vitaminas y minerales, se encuentran en cantidades moderadas que apenas varían con factores intrínsecos del animal (sexo, edad, etc.), a su vez es una fuente importante de minerales tales como calcio, fósforo y hierro, minerales que varían en cantidad según el tipo de alimentación del animal, destaca por su riqueza en hierro hemo de fácil absorción (Castilla, 2007). En el Cuadro 6 se muestra el contenido de energía y macronutrientes en distintos cortes de carne de vacuno.

Cuadro 6. Contenido de energía y macronutrientes en distintos cortes de carne de vacuno

Corte	Agua (g)	Cenizas (g)	Energía (KJ)	Proteína (g)	Grasa (g)	Hidratos de carbono (g)
Lomo	68.5	1	694.5	20.6	8.8	1.1
Churrasco	72.8	1.1	527.2	22.2	4.1	Trazas
Cadera	70.4	1.1	606.7	22.7	6.0	Trazas
Guiso especial	72.6	1.2	510.4	22.6	3.5	Trazas
Aguja	73.7	1.1	510.4	21.1	4.2	Trazas
Paleta	71.5	1	581.6	21.2	5.8	0.5
Falda	63.3	1	962.3	18.8	17.2	Trazas
Tapa	74.4	1	451.9	22.5	2	Trazas
Malaya	74.7	1.1	485.3	21.8	3.2	Trazas

Fuente: Adaptado de Moreno y otros (2009)

En el Cuadro 7 se muestra el contenido de sodio, sal, hierro y zinc en distintos cortes de carne de vacuno.

Cuadro 7. Contenido de sodio, sal, hierro y zinc en distintos cortes de carne de vacuno

Corte	Sodio (mg)	Sal (NaCl g)	Hierro (mg)	Zinc (mg)
Lomo	90	0.23	1.5	3.6
Churrasco	100	0.20	2.2	4.2
Cadera	100	0.20	1.7	3.3
Guiso especial	100	0.20	1.4	2.9
Aguja	100	0.20	2.4	5.4
Paleta	120	0.20	2.1	4.9
Falda	110	0.20	1.7	4.7
Tapa	90	0.23	1.6	3.7
Malaya	100	0.20	1.9	3.3

Fuente: Adaptado de Moreno y otros (2009)

b. Grasa de cerdo

La grasa es muy importante en la elaboración de productos cárnicos, ya que confiere textura (dureza, elasticidad, cohesividad, gomosidad y masticabilidad), color y olor. Estas características también dependen de la presencia de ácidos grasos insaturados y de cadena corta, vale decir de la composición de la grasa. Otra de las características de la grasa es la temperatura de fusión para determinar el cambio de estado de las grasas de sólido a líquido y el cual se refleja en los productos cárnicos (Tellegen, 2003).

c. Sal

Es el saborizante más importante en productos cárnicos. Además de su sabor propio, cumple una triple función: contribuye al sabor, actúa como conservador retardando el crecimiento microbiano, fundamentalmente porque reduce la disponibilidad de agua en el medio (actividad de agua) para el desarrollo de reacciones químicas y enzimáticas y, por último ayuda a la solubilización de las proteínas (Carballo y Jiménez, 2011).

d. Agentes aromatizantes y especias

Son aquellas sustancias que proporcionan olor y sabor a los productos alimenticios a los que se incorporan (Sánchez, 2003). Según Montero (2004), estos agentes son considerados también especias en algunas clasificaciones, ya que provienen de hojas de plantas pero sólo perfuman la comida, sin embargo no son tan valoradas como las especias ya que su cultivo es doméstico y fácil de realizar, pudiendo hacerse en una huerta o jardín pequeño.

La mayoría de las especias estimulan los procesos digestivos y evitan las flatulencias, pero resultan excitantes e irritan la mucosa gástrica, es por ello que deben emplearse en muy poca cantidad. Son interesantes para regímenes hiposódicos, ya que concentran bastante sabor y pueden sustituir en parte a la sal (Gallouin y Arvy, 2007). Entre las especias para la elaboración de hamburguesas se utilizan:

- **Orégano.** Es una planta cultivable de la que se emplea la parte superior, es secada al aire y puede utilizarse entera o molida. Posee un sabor amargo y olor aromático (Sánchez, 2003).

- **Pimienta.** Se utiliza la semilla interior del pericarpio. Ofrece un sabor picante y astringente. Ofrece alta cantidad de calcio, hierro y potasio. Es recomendable para mejorar el control de la glucemia en personas con diabetes, reducir el colesterol y prevenir el cáncer de colon (Carballo y Jiménez, 2011).

- **Ajo.** Se usan los dientes que forman el bulbo (cabeza del ajo), en proporciones pequeñas, se utiliza molido. Posee un sabor acre y fuerte olor, destacando por tener efecto bactericida (Sánchez, 2003).

- **Curry.** Es una mezcla de diferentes especias y hierbas secas machacadas y mezcladas (pimienta de cayena, clavo, comino, cilantro, clavo, nuez moscada, jengibre, cúrcuma, canela y guindilla). Tiene un sabor muy fuerte, picante, con un aroma muy marcado y un color ocre-amarillo (Gallouin y Arvy, 2007).

e. Almidón de maíz

Tiene como ventaja que gelifica a temperatura baja (65 °C) proporcionando una buena textura al producto (Gallouin y Arvy, 2007).

2.4. Metodología de Superficie de Respuesta

La metodología de superficie de respuesta (MSR) es una colección de técnicas matemáticas y estadísticas útiles en el modelado y el análisis de problemas en los que una respuesta de interés recibe la influencia de diversas variables y donde el objetivo es optimizar esta respuesta (Montgomery, 2011).

La superficie de respuesta se define como la representación geométrica de la función objetivo (relación entre la variable dependiente y las independientes consideradas en la investigación) o más propiamente dicho del modelo matemático obtenido (Gordillo y otros, 2012).

La MSR tiene varias ventajas comparada con los experimentos clásicos y métodos de optimización, ya que nos permite obtener una gran cantidad de información a partir de un número pequeño de experimentos. Se puede observar el efecto de la interacción de los parámetros que podrían ser más críticos, así como: el sinergismo, antagonismo y adición. La ecuación del modelo fácilmente aclara estos efectos por combinación binaria de las variables independientes; además, el modelo empírico que relaciona la respuesta de variables independientes, es usado para obtener la información del proceso (Bas y Boyaci, 2007).

Por ejemplo, un Ingeniero en Industrias Alimentarias quiere encontrar los niveles de temperatura (χ_1) y presión (χ_2) que maximicen el rendimiento (y) de un proceso. El rendimiento del proceso es una función de los niveles de temperatura y la presión, por ejemplo:

$$y = f(\chi_1, \chi_2) + \varepsilon \dots\dots\dots (1)$$

Donde ε representa el ruido o error observado en la respuesta “y”. Si la respuesta esperada se denota por $E(y) = f(x_1, x_2) = \eta$, entonces a la superficie representada por $\eta = f(x_1, x_2)$ se le llama superficie de respuesta.

Para ayudar a visualizar la forma de una superficie de respuesta, con frecuencia se grafican los contornos de la superficie de respuesta. En la gráfica de contornos se trazan las líneas de respuesta constante en el plano x_1, x_2 . Cada contorno corresponde a una altura particular de la superficie de respuesta (Montgomery, 2011).

En la mayoría de los problemas de MSR, la forma de la relación entre la respuesta y las variables independientes es desconocida. Por lo tanto, el primer paso de la MSR es encontrar una aproximación adecuada de la verdadera relación funcional entre “y” y el conjunto de variables independientes. Por lo general, se emplea un polinomio de orden inferior en alguna región de las variables independientes. Si la respuesta está bien modelada por una función lineal de las variables independientes, entonces la función de aproximación es el modelo de primer orden:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon \dots \dots \dots (2)$$

Si hay curvatura en el sistema, entonces debe usarse un polinomio de orden superior, tal como el modelo de segundo orden:

$$y = \beta_0 + \sum \beta_i x_i + \sum \beta_{ii} x_i^2 + \sum \sum \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon \dots \dots \dots (3)$$

En casi todos los problemas MSR se usa uno de estos modelos o ambos. Es probable que un modelo polinomial sea una aproximación razonable de la verdadera relación funcional en el espacio completo de las variables independientes, pero para una región relativamente pequeña suelen funcionar bastante bien.

El métodos de mínimos cuadrados, se usa para estimar los parámetros de los polinomios de aproximación. Después, se realiza el análisis de la superficie de respuesta utilizando la superficie ajustada. Si la superficie ajustada es una aproximación adecuada de la verdadera función de la respuesta, entonces el análisis de la superficie ajustada será un equivalente aproximado del análisis del sistema real.

2.4.1. Experimentos con mezclas (diseño de mezclas)

Es un diseño experimental que se utiliza cuando los factores son los componentes o ingredientes de una mezcla, y por consiguiente, sus niveles no son independientes. Por ejemplo, si $\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_p$ denota las proporciones de p componentes de una mezcla, entonces:

$$0 \leq \chi_i \leq 1 \quad i = 1, 2, \dots, p$$

$$\chi_1 + \chi_2 + \dots + \chi_p = 1 \quad (\text{es decir, } 100\%) \quad \dots\dots(4)$$

Estas restricciones se ilustran gráficamente en la Figura 1 para $p = 2$ y $p = 3$ componentes. Para dos componentes, el espacio de los factores del diseño incluye los valores que están sobre el segmento de la recta $\chi_1 + \chi_2 = 1$, cada componente acotado por 0 y 1. Con tres componentes, el espacio de la mezcla es un triángulo con vértices correspondientes a las formulaciones que son mezclas puras (100% de un solo componente).

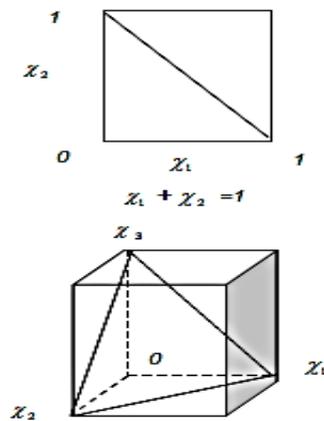


Figura 1. Espacio de los factores restringidos para mezclas con a) $p=2$ componentes y b) $p=3$ componentes

Fuente: Montgomery (2011)

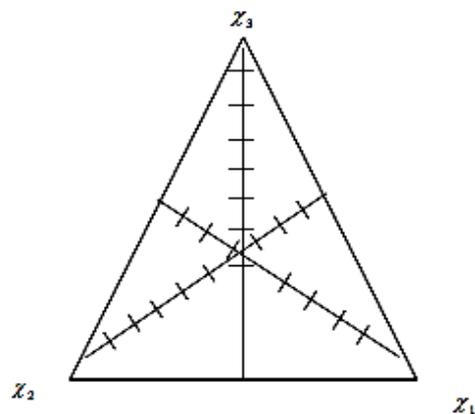


Figura 2. Sistema coordenado trilineal.

Fuente: Montgomery (2011)

Cuando hay tres componentes en la mezcla, la región experimental restringida puede representarse convenientemente en papel milimétrico lineal, como se muestra en la Figura 2. Cada uno de los tres lados de la gráfica representa una mezcla que no contiene nada de alguno de los tres componentes (el componente indicado en el vértice opuesto).

Las nueve líneas de graduación en cada dirección marcan incrementos de 10% en el componente respectivo.

2.4.2. Diseño símplex con centroide

Es un diseño de mezclas que se usan para estudiar los efectos de los componentes de una mezcla sobre la variable de respuesta. Un diseño símplex reticular (p, m) para p componentes consta de los puntos definidos por los siguientes arreglos de las coordenadas: las proporciones asumidas por cada componente toman los $m + 1$ valores que están separados por una distancia igual de 0 a 1,

$$i = 1, 2, \dots, p; \chi_i = 0, \frac{1}{m}, \frac{2}{m}, \dots, 1 \dots\dots\dots(5)$$

y se usan todas las combinaciones posibles (mezclas) de las proporciones de la ecuación 5. Así, sea $p = 3$ y $m = 2$; entonces:

$$i = 1, 2, 3; \chi_i = 0, \frac{1}{2}, 1 \dots\dots\dots(6)$$

y el diseño símplex reticular consta de las seis corridas siguientes:

$(\chi_1, \chi_2, \chi_3) = (1, 0, 0); (0, 1, 0); (0, 0, 1); (1/2, 1/2, 0); (1/2, 0, 1/2)$ y $(0, 1/2, 1/2)$.

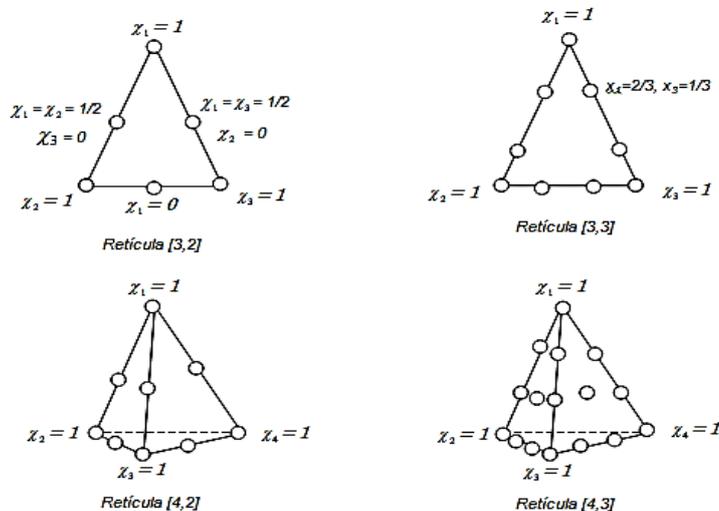


Figura 3. Algunos diseños símplex reticulares para p = 3 y p = 4 componentes.

Los tres vértices (1, 0, 0), (0, 1, 0) y (0, 0, 1) son las mezclas puras, mientras que los puntos (1/2, 1/2, 0), (1/2, 0, 1/2) y (0, 1/2, 1/2) son mezclas binarias o mezclas de dos componentes localizadas en los puntos medios de los tres lados del triángulo. En la Figura 3 se muestran también los diseños símplex reticulares (3,3); (4,2) y (4,3).

En general, el número de puntos en un diseño símplex reticular (p,m) es:

$$N = \frac{(p + m - 1)!}{m!(p - 1)!} \dots\dots\dots (7)$$

Una alternativa del diseño símplex reticular es el diseño símplex con centroide. En un diseño símplex de centroide con p componentes hay $2^p - 1$ puntos, que corresponden a las p permutaciones de (1, 0, 0, ..., 0), las $(p/2)$ permutaciones (1/2, 1/2, 0, ..., 0), las $(p/3)$ permutaciones de (1/3, 1/3, 1/3, 0, ..., 0), ... y el centroide global (1/p, 1/p, ..., 1/p). En la Figura 4 se muestran algunos diseños símplex con centroide.

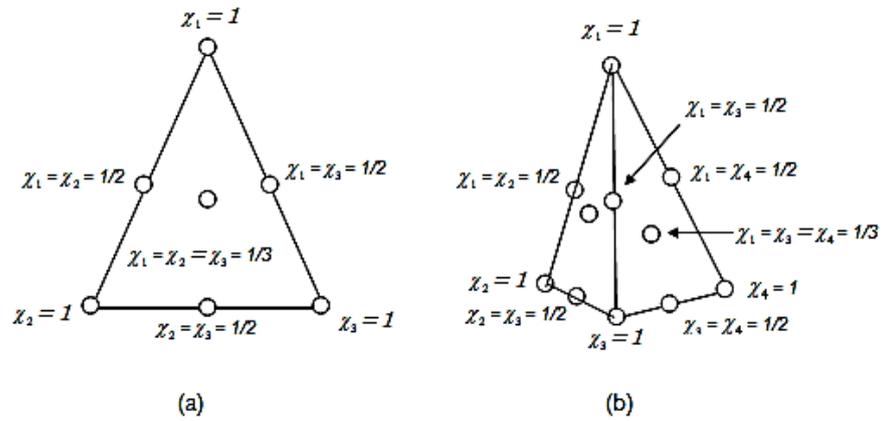


Figura 4. Diseños simplex con centroide, con a) p = 3 componentes y b) p=4 componentes.

Fuente: Montgomery (2011)

Una crítica a los diseños simplex descritos antes es que la mayoría de las corridas ocurren en la frontera de la región y, por consiguiente, incluyen solo $p - 1$ de los p componentes. Suele ser deseable aumentar el diseño simplex reticular o de centroide con puntos adicionales en el interior de la región donde las mezclas estarán formadas por la totalidad de los p componentes. Los modelos para mezclas difieren de los polinomios usuales empleados en los diseños de superficie de respuesta debido a la restricción ($\sum \chi_i = 1$). Las ecuaciones de los modelos para mezclas que se usan ampliamente son:

Lineal: $E(y) = \sum \beta_i \chi_i \dots\dots\dots(8)$

Cuadrático: $E(y) = \sum \beta_i \chi_i + \sum \sum \beta_{ij} \chi_i \chi_j \dots\dots(9)$

Cúbico completo:

$$E(y) = \sum \beta_i \chi_i + \sum \sum \beta_{ij} \chi_i \chi_j + \sum \sum \delta_{ij} \chi_i \chi_j (\chi_i - \chi_j) + \sum \sum \sum \beta_{ijk} \chi_i \chi_j \chi_k \dots\dots\dots (10)$$

Cúbico especial:

$$E(y) = \sum \beta_i \chi_i + \sum \sum \beta_{ij} \chi_i \chi_j + \sum \sum \sum \beta_{ijk} \chi_i \chi_j \chi_k \dots (11)$$

Los términos de estos modelos tienen interpretaciones relativamente simples. En todas las ecuaciones, el parámetro β_i representa la respuesta esperada para la mezcla pura $\chi_i = 1$ y $\chi_j = 0$ cuando $j \neq i$. A la porción $\sum \beta_i \chi_i$ se le llama porción de mezcla lineal. Cuando hay una curvatura derivada de una mezcla no lineal entre pares de componentes, los parámetros β_{ij} representan una mezcla sinérgica o bien antagónica. Los términos de órdenes superiores suelen ser necesarios en los modelos para mezclas porque 1) los fenómenos estudiados pueden ser complejos y 2) la región experimental con frecuencia es la región de operabilidad completa y, en consecuencia, es grande y requiere un modelo elaborado.

2.4.3. Optimización

Los diseños de experimentos factoriales y fraccionales, sirven para hacer una selección de factores más relevantes que afectan el desempeño del proceso. El paso siguiente es la optimización del proceso, o la búsqueda de las condiciones de operación para las variables del proceso que lo optimicen. Muchos problemas de superficies de respuesta incluyen el análisis de varias respuestas. La consideración simultánea de las respuestas múltiples requiere construir primero un modelo de superficie de respuesta adecuado para cada respuesta y después encontrar un conjunto de condiciones de operación que optimice en cierto sentido todas las respuestas o que al menos las mantenga en los rangos deseados. Un enfoque relativamente directo para optimizar varias respuestas que funciona bien cuando solo hay pocas variables en el proceso es la superposición de graficas de contorno de cada respuesta (Montgomey, 2011).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Lugar de ejecución

Las pruebas experimentales y los análisis correspondientes se realizaron en el Laboratorio de Productos cárnicos, el Laboratorio de Ingeniería de Alimentos y el Laboratorio de Tecnología de Alimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Privada Antenor Orrego.

3.2. Materiales y métodos

A. Materiales

Materia prima

- Carne molida de vacuno. Corte "Tapa". Mercado Mayorista Trujillo.
- Grasa dorsal molida de cerdo. Mercado Mayorista Trujillo.
- Maracuyá. Mercado Mayorista Trujillo.
- Aceite de girasol. Marca Ideal. Plaza Vea, Real Plaza Trujillo.
- Fibra de maracuyá preparada en el Laboratorio de Tecnología de Alimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias.

Ingredientes

- Sal yodada marca EMSAL
- Agua potable helada
- Curry en polvo marca "Bells"
- Orégano molido marca "Bells"
- Ajo molido fresco
- Pimienta en polvo marca "Bells"
- Almidón de maíz marca "Duryea"

Utensilios e instrumentos

- Utensilios de cocina
- Papel aluminio
- Tinas de plástico
- Moldes para hamburguesa
- Bolsas Ziploc
- Guantes quirúrgicos
- Vasos de precipitado (100, 250 y 500 mL)

B. Equipos

- Balanza analítica marca Mettler Toledo (capacidad de 0-210g; sensibilidad 0.001 g)
- Termómetro digital. Marca multigital
- Refrigeradora marca Bosch. Modelo Frost 44. Precisión +2°C.
- Moledora de carne. Acero inoxidable. Capacidad 7 kg. Marca Mobba, Disco 8 mm.
- Centrifugadora Marca Heraeus Labofuge 200
- Estufa marca Memmert "Unne 300"
- Colorímetro Konica Minolta. Modelo CR-400
- Texturómetro marca Instron. Modelo 3342. Capacidad de carga de 0.5 kN (112 lbf). Espacio de ensayo vertical de 651 mm
- Cocina eléctrica con plancha de teflón
- Cutter de Carne. Acero inoxidable. Capacidad 7 kg.

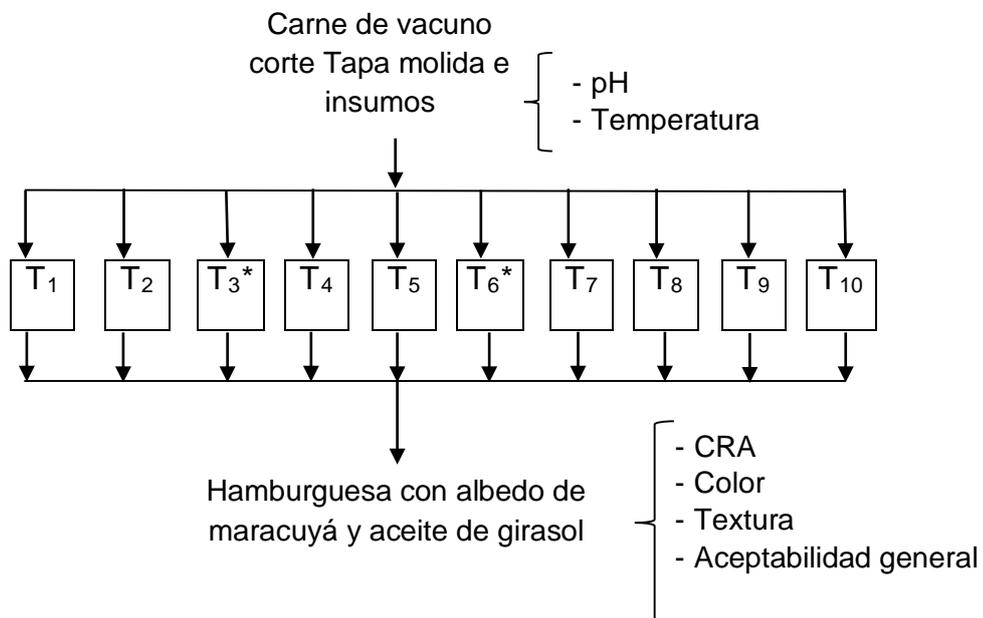
3.3. Metodología

3.3.1. Esquema experimental

El esquema experimental empleado para la elaboración hamburguesa de carne de vacuno con albedo de maracuyá y aceite de girasol correspondió al desarrollo de un Diseño de mezclas simplex centroide ampliado dentro de la metodología de Superficie de respuesta.

Tomando en cuenta la cantidad máxima de sustitución de grasa escogida para el estudio (30%) el software Design Expert® permitió determinar 10 tratamientos y sus proporciones.

La Figura 5 presenta el esquema experimental para la elaboración de hamburguesas de carne de vacuno con albedo de maracuyá y aceite de girasol. Siendo las variables independientes: proporción de albedo de maracuyá, aceite de girasol y grasa de cerdo, y las variables dependientes: capacidad de retención de agua, color, textura y aceptabilidad general.



Dónde:

	(GRASA	:	ALBEDO DE MARACUYA	:	: ACEITE DE GIRASOL)
T ₁ :	(100	:	0	:	0 %)
T ₂ :	(70	:	0	:	30%)
T ₃ *:	(70	:	30	:	0%)
T ₄ :	(85	:	0	:	15%)
T ₅ :	(85	:	15	:	0%)
T ₆ *:	(70	:	15	:	15%)
T ₇ :	(80	:	10	:	10%)
T ₈ :	(90	:	5	:	5%)
T ₉ :	(75	:	5	:	20%)
T ₁₀ :	(75	:	20	:	5%)

*Réplicas dentro de diseño en T₃ y T₆

Figura 5. Esquema experimental para elaboración de las mezclas de hamburguesa de carne de vacuno con grasa, albedo de maracuyá y aceite de girasol

3.3.2. Formulación base elaboración de hamburguesas de carne de vacuno con albedo de maracuyá y aceite de girasol y sus mezclas

En el Cuadro 8 se presenta las formulaciones usadas en la elaboración de hamburguesas de carne de vacuno con albedo de maracuyá y aceite de girasol.

Cuadro 8. Formulaciones usadas en la elaboración de hamburguesas de carne de vacuno con albedo de maracuyá y aceite de girasol

Ingredientes	Formulación (%)									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
Carne de vacuno	67.22	67.22	67.22	67.22	67.22	67.22	67.22	67.22	67.22	67.22
Grasa de cerdo	19.44	13.61	13.61	16.52	16.52	13.61	15.56	17.50	14.58	14.58
Albedo de maracuyá	0.00	0.00	5.83	0.00	2.91	2.91	1.94	0.97	0.97	3.89
Aceite de girasol	0.00	5.83	0.00	2.91	0.00	2.91	1.94	0.97	3.89	0.97
Agua de mesa	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40
Sal de mesa	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30
Ajo molido	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Orégano en polvo	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Pimienta en polvo	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Curry en polvo	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Almidón de maíz	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Fuente: Adaptado de García y otros (2012)

3.3.3. Procedimiento experimental para la elaboración de albedo de maracuyá

En la Figura 6 se muestra el proceso utilizado para la elaboración de albedo maracuyá.

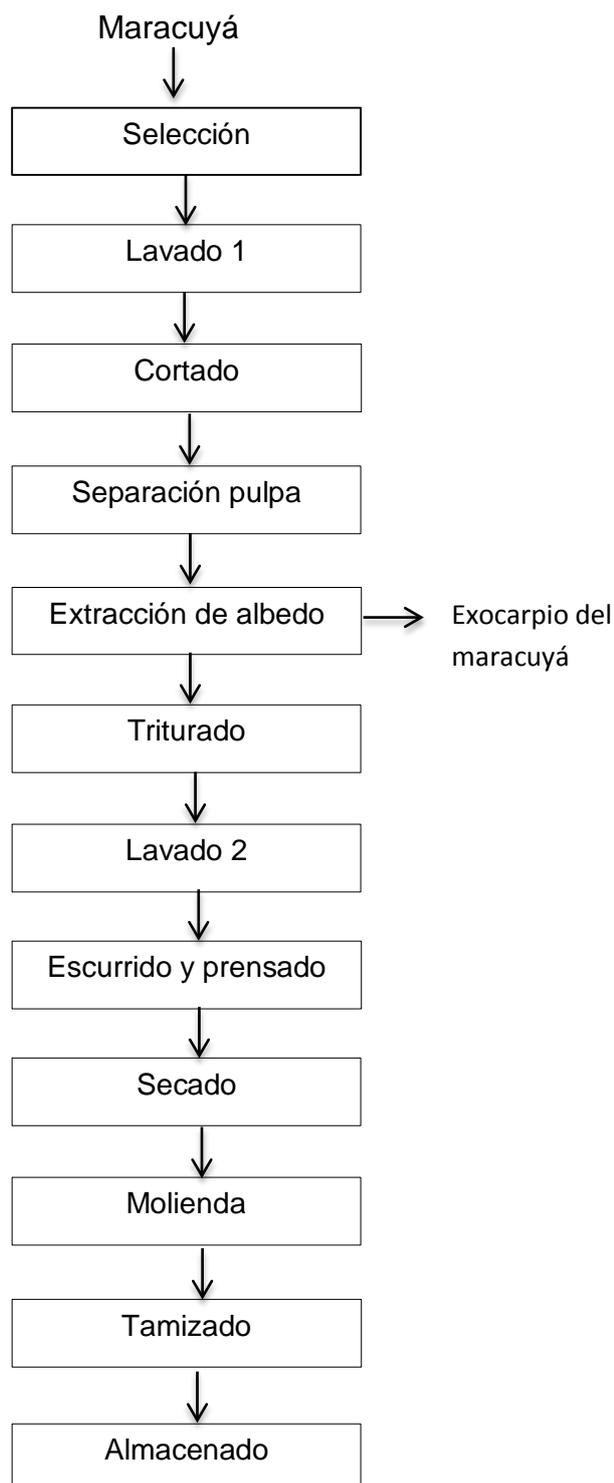


Figura 6. Diagrama de flujo para la obtención de albedo de maracuyá

A continuación se describe cada operación para elaborar albedo de maracuyá de acuerdo al diagrama del flujo de la Figura 6, según López (2013):

- **Selección.** Se escogieron aquellos frutos de maracuyá sin golpes o deterioro.
- **Lavado 1.** Los frutos de maracuyá se lavaron con agua potable para eliminar restos de suciedad o tierra.
- **Cortado.** Los frutos de maracuyá se cortaron por la mitad con ayuda de cuchillos.
- **Separación de pulpa.** Se separó la pulpa y el jugo del resto del fruto, de manera manual con ayuda de cuchillos y cucharas quedando únicamente la cáscara con albedo.
- **Extracción del albedo.** Los frutos de maracuyá se pelaron manualmente con cuchillos para eliminar el exocarpio obteniendo así únicamente el albedo.
- **Troceado.** El albedo obtenido fue troceado con cuchillo previamente desinfectado, este proceso aumenta la superficie de intercambio en el posterior proceso de lavado 2.
- **Lavado 2.** Se realizó por inmersión bajo agitación constante, durante 8 minutos, la temperatura de agua de lavado se mantuvo constante a 45°C. Se emplea una proporción de 5 kg de trozos por cada 1 L de agua.
- **Escurrido y prensado.** Finalizado el lavado se procedió a escurrir y prensar el albedo con tela nylon, a través de un tamiz fino.
- **Secado.** Esta operación se realizó en la estufa a 60 °C durante 24 h para obtener albedo deshidratado con 10% de humedad.
- **Molienda.** El albedo deshidratado se llevaron a un molino manual obteniéndose partículas gruesas, que luego fueron tamizadas.

- **Tamizado.** El albedo molido se pasó por un tamiz con malla número 40 para uniformizar el tamaño de partícula de fibra, obteniéndose partículas con diámetro menor a 0.420 mm.
- **Almacenado.** Las partículas de albedo obtenidas se almacenaron en bolsas ziploc a 4 °C durante 24 horas para luego proceder a la elaboración de las hamburguesas.

3.3.4. Procedimiento para la elaboración de hamburguesas de carne de vacuno con grasa, albedo de maracuyá y aceite de girasol

A continuación se describe cada operación para obtener la muestra experimental.

- **Recepción.** La carne de vacuno y grasa de cerdo presentaron apariencia fresca, buen olor y color. Se recibieron molidas y se almacenaron a una temperatura no mayor de 0 °C, se midió el pH de la carne y luego se colocaron en bolsas plásticas transparentes de baja densidad (Sánchez, 2003).
- **Mezclado.** Una vez obtenida la carne corte tapa y grasa molidas, se procedió a mezclarlas con los demás ingredientes de la formulación (albedo de maracuyá, el cual fue humedecido con agua de mesa en una proporción de 1:10 y aceite de girasol) durante 4 min (Ramos y otros, 2009).
- **Amasado.** La mezcla obtenida se amasó manualmente por un lapso de 8 min hasta conseguir una masa consistente en la cual los ingredientes no se separen (Piñero, 2004 y Ramos y otros, 2009).
- **Moldeado.** De la mezcla final, se pesaron porciones de 80 g cada uno y se moldearon con la mano en forma de esferas (Ramos y otros, 2009).
- **Formado.** Las porciones anteriores fueron empanizadas con pan rallado y se colocaron en un molde para hamburguesas de 5 cm de

diámetro con 1 cm de espesor. Cada molde con la porción de masa empanizada se presionó manualmente para darle la forma aplanada redonda típica de las hamburguesas (Piñero, 2004 y Ramos y otros, 2009).

- **Congelado.** Las hamburguesas se colocaron en bolsas de plástico Ziplot y fueron almacenadas a $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 2 días, para su posterior análisis (Piñero, 2004 y Ramos y otros, 2009).

En la Figura 7 se muestra el proceso utilizado para la elaboración de hamburguesas de carne de vacuno con grasa, albedo de maracuyá y aceite de girasol.

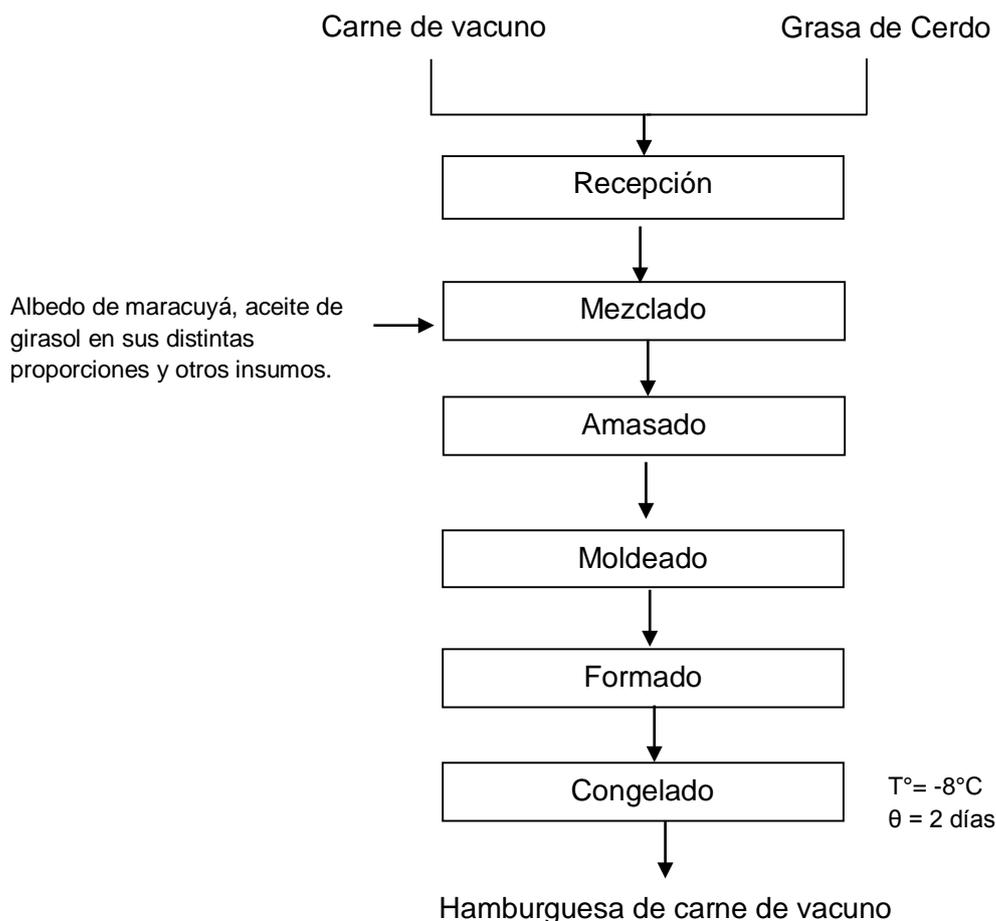


Figura 7. Diagrama de flujo para elaboración de hamburguesas de carne de vacuno con grasa, albedo de maracuyá y aceite de girasol

3.4. Métodos de análisis

3.4.1 Preparación de la hamburguesa para su análisis

a) Descongelado

Las hamburguesas pasaron de la congeladora al refrigerador la noche posterior al análisis. Según Barreiro y otros (1994), la mejor manera de descongelar las carnes y productos cárnicos es colocándolos en su envoltorio, en un refrigerador, a temperatura de 2 a 4 °C, de esta manera se evita el crecimiento bacteriano durante la descongelación, la contaminación con agua de descongelación (método de inmersión) y la pérdida de textura, peso y nutrientes debido al goteo o sangrado.

b) Cocción

Las hamburguesas se cocieron 1 hora antes de realizar las respectivas pruebas. Las hamburguesas se cocieron en una plancha de teflón utilizando una fina capa de aceite, hasta completar un tiempo total de cocción de 10 minutos considerando ambos lados de la hamburguesa. La temperatura interna final fue de aproximadamente 71°C, la cual se midió utilizando un termómetro digital de punzón (Carrasco, 2012).

3.4.2 Análisis de CRA

La capacidad de retención de agua (CRA) se define como la propiedad que tiene la carne para retener agua propia y añadida cuando se somete a un esfuerzo mecánico. Esta propiedad se relaciona con las características de jugosidad, color y textura de la carne fresca, así como con el rendimiento en productos cocidos. El pH, la estabilidad oxidativa, el tipo de carne así como la presencia de sales y otros aditivos pueden potenciar o reducir los valores de CRA; a un pH de 5.5 el valor de CRA es mínimo y alcanza un máximo a valores de pH cercanos a la neutralidad.

Para las hamburguesas de carne de vacuno la CRA se determinó según los métodos de Pérez y Ponce (2013) y Rengifo y Ordoñez (2010). Se añadió 8 mL de NaCl 0.6 M a 5 gramos de hamburguesa, se incubó las muestras tratadas a 5 °C durante 30 minutos. Luego se centrifugaron las muestras a 3600 rpm por 15 minutos. Se decantaron y se midió el sobrenadante en una probeta de 10 mL. Se reporta la cantidad de solución retenida por 100 g de muestra.

$$CRA = \frac{Va - Vs}{\text{peso de muestra}} \times 100\%$$

Dónde:

Va = volumen de solución salina añadida al tubo de ensayo

Vs = volumen de sobrenadante

3.4.3. Análisis de color

Se utilizó el método de colorimetría triestímulo proporcionado por el colorímetro Konica Minolta CR-400/410. Las mediciones se realizarán directamente en las hamburguesas, se colocará el cabezal de medida sobre los moldes de hamburguesa, tomándose de esta forma la lectura de los tres parámetros de color: L* (luminosidad=0 100), a* y b* (coordenadas de cromaticidad), donde +a* es la dirección de color rojo, -a* es la dirección verde, +b* es la dirección amarillo, y -b* es la dirección azul (Steffens y otros, 2006).

3.4.4. Análisis de textura

Para este análisis se empleó el texturómetro Instron, modelo 3342, el cual midió la resistencia a la penetración expresada en N. La resistencia a la penetración se define como el valor de fuerza máxima presentada antes de la ruptura o flujo del material al realizar el proceso de penetración con una herramienta que posea un diámetro igual o menor a 3 veces el diámetro del material a ensayar, de tal manera que los efectos en los bordes y la parte inferior del material sean insignificantes. Se evaluó las unidades de hamburguesa las cuales se apoyaron sobre una base sólida con una perforación central que permitió el libre paso del pistón al momento de atravesarla (Pérez y otros, 2009).

3.4.5. Aceptabilidad general

Se realizó a las hamburguesas evaluando su aceptabilidad general por medio de una escala hedónica estructurada de 9 puntos desde: 1 punto: “Me desagrada muchísimo” hasta 9 puntos: “Me agrada muchísimo”. Se recurrió a un panel de 30 panelistas no entrenados (habituales consumidores de hamburguesa) (Pietrasik y Janz, 2009; Pacheco y Vivas, 2003; Ureña y otros, 1999). Se colocaron 10 g por cada tratamiento y de sólo 6 tratamientos (1 réplica por cartilla) en un plato de plástico desechable de primer uso y se presentaron a los panelistas; luego de 1 hora se presentaron los otros 6 tratamientos en iguales condiciones. En la Figura 8, se muestra la cartilla con la que se evaluó la aceptabilidad general de la hamburguesa.

CARTILLA DE ACEPTABILIDAD GENERAL

Nombre del Juez..... Fecha.....

Instrucciones: Califique la muestra de hamburguesa, según la escala que se presenta, marcando con una (X) en el casillero correspondiente de acuerdo a su agrado o desagrado.

ESCALA	258	125	887	296	376	415
Me agrada muchísimo						
Me agrada mucho						
Me agrada moderadamente						
Me agrada poco						
No me agrada ni me desagrada						
Me desagrada poco						
Me desagrada moderadamente						
Me desagrada mucho						
Me desagrada muchísimo						

Nos agradecería que comente su apreciación en esta parte:.....

.....

Gracias por su colaboración

Fuente: Adaptado de Anzaldúa-Morales (2005)

Figura 8. Cartilla de aceptabilidad general para hamburguesas de carne de vacuno

3.5. Método estadístico

Una vez obtenidos los resultados experimentales, se aplicó a los datos un análisis de varianza para determinar qué modelo (lineal, cuadrático o cúbico especial) fue significativo ($p < 0.05$), además, se determinó el coeficiente de determinación R^2 (describió cuanto de la regresión representó el evento) y R^2 -ajustado (cuantos valores observados realmente estuvieron cercanos a los valores estimados), estos debieron ser iguales o superiores al 85 y 75%, respectivamente, para validar el modelo matemático que representó el comportamiento del fenómeno en estudio (Montgomery, 2004).

La superficie de respuesta del diseño de mezclas simples centroide ampliado proporcionó una adecuada representación gráfica de superficie y gráficos de contornos. El diseño de contornos estuvo definido por un triángulo que representó todo el universo de posibilidades de combinaciones de albedo de maracuyá, aceite de girasol, grasa de cerdo y sus mezclas sobre las variables respuesta (capacidad de retención de agua, color, textura y aceptabilidad general).

Para encontrar la combinación óptima de albedo de maracuyá, aceite de girasol y grasa de cerdo, que brinde los mejores resultados de capacidad de retención de agua, color, textura y aceptabilidad general, se realizó una superposición de gráficos y se halló la zona óptima de operación para optimizar el proceso de elaboración de hamburguesas de carne de vacuno. La generación del diseño de mezclas y el desarrollo estadístico se realizaron con en el paquete estadístico desing-Expert® versión 7.0.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Efecto de las mezclas grasa : albedo de maracuyá : aceite de girasol sobre la capacidad de retención de agua en hamburguesas de carne de vacuno

En el Cuadro 9, se presenta los resultados de la capacidad de retención de agua en hamburguesas de carne de vacuno con la proporción de grasa de cerdo, albedo de maracuyá y aceite de girasol.

Cuadro 9. Valores de capacidad de retención de agua (CRA) en hamburguesas de carne de vacuno

Tratamientos	Grasa de cerdo (%)	Aceite de girasol (%)	Albedo de maracuyá (%)	CRA (%)
T ₁	100	0	0	49.00
T ₂	70	30	0	59.00
T ₃ *	70	0	30	60.00
T ₄	85	15	0	67.00
T ₅	85	0	15	48.00
T ₆ *	70	15	15	67.00
T ₇	80	10	10	75.00
T ₈	90	5	5	55.00
T ₉	75	20	5	61.00
T ₁₀	75	5	20	67.00
T ₁₁ *	70	0	30	60.00
T ₁₂ *	70	15	15	63.00

*Réplicas

En el cuadro 9 se observa que el menor valor de capacidad de retención de agua (48.00%) fue para el T5 (85 : 0 :15%); y el mayor valor (75.00%) fue para el T7: (80 :10 :10%).

Pietrasik y Janz (2009) investigaron la influencia de reemplazar grasa de cerdo en mortadela tipo Bolonia por la proporción de fibra de arveja al 4%; observaron que los valores de la capacidad de retención de agua fueron de 8.3%; el control presentó valor de 4.6%, es decir el uso de fibra de arveja incrementó la retención de agua dentro de la mortadela.

Rodríguez y Galindo (2012) evaluaron el efecto del salvado de arroz (12.5, 25.0 y 50.0%), como extensor en la elaboración de hamburguesas pre-cocidas; determinaron el comportamiento de la capacidad de retención de agua, donde los valores oscilaron de 43.92-52.25%. A mayor cantidad de salvado de arroz mayor capacidad de retención de agua.

Se puede apreciar que en todos los tratamientos existió un aumento de la CRA en relación al tratamiento control T1, excepto el T5, que presento un valor inferior, esto se puede deber a un error en la toma de datos. Sin embargo, valores elevados se observan al sustituir la grasa de cerdo por albedo de maracuyá y aceite de girasol.

La retención de agua dentro de la emulsión cárnica se debe a la fibra presente en el producto, en este caso a la fibra de maracuyá. La fibra tiene la capacidad de captar (absorber) agua. Algunas fibras dietéticas integrales pueden incrementar el pH de los sistemas emulsionados, lo que a su vez incrementa la capacidad de retención de agua ya que precisamente el pH se aleja más del punto isoeléctrico de las proteínas cárnica solubles en sal (Pérez y Zamora, 2002; Escudero y Gonzales, 2006; Sariçoban y otros, 2008), formando estructuras moleculares tipo doble hélice, las que se alinean creando una trama tridimensional tipo gel en medio acuoso, lo que retiene abundantes cantidades de agua (Guerra y Cepero, 2006).

Asimismo, de acuerdo a Selani y otros (2015), los glóbulos de grasa formados por los aceites vegetales son más pequeños que los de la grasa animal, por lo que tienen una mayor superficie de área y se encuentran cubiertos por proteínas, permitiendo una mayor unión de la matriz cárnica.

Por lo tanto, la combinación de ambas propiedades que aportan el albedo de maracuyá y el aceite de girasol resultan en un aumento de la CRA en hamburguesas de carne de vacuno.

En el Cuadro 10, se muestra el análisis de varianza para determinar el modelo adecuado para describir el comportamiento de la variable respuesta capacidad de retención de agua en hamburguesas de carne de vacuno, donde ningún modelo fue significativo ($p > 0.05$), además, los coeficientes de determinación R^2 y R^2 -ajustado fueron bajos, inferiores al 0.85 y 0.75, respectivamente, por lo que ningún modelo matemático fue válido para representar el comportamiento del fenómeno en estudio (Montgomery, 2011).

Cuadro 10. Análisis de varianza de modelos para la capacidad de retención de agua en hamburguesas de carne de vacuno

Modelo	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p	R^2	R^2 -ajus
Media	4.433	1	4.433				
Lineal	0.017	2	0.009	1.640	0.247	0.267	0.104
Cuadrático	0.027	3	0.009	2.709	0.138	0.689	0.429
Cúbico especial	0.008	1	0.008	3.413	0.124	0.815	0.593
Cúbico	0.006	2	0.003	1.436	0.365	0.905	0.653
Residual	0.006	3	0.002				
Total	4.497	12	0.375				

4.2. Efecto de las mezclas grasa : albedo de maracuyá: aceite de girasol sobre el color en hamburguesas de carne de vacuno

En el Cuadro 11, se presenta los valores de L*, a* y b* en hamburguesas de carne de vacuno con la proporción de grasa de cerdo, albedo de maracuyá y aceite de girasol.

Cuadro 11. Valores de L*, a* y b* en hamburguesas de carne de vacuno

Tratamientos	Factores			Respuestas		
	Grasa de cerdo (%)	Aceite de girasol (%)	Albedo de maracuyá (%)	L*	a*	b*
T ₁	100	0	0	46.34	4.29	17.17
T ₂	70	30	0	41.06	5.58	17.80
T _{3*}	70	0	30	41.49	6.48	18.84
T ₄	85	15	0	40.48	5.16	15.09
T ₅	85	0	15	41.78	5.15	18.65
T _{6*}	70	15	15	36.25	5.88	17.12
T ₇	80	10	10	38.19	5.90	19.71
T ₈	90	5	5	38.38	5.74	20.74
T ₉	75	20	5	47.34	3.29	18.48
T ₁₀	75	5	20	41.85	5.69	19.15
T ₁₁	70	0	30	36.63	6.87	16.00
T ₁₂	70	15	15	39.17	6.71	20.44

*Réplicas

En el Cuadro 11 se observa para L^* que el menor valor (36.25) fue para la mezcla (70:15:15%); y el mayor valor (47.34) fue para la mezcla (75:20:5%).

Con respecto a a^* (Cuadro 10) el menor valor (3.29) fue para la mezcla (75:20:5%); y el mayor valor (6.87) fue para la mezcla (70:0:30%).

Con referencia a b^* (Cuadro 10) el menor valor (15.09) fue para la mezcla (85:15:0%); y el mayor valor (20.74) fue para la mezcla (90:5:5%).

Alarcón (2013) evaluó el efecto de la concentración de fibra de cáscara de plátano (0.0, 5.5 y 6.5%) en hamburguesa de carne de vacuno, donde observó que al aumentar la concentración los valores de L^* disminuyeron de 49.90 a 36.82.

Díaz (2013) evaluó el efecto de la sustitución de grasa de cerdo por tres proporciones de almidón de arracacha : fibra de avena (0.0:0.0%, 3.0:0.5%, 6.0:1.0% y 9.0:1.5%) sobre el color en salchichas tipo viena, en donde se observa una disminución en los valores de luminosidad a medida que aumenta la concentración de almidón de arracacha y fibra de avena. Para el caso de a^* los valores aumentan ligeramente (0.99 – 4.18) y para b^* los valores disminuyen (12.59 – 10.88).

Sarıçoban y otros (2008) incluyeron fibra de albedo de cáscara de limón (0.0, 2.5, 5.0, 7.5 y 10%) en mortadela tipo boloña, donde al aumentar la concentración los valores de a^* disminuyeron y los de b^* aumentaron.

Del mismo modo Sánchez y otros (2010) evaluaron el efecto de la fibra de la chufa o nuez tigre (*Cyperus esculentus*) en hamburguesas de carne de cerdo (0, 5, 10 y 15%), donde, al aumentar la concentración de fibra los valores de a^* disminuyeron y los de b^* aumentaron.

Sarıcoban y otros (2008) mencionan que la presencia de fuentes de fibra genera una disminución del pH en productos cárnicos, lo cual propicia un aumento de la disponibilidad del agua superficial por un efecto conjunto de sinéresis, lo que hace que el producto se deshidrate y se oscurezca, llevando a una disminución de los valores de L^* .

El aumento de los valores de b^* (hacia tonalidades amarillas claras) y disminución de a^* (hacia tonalidades verdes claras) se debe a la presencia de pigmentos cremas en el albedo del maracuyá, conformados por los carotenoides (Durán y Honores, 2012). La inclusión de fibras procedentes de cáscara de frutas como plátanos, naranjas y limones en productos cárnicos, tienen efecto sobre el incremento de los valores de b^* , debido a los carotenoides presentes en estos (Sarıcoban y otros, 2008; Sánchez y otros, 2010; Alarcón, 2013).

Jaramillo (2009) evaluó el efecto de aceites de canola y soya reemplazando el 50% de grasa de cerdo en salchicha frankfurter de pollo, donde el tratamiento control (con 100% grasa de cerdo) presentó valor de L^* de 47.35, en los tratamientos con reemplazo de aceite de canola y soya, los valores de L^* aumentaron a 49.01 y 49.40, respectivamente. Para a^* el control presentó 17.65, al sustituirse la grasa estos valores disminuyeron, para aceite de canola a 17.26 y soya a 16.83. Con respecto a b^* el control presentó 17.11, estos valores aumentaron al sustituirse la grasa de cerdo por aceite de canola a 18.45 y soya a 18.39. Además este autor hace mención que la grasa de cerdo es blanca y los aceites tanto de canola y soya presentan pigmentos amarillos y verdes, por lo que generan cambios en el color de los productos cárnicos en los cuales son usados.

En el Cuadro 12, se muestra el análisis de varianza para determinar el modelo adecuado para describir el comportamiento de las variables respuesta: L^* , a^* y b^* en hamburguesas de carne de vacuno, donde

ningún modelo fue significativo ($p > 0.05$), además, los coeficientes de determinación R^2 y R^2 -ajustado fueron bajos, inferiores al 0.85 y 0.75, respectivamente, por lo que ningún modelo matemático fue válido para representar el comportamiento de los fenómenos en estudio. También, se observan valores de R^2 -ajustado negativos, Wooldridge (2008) explica que un R^2 -ajustado negativo indica un ajuste muy pobre del modelo, teniendo en cuenta los grados de libertad en la estimación, entonces se establece el R^2 -ajustado en cero.

Cuadro 12. Análisis de varianza de modelos para L^* , a^* y b^* en hamburguesas de carne de vacuno

Variable	Modelo	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p	R^2	R^2 -ajus
L^*	Media	19923.49	1	19923.49				
	Lineal	25.30	2	12.65	1.092	0.376	0.195	0.016
	Cuadrático	9.07	3	3.02	0.191	0.899	0.265	-0.347
	Cúbico especial	1.35	1	1.35	0.072	0.800	0.276	-0.594
	Cúbico	62.65	2	31.33	3.008	0.192	0.759	0.116
	Residual	31.24	3	10.41				
	Total	20053.10	12	1671.09				
a^*	Media	371.22	1	371.22				
	Lineal	5.05	2	2.52	3.661	0.069	0.449	0.326
	Cuadrático	0.08	3	0.03	0.027	0.993	0.456	0.003
	Cúbico especial	0.05	1	0.05	0.045	0.841	0.461	-0.186
	Cúbico	4.60	2	2.30	4.695	0.119	0.869	0.521
	Residual	1.47	3	0.49				
	Total	382.48	12	31.87				
b^*	Media	4003.44	1	4003.44				
	Lineal	0.21	2	0.11	0.030	0.971	0.007	-0.214
	Cuadrático	11.75	3	3.92	1.164	0.398	0.372	-0.151
	Cúbico especial	5.34	1	5.34	1.799	0.238	0.538	-0.016
	Cúbico	4.14	2	2.07	0.581	0.612	0.667	-0.220
	Residual	10.70	3	3.57				
	Total	4035.58	12	336.30				

4.3. Efecto de las mezclas grasa : albedo de maracuyá : aceite de girasol sobre la textura en hamburguesas de carne de vacuno

En el Cuadro 13, se presenta los valores de textura instrumental en hamburguesas de carne de vacuno con la proporción de grasa de cerdo, albedo de maracuyá y aceite de girasol.

Cuadro 13. Valores de textura en hamburguesas de carne de vacuno

<i>Factores</i>				<i>Respuesta</i>
Tratamientos	Grasa de cerdo (%)	Aceite de girasol (%)	Albedo de maracuyá (%)	Textura (N)
T ₁	100	0	0	2.87
T ₂	70	30	0	2.34
T _{3*}	70	0	30	2.09
T ₄	85	15	0	3.74
T ₅	85	0	15	2.26
T _{6*}	70	15	15	1.99
T ₇	80	10	10	2.11
T ₈	90	5	5	3.11
T ₉	75	20	5	2.39
T ₁₀	75	5	20	1.97
T ₁₁	70	0	30	1.94
T ₁₂	70	15	15	1.92

*Réplicas

En el Cuadro 13 se observa que el menor valor (1.92 N) fue para la réplica de la mezcla (70:15:15%); y el mayor valor (3.74 N) fue para la mezcla (85:15:0%).

Lou (2016) evaluó la textura instrumental en hamburguesas de carne vacuna cocida, en las cuales se sustituyó grasa de la formulación por harina de plátano en proporciones de 2, 4 y 6%, observándose una disminución de esta variable al aumentar la sustitución de grasa por harina de plátano, fluctuando entre valores de 0.71 y 0.56 N, a diferencia del tratamiento control que presentó el mayor valor de firmeza (0.76 N).

García y otros (2012) evaluaron la firmeza en hamburguesas crudas de carne de vacuno, en las cuales se sustituyó grasa por harina de quichoncho al 20,40 y 60%, obteniendo los valores de 1.11, 0.89 y 0.63 kgf respectivamente. Mostrándose inferiores al valor control (1.22 kgf), a mayor porcentaje de sustitución de grasa por harina de quichoncho, se ejerció una menor firmeza en hamburguesas crudas. El descenso de esta propiedad física se puede atribuir al aumento de retención de agua, que aporta la mayor concentración de la harina de quichoncho en la formulación.

El albedo de maracuyá tiene la capacidad de formar geles, aumentando la capacidad de retención de agua de la hamburguesa sin generar ninguna red fibrilar, por el contrario, la grasa de cerdo proporciona la ligazón característica de la hamburguesa, es por esto que se aprecia un descenso de la textura instrumental a medida que se disminuye grasa y aumenta albedo de maracuyá en la formulación.

Jaramillo (2009) evaluó el efecto de aceites de canola y soya reemplazando el 50% de grasa de cerdo en salchicha frankfurter de pollo, donde el tratamiento control (con 100% grasa de cerdo) presentó valor de textura de 35 N, en los tratamientos con reemplazo de aceite de canola y soya, los valores de textura disminuyeron a 30 N para ambos aceites

Rey y Gualdron (2010) evaluaron la sustitución de grasa animal por aceite de soya, canola y girasol (0, 5, 10 y 15%) en salchichón de carne de

búfalo, donde los valores de textura oscilaron de 21.89 a 40.15 N. encontrándose efecto significativo ($p < 0.05$) del tipo y cantidad de aceite utilizado.

Selani y otros (2015) evaluaron la firmeza en hamburguesas de vacuno cocidas sustituyendo grasa de cerdo por afrecho de piña y aceite de canola, cuyos tratamientos (T1: 20% de grasa, T2: 10% grasa y 1.5% de afrecho de piña, T3: 10% grasa y 5% aceite de canola y T5: 10 % grasa, 1.5% afrecho de piña y 5% aceite de canola) obtuvieron valores de textura de 129.45, 208.09, 185.37, 204.84 y 194.9 N respectivamente. En donde se puede apreciar que el los tratamientos que contenían aceite de canola (T3 y T5), presentaron mayores valores de firmeza que el control (T1)

De acuerdo a Selani y otros (2015), los glóbulos de grasa formados por el aceite de canola son más pequeños que los de la grasa animal, por lo que tienen una mayor superficie de área y se encuentran cubiertos por proteínas, permitiendo una mayor unión de la matriz cárnica, obteniendo así hamburguesas más firmes.

Es por esto que se puede apreciar un ligero aumento en los valores de textura instrumental a medida que se incrementa la cantidad de aceite de girasol en las formulaciones de hamburguesas de carne de vacuno.

En el Cuadro 14, se muestra el análisis de varianza para determinar el modelo adecuado para describir el comportamiento de la variable respuesta textura instrumental en hamburguesas de carne de vacuno, donde, el modelo cúbico especial fue significativo ($p < 0.05$), además, los coeficientes de determinación R^2 (0.96) y R^2 -ajustado (0.92) fueron altos, superiores al 0.85 y 0.75, respectivamente, por lo que este modelo matemático fue válido para representar el comportamiento del fenómeno en estudio.

Cuadro 14. Análisis de varianza de modelos para textura instrumental en hamburguesas de carne de vacuno

Modelo	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p	R ²	R ² -ajus
Media	68.665	1	68.665				
Lineal	2.090	2	1.045	6.643	0.017	0.596	0.506
Cuadrático	1.054	3	0.351	5.820	0.033	0.897	0.811
Cúbico especial	0.232	1	0.232	8.967	0.030	0.963	0.919
Cúbico	0.080	2	0.040	2.387	0.240	0.986	0.948
Residual	0.050	3	0.017				
Total	72.170	12	6.014				

En el Cuadro 15, se presenta los coeficientes de la regresión del modelo cúbico especial aplicado a la textura instrumental en hamburguesas de carne de vacuno. Existió significancia ($p < 0.05$) de los coeficientes de la regresión, excepto del componente puro: albedo de maracuyá (A) y de la interacción: grasa de cerdo-albedo de maracuyá (A*C).

Cuadro 15. Coeficientes de la regresión del modelo cúbico especial aplicado a la textura instrumental en hamburguesas de carne de vacuno

Componente	Coefficiente estimado	Error estándar	t(7)	p	95% CI Inferior	95% CI Superior
A-Grasa de cerdo	0.029	0.0016	18.9549	0.0000	0.0255	0.0335
B-Aceite de girasol	-0.349	0.0619	-5.6357	0.0024	-0.5082	-0.1898
C-Albedo de maracuyá	0.043	0.0578	0.7420	0.4915	-0.1057	0.1914
A*B	0.005	0.0009	5.8556	0.0021	0.0029	0.0073
A*C	-0.001	0.0008	-0.7669	0.4778	-0.0028	0.0015
B*C	0.037	0.0129	2.8690	0.0350	0.0039	0.0704
A*B*C	-0.001	0.0002	-2.9945	0.0303	-0.0010	-0.0001

Se puede observar el efecto de las mezclas puras, binarias y terciarias (Cuadro 15) en la textura instrumental en hamburguesas de carne de res. Individualmente, el efecto del aceite de girasol es mayor (0.349 en valor absoluto) que el de la grasa de cerdo y el albedo de maracuyá, adicionalmente para las combinaciones binarias el efecto que destaca entre ellos es la interacción: aceite de girasol – albedo de maracuyá (0.037), y en la combinación terciaria el efecto es pequeño (0.001 en valor absoluto).

Cuando un coeficiente estimado de una regresión no es significativo ($p > 0.05$) puede ser eliminado del modelo, siempre y cuando los valores de R²-ajustado se mantengan o incrementen (superiores al 75%), además, se debe respetar que el modelo sea jerárquico (Jiju, 2003; Santana, 2007), en el caso de esta investigación el coeficiente estimado de albedo de maracuyá fue no significativo, al quitarse del modelo se perdería esta propiedad, siendo no factible eliminarse este coeficiente de la regresión.

Modelado matemáticamente, la regresión del modelo cubico especial para la variable respuesta textura instrumental fue la siguiente:

$$\text{Textura} = 0.029 * G - 0.349 * A + 0.043 * F + 0.005 * G * A - 0.001 * G * F + 0.037 * A * F - 0.001 * G * A * F$$

Dónde:

- Grasa de cerdo \equiv G
- Aceite de girasol \equiv A
- Albedo de maracuyá \equiv F

En el Cuadro 16 se muestran los valores observados y estimados para la textura instrumental en hamburguesas de carne de res, donde los valores observados son aquellos obtenidos experimentalmente; mientras, que los valores estimados fueron calculados aplicando la ecuación matemática correspondiente al modelo cúbico especial, además, se observa que la

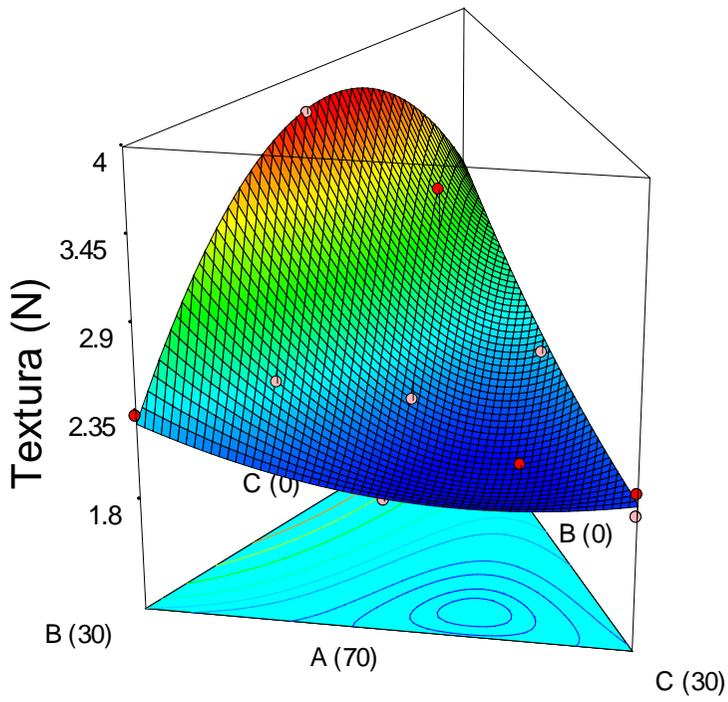
desviación entre los valores observados y estimados fueron menores al 10%, según Gutiérrez y de la Vara (2009) valores de desviación inferiores al 10% son considerados como excelentes, ya que la desviación entre los observados y estimados es pequeña y garantiza una buena predicción del modelo matemático para el fenómeno en estudio.

Cuadro 16. Valores observados y estimados en la textura instrumental de hamburguesas de carne de vacuno

<i>Componentes</i>			<i>Textura (N)</i>			
Grasa de cerdo (%)	Aceite de girasol (%)	Albedo de maracuyá (%)	Observado	Estimado	Residual	Desviación (%)
100	0	0	2.87	2.95	-0.08	2.70
70	30	0	2.34	2.30	0.04	1.88
70	0	30	2.09	2.02	0.07	3.33
85	15	0	3.74	3.77	-0.03	0.90
85	0	15	2.26	2.34	-0.08	3.71
70	15	15	1.99	1.94	0.05	2.71
80	10	10	2.11	2.22	-0.12	5.65
90	5	5	3.11	2.83	0.27	8.75
75	20	5	2.39	2.48	-0.09	3.85
75	5	20	1.97	1.91	0.06	2.95
70	0	30	1.94	2.02	-0.08	3.90
70	15	15	1.92	1.94	-0.02	0.84

El modelo cubico especial fue usado para generar la superficie de respuesta (Figura 9a) y de contornos (Figura 9b) en la textura instrumental de hamburguesa de carne de vacuno.

Donde en la superficie de contornos (Figura 9b) se observa que al aumentar la concentración de grasa de cerdo de 70 a 100% en la mezcla, la textura aumentó aproximadamente de 1.90 a 3.15 N; al aumentar la concentración de albedo de maracuyá de 0 a 30% en la mezcla, la textura disminuyó aproximadamente de 3.47 a 1.91 N, con respecto al aceite de girasol, al aumentar la concentración en la mezcla de 0 a 30% los valores disminuyeron de 2.51 a 2.30 N.

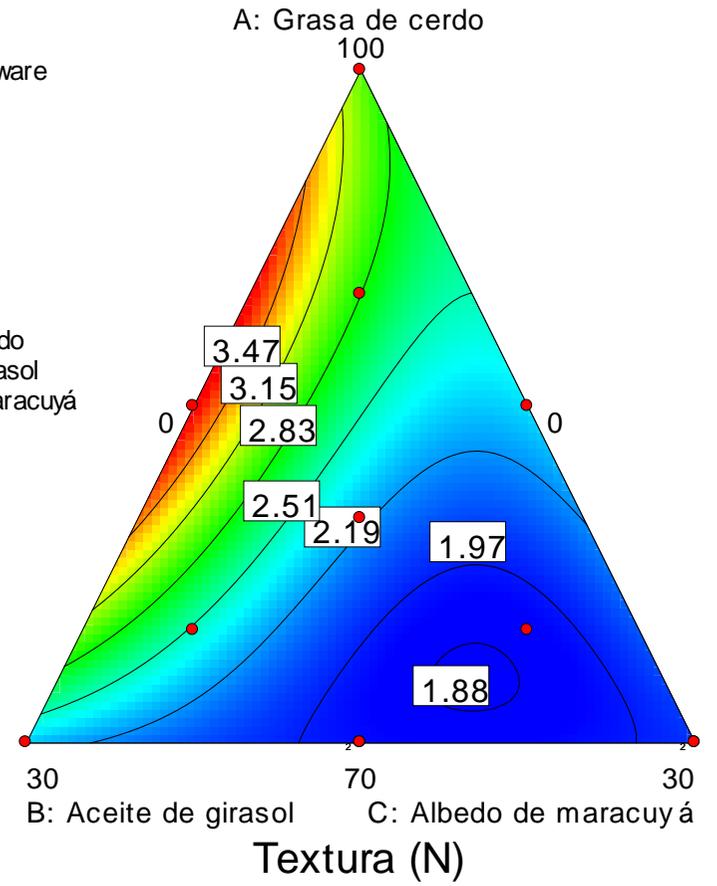


(a)

Design-Expert® Software

Textura (N)
 ● Design Points
 3.735
 1.92

X1 = A: Grasa de cerdo
 X2 = B: Aceite de girasol
 X3 = C: Albedo de maracuyá



(b)

Figura 9. Superficie de respuesta (a) y de contornos (b) en la textura instrumental de hamburguesas de carne de vacuno

La disminución de la textura se debe a la sustitución de la grasa de cerdo (la cual brinda mayor textura en productos cárnicos) por aceites que son líquidos, lo que genera que la textura sea menor y en muchos casos inadecuada (Jaramillo, 2009).

La textura disminuye en la hamburguesa de vacuno, debido a que el albedo de maracuyá contiene mayor cantidad de agua atrapada por la fibra insoluble, formando redes tridimensionales que modifican las propiedades reológicas de la fase continua de la emulsión, esto también depende de la cantidad de grasa que contenga el producto, ya que ésta también es atrapada por la fibra. Otra razón puede ser el contenido de fibra soluble e insoluble, los cuales tienen una forma muy distinta de interactuar con los diferentes ingredientes de los productos cárnicos, como son las proteínas, carbohidratos, grasa, agua, sales, etc. (Flores y otros, 2000).

Las fibras insolubles pueden influir en la textura de los alimentos, éstas pueden cambiar la consistencia de los productos cárnicos a través de la formación de estructuras más firmes capaces de modificar las propiedades reológicas de la emulsiones cárnicas, sumado a que se puede generar un efecto sobre el contenido de humedad de las hamburguesas por los niveles de inclusión de materiales que absorban el agua presente en la formulación (Ospina y otros, 2012).

4.4. Efecto de las mezclas grasa : albedo de maracuyá : aceite de girasol sobre la aceptabilidad general en hamburguesas de carne de vacuno

En el Cuadro 17, se presenta los valores de aceptabilidad general en hamburguesas de carne de vacuno con la proporción de grasa de cerdo, albedo de maracuyá y aceite de girasol.

Cuadro 17. Aceptabilidad general en hamburguesas de carne de vacuno

<i>Factores</i>				<i>Respuesta</i>
Tratamientos	Grasa de cerdo (%)	Aceite de girasol (%)	Albedo de maracuyá (%)	Aceptabilidad general
T ₁	100	0	0	7.70
T ₂	70	30	0	6.83
T ₃ *	70	0	30	6.60
T ₄	85	15	0	6.57
T ₅	85	0	15	6.40
T ₆ *	70	15	15	6.70
T ₇	80	10	10	6.67
T ₈	90	5	5	7.00
T ₉	75	20	5	6.50
T ₁₀	75	5	20	6.73
T ₁₁	70	0	30	6.30
T ₁₂	70	15	15	6.73

*Réplicas

Para aceptabilidad general (Cuadro 17) el menor valor (6.30) fue para la réplica de la mezcla (70:0:30%); y el mayor valor (7.70) fue para la mezcla (100:0:0%).

Jaramillo (2009) evaluó la aceptabilidad general usando una escala hedónica de 5 puntos (1 = “Disgusta mucho” a 5 = “Gusta mucho”) en salchicha frankfurter de pollo, donde reemplazó el 50% de grasa de cerdo por aceites de canola y soya; el tratamiento control (con 100% grasa de cerdo) presentó aceptabilidad general de 4.16, en los tratamientos con reemplazo de aceite de canola y soya, la aceptabilidad general fue menor con promedios de 4.08 y 4.00, respectivamente.

Rey y Gualdron (2010) evaluaron la sustitución de grasa animal por aceite de soya, canola y girasol (0, 5, 10 y 15%) en salchichón de carne de búfalo, donde existió diferencia significativa ($p < 0.05$) entre las muestras evaluadas, además, el salchichón elaborado con aceite de soya al 10% presentó la mayor aceptación por parte de los panelistas.

Moreno y Maldonado (2015) evaluaron el efecto de la sustitución de la grasa dorsal de cerdo por aceite de palta (50, 75 y 100%) sobre la aceptabilidad general de salchichas de pollo tipo suizo, donde no existió diferencias significativas ($p > 0.05$) entre las muestras evaluadas, además, por esta razón la salchicha con la mayor sustitución (100%) fue elegida como la mejor.

Ruiz y Pacheco (2007) elaboraron dos formulaciones de salchichas de cerdo bajas en grasa tipo Wieners, por medio de la utilización de carragenina (1.08%) e inulina (3.5%) como sustitutos de la grasa, en la prueba de aceptabilidad general destacó la preferencia por la salchicha control y la de carragenina; demostraron que es posible obtener alimentos

de alto consumo con bajos contenidos de grasa empleando inulina o carragenina como hidrocoloides, manteniendo las características sensoriales.

Pietrasik y Janz (2009) determinaron que la fibra de arveja al 4%, usada como reemplazante de la grasa en mortadela, presentó calificaciones de aceptabilidad equivalentes a las mortadelas con alto contenido de grasa (20%), no comprometió cambios en la aceptabilidad.

Flores y otros (2000) evaluaron el nivel de agrado de salchichas tipo Viena, usando concentraciones de fibra de avena y trigo 0.5, 1.0 y 1.5%, mediante una escala hedónica de 5 puntos aplicada a 35 jueces, no encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, por lo que la adición de fibra a la salchicha no afectó las características en el nivel de agrado. Sin embargo, los tratamientos que tuvieron mayor aceptación en el nivel de agrado, fueron aquellos que contaban con 1% de fibra de trigo, es decir, entre menor cantidad de fibra de trigo contenían más agradable era la salchicha.

En el Cuadro 18, se muestra el análisis de varianza para determinar el modelo adecuado para describir el comportamiento de la variable respuesta aceptabilidad general en hamburguesas de carne de vacuno, donde, el modelo cuadrático fue significativo ($p < 0.05$), además, los coeficientes de determinación R^2 (0.87) y R^2 -ajustado (0.75) fueron altos, superiores al 0.85 y 0.75, respectivamente, por lo este modelo matemático fue válido para representar el comportamiento del fenómeno en estudio.

Cuadro 18. Análisis de varianza de modelos para aceptabilidad general en hamburguesas de carne de vacuno

Modelo	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p	R ²	R ² -ajus
Media	543.156	1	543.156				
Lineal	0.660	2	0.330	3.908	0.060	0.465	0.346
Cuadrático	0.568	3	0.189	5.941	0.032	0.865	0.753
Cúbico especial	0.062	1	0.062	2.370	0.184	0.909	0.799
Cúbico	0.079	2	0.039	2.316	0.246	0.964	0.868
Residual	0.051	3	0.017				
Total	72.170	12	6.014				

En el Cuadro 19, se presenta los coeficientes de la regresión del modelo cuadrático aplicado a la aceptabilidad general en hamburguesas de carne de vacuno. Donde, existió significancia ($p < 0.05$) de los coeficientes de la regresión, excepto del componente de la interacción: aceite de girasol-albedo de maracuyá (B*C).

Cuadro 19. Coeficientes de la regresión del modelo cuadrático aplicado a la aceptabilidad general en hamburguesas de carne de vacuno

Componente	Coefficiente estimado	Error estándar	t(7)	p	95% CI Inferior	95% CI Superior
A-Grasa de cerdo	0.077	0.0017	44.8244	0.0000	0.0728	0.0812
B-Aceite de girasol	0.229	0.0623	3.6751	0.0104	0.0765	0.3814
C-Albedo de maracuyá	0.191	0.0577	3.3017	0.0164	0.0494	0.3320
A*B	-0.003	0.0009	-3.0044	0.0239	-0.0048	-0.0005
A*C	-0.002	0.0008	-2.6731	0.0369	-0.0042	-0.0002
B*C	0.001	0.0007	0.9928	0.3591	-0.0010	0.0024

Se puede observar el efecto de las mezclas puras y binarias (Cuadro 19) en la aceptabilidad general en hamburguesas de carne de res. Individualmente, el efecto del aceite de girasol es mayor (0.229 en valor absoluto) que el de la grasa de cerdo y el albedo de maracuyá, adicionalmente para las combinaciones binarias los efectos son pequeños, destaca entre ellos la interacción: grasa de cerdo - aceite de girasol (0.003 en valor absoluto).

Cuando un coeficiente estimado de una regresión no es significativo ($p > 0.05$) puede ser eliminado del modelo, siempre y cuando los valores de R²-ajustado se mantengan o incrementen (superiores al 75%), además, se debe respetar que el modelo sea jerárquico (Jiju, 2003; Santana, 2007).

Modelado matemáticamente, la regresión del modelo cuadrático para la variable respuesta aceptabilidad general fue la siguiente:

$$\text{Aceptabilidad general} = 0.077 * G + 0.229 * A + 0.191 * F - 0.003 * G * A - 0.002 * G * F + 0.001 * A * F$$

Dónde:

- Grasa de cerdo \equiv G
- Aceite de girasol \equiv A
- Albedo de maracuyá \equiv F

En el Cuadro 20 se muestran los valores observados y estimados para la aceptabilidad general en hamburguesas de carne de res, donde los valores observados son aquellos obtenidos experimentalmente; mientras, que los valores estimados fueron calculados aplicando la ecuación matemática correspondiente al modelo cuadrático, además, se observa que la desviación entre los valores observados y estimados fueron menores al 10%, según Gutiérrez y de la Vara (2009) valores de desviación inferiores al 10% son considerados como excelentes, ya que la desviación entre los observados y estimados es

pequeña y garantiza una buena predicción del modelo matemático para el fenómeno en estudio.

Cuadro 20. Valores observados y estimados en la aceptabilidad general de hamburguesas de carne de vacuno

<i>Componentes</i>			<i>Aceptabilidad general</i>			
Grasa de cerdo (%)	Aceite de girasol (%)	Albedo de maracuyá (%)	Observado	Estimado	Residual	Desviación (%)
100	0	0	7.70	7.70	0.00	0.06
70	30	0	6.83	6.76	0.08	1.13
70	0	30	6.60	6.47	0.13	1.98
85	15	0	6.57	6.64	-0.07	1.12
85	0	15	6.40	6.59	-0.19	2.96
70	15	15	6.70	6.77	-0.07	1.05
80	10	10	6.67	6.56	0.10	1.55
90	5	5	7.00	6.87	0.13	1.79
75	20	5	6.50	6.62	-0.12	1.83
75	5	20	6.73	6.51	0.23	3.37
70	0	30	6.30	6.47	-0.17	2.68
70	15	15	6.73	6.77	-0.04	0.55

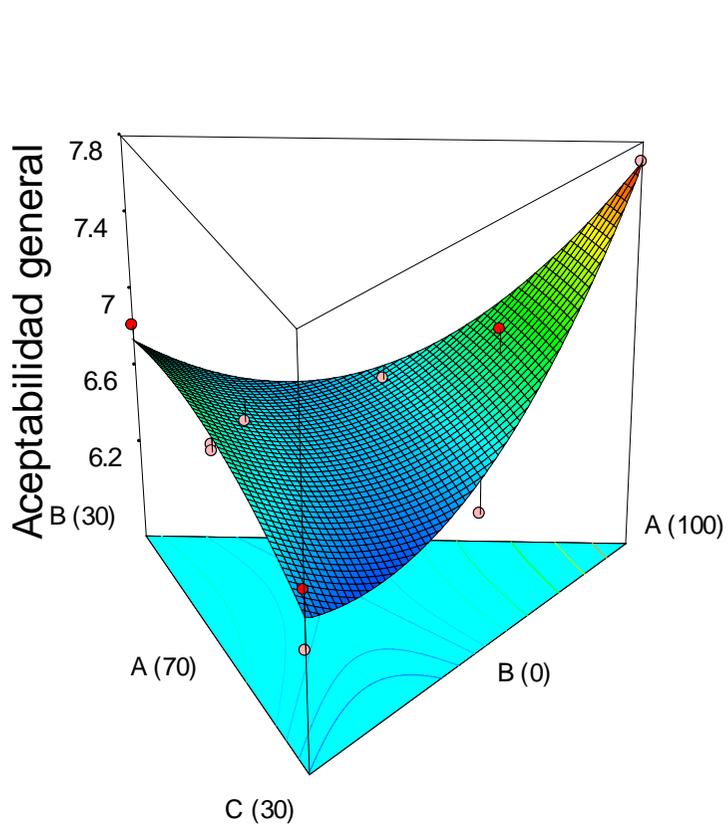
El modelo cuadrático fue usado para generar la superficie de respuesta (Figura 10a) y de contornos (Figura 10b) en la aceptabilidad general de hamburguesa de carne de vacuno.

Donde en la superficie de contornos (Figura 10b) se observa que al aumentar la concentración de grasa de cerdo de 70 a 100% en la mezcla, la aceptabilidad general aumentó de aproximadamente de 6.71 a 7.49; al aumentar la concentración de albedo de maracuyá de 0 a 30% en la

mezcla, la aceptabilidad general disminuyó aproximadamente de 6.57 a 6.47, con respecto al aceite de girasol al aumentar la concentración en la mezcla de 0 a 30% los valores aumentaron de 6.52 a 6.71.

Ospina y otros (2012) mencionan que los aspectos tecnológicos asociados con el procesamiento de productos cárnicos bajos en grasa, incluyen aquellos relacionados con la textura, aceptabilidad, apariencia y sabor. Los productos cárnicos elaborados con menor cantidad de grasas de origen animal generan productos que son muy firmes, secos, menos succulentos y menos sabrosos que los productos elaborados con grasa total según su formulación original, lo que disminuye la aceptación por parte de los consumidores.

Rivera (2012) menciona que las características sensoriales en productos cárnicos están condicionadas tanto por la cantidad y tipo de grasa. Las razones que explican la influencia que la reducción del nivel de grasa ejerce sobre el gusto y aroma característico de los productos cárnicos se pueden atribuir a factores como la modificación de la fase lipídica y acuosa en el producto reformulado y por tanto de la solubilidad de los compuestos aromáticos volátiles en tales constituyentes, que origina cambios en dichas características organolépticas. Al variar el contenido en grasa puede alterarse la generación de algunos compuestos capaces de contribuir al gusto típico de los productos cárnicos. Algunas sustancias como sal, especias y saborizantes, al estar situados en un medio diferente con respecto a la relación agua/grasa, pueden variar su comportamiento, acentuando o disminuyendo su contribución al gusto. De hecho, la disminución del contenido en grasa hace resaltar el sabor salado en el producto, lo que si bien por un lado plantea la conveniencia de reducir su nivel, por otro lado esto presenta ciertos inconvenientes en relación con la funcionalidad de las proteínas del sistema.



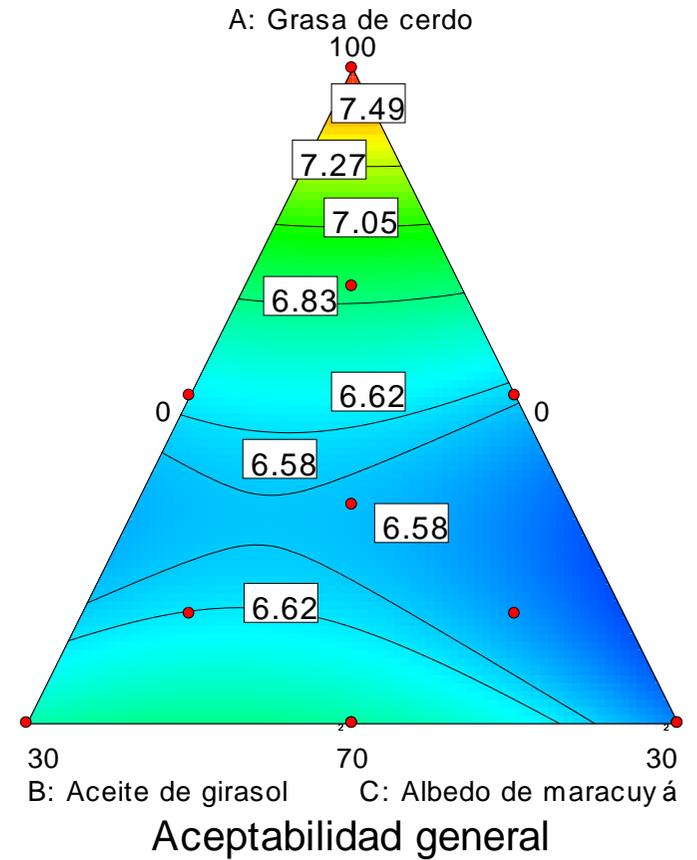
Design-Expert® Software

Aceptabilidad general

● Design Points



X1 = A: Grasa de cerdo
 X2 = B: Aceite de girasol
 X3 = C: Albedo de maracuyá



(a)

(b)

Figura 10. Superficie de respuesta (a) y de contornos (b) en la aceptabilidad general de hamburguesas de carne de vacuno

4.5. Optimización en hamburguesa de carne de vacuno

La combinación de la mezcla estimada de grasa de cerdo, albedo de maracuyá y aceite de girasol sobre la zona de optimización factible, la cual fue determinada mediante el método de superposición de superficies de contornos (Montgomery, 2011) a fin de obtener el área determinada por los valores aproximados a los deseados para la optimización de las variables respuesta. Para la optimización se consideró solo a las variables respuesta que presentaron significancia ($p < 0.05$) para algún modelo predictivo (lineal, cuadrático o cubico especial), además, de los coeficientes de determinación R^2 y R^2 -ajustado superiores al 0.85 y 0.75, respectivamente, siendo estas la textura instrumental y la aceptabilidad general.

En la Figura 11, se presenta la superposición de superficies de contorno para la optimización de la textura instrumental y aceptabilidad general en hamburguesa de carne de vacuno. Donde la optimización de la aceptabilidad general consistió en maximizar las calificaciones (siendo esta variable la de mayor consideración) y que la textura instrumental este dentro de un valor objetivo o target.

La combinación óptima estimada (Figura 11) para tener mayor calificación de aceptabilidad general de 6.89 (valor aproximado a 7 = calificación de "Me agrada moderadamente") y textura instrumental de 2.67 N (Cuadro 20), se obtuvo con la mezcla de grasa de cerdo al 90.31%, aceite de girasol al 3.11% y albedo de maracuyá al 6.58% (Cuadro 21).

Design-Expert® Software

Overlay Plot

Textura

Aceptabilidad

● Design Points

X1 = A: Grasa de cerdo
 X2 = B: Aceite de girasol
 X3 = C: Albedo de maracuyá

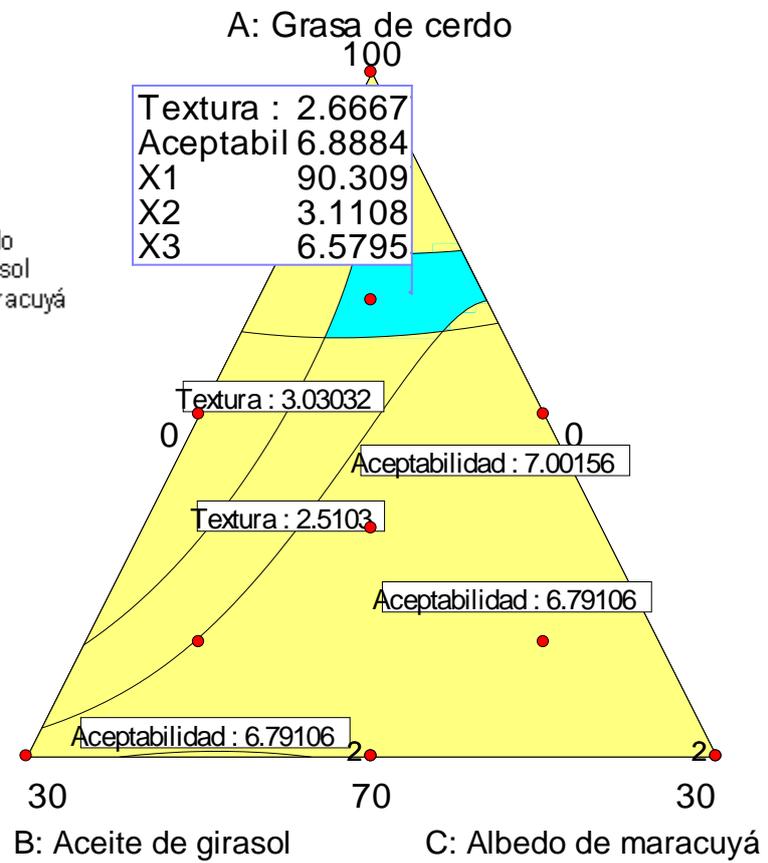


Figura 11. Superposición de superficies de contorno para la optimización de la textura instrumental y aceptabilidad general en hamburguesa de carne de vacuno

Cuadro 21. Combinación óptima estimada para la optimización de la textura instrumental y aceptabilidad general en hamburguesa de carne de vacuno

Componente	Nombre	Nivel
A	Grasa de cerdo	90.31
B	Aceite de girasol	3.11
C	Albedo de maracuyá	6.58
Total		100.00

Cuadro 22. Respuestas óptimas estimadas para la optimización de la textura instrumental y aceptabilidad general en hamburguesa de carne de vacuno

Respuesta	Estimación	95% de confiabilidad	
		Inferior	Superior
Aceptabilidad general	6.89	6.66	7.12
Textura (N)	2.67	2.44	2.89

V. CONCLUSIONES

- Existió efecto significativo de la mezcla grasa de cerdo, albedo de maracuyá y aceite de girasol sobre la textura y la aceptabilidad general de hamburguesas de carne de vacuno. Caso contrario ocurrió para las variables capacidad de retención de agua y color (L^* , a^* y b^*).
- El modelo matemático cúbico especial representó el comportamiento de la textura instrumental y el modelo cuadrático el de la aceptabilidad general.
- La combinación óptima estimada de grasa de cerdo al 90.31%, albedo de maracuyá al 6.58% y aceite de girasol al 3.11%, permitió establecer las variables: aceptabilidad general con mayor calificación de 6.89 (“Me agrada moderadamente”) y una adecuada textura instrumental de 2.67 N, en hamburguesas de carne de vacuno.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar una adecuada conservación de la materia prima antes y durante la elaboración de las hamburguesas, manteniéndolas siempre a temperaturas de refrigeración.
- Realizar la validación de la respuesta óptima estimada de aceptabilidad general y textura instrumental obtenida de la combinación óptima estimada de esta investigación.
- Evaluar los resultados comparándolos con hamburguesas que se comercialicen en el Perú.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Agrodata Perú. 2015. Girasol Aceite Refinado Perú Importación Junio 2014.

Alarcón, M. 2013. Cáscara de plátano (*Musa AAB*) como un nuevo recurso de fibra dietaria: aplicación a un producto cárnico. Tesis para obtener el grado de Magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

Anzaldúa-Morales. 2005. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica. Editorial Acribia. Zaragoza-España.

Ávila, M. 2009. Manual de para el cultivo de girasol. 1era Edición. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Araure-Venezuela.

Bas, D. y Boyaci, H. 2007. Modelling and optimization II: Comparison of estimation capabilities of response surface methodology with artificial neural networks in a biochemical reaction. *Journal of Food Engineering*. 78(1):846-854.

Bermeo, Q. 2005. Comportamiento productivo de borregas mestizas alimentadas con dietas en base a Banharina y de maracuyá. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias Pecuarias. Escuela de Ingeniería Zootécnica. Riobamba-Ecuador.

Bloukas, J. y Paneras, E. 2007. Quality characteristics of low-fat frankfurters manufactured with potato starch, finely ground toasted bread and rice bran. *Journal of Muscle Foods*.

Carballo, S. y Jimenez, C. 2011. Principios básicos de elaboración de embutidos. Hojas divulgadoras. Núm 4/89 HD. Instituto del frío. Ciudad Veterinaria 28040 Madrid.

Castilla, L. 2007. Carne de vacuno: análisis sensorial de carne de vacuno, maduración de la carne y características organolépticas. Editorial Artis Pluma. Castilla y León, España.

Castro, M., Paredes, R. y Muñoz, A. 2009. El cultivo de maracuyá. *Passiflora edulis* form. Flavicarpa. Gerencia Regional Agraria La Libertad. Trujillo-Perú. 30p.

Cierach, M., Modzewska, M. y Szacito, K. 2009. The influence of carrageenan on the properties of low-fat frankfurters. Meat Science. Chair of Meat Technology and Chemistry. Faculty of Food Sciences. University of Warmia and Mazury.

Díaz, L. 2013. Efecto de la sustitución de la grasa de cerdo (*Sus scrofa domestica*) por la proporción de almidón de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*): fibra de avena (*Avena sativa* L.) sobre la textura, retención de agua, color y la aceptabilidad general de la salchicha tipo viena. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.

Díaz-Zorita, M., Duarte, A. y Díaz-Zorita, P. 2003. El cultivo de girasol. ASAGIR. Argentina.

DIGESA. 2003. Dirección General de Salud Ambiental. NTS N° 071-MINSA/DIGESA-V.0.1. Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. Lima, Perú.

Durán, V. y Honores, M. 2012. Obtención y Caracterización de Pectina en Polvo a Partir de Cáscara de Maracuyá (*Passiflora Edulis*). Tesis para obtener el título de Ingeniero en Alimentos. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador.

Echeverri, L., Rincón, S., López, J. y Restrepo, D. 2004. Un acercamiento al diseño de los productos cárnicos bajos en Grasa - Productos de picado grueso. Revista Facultad Nacional de Agronomía, Vol. 57, Edición nº1. Medellín, Colombia.

Escudero, E. y Gonzales, P. 2006. La fibra dietética. Unidad de dietética y nutrición. Hospital la Fuenfria. Madrid, 21(2): 61-72.

Flores, E., Burciaga, A., Soriano, T., Alonso, N. y Ramírez, B. 2000. Uso de fibra de avena y trigo en salchicha viena evaluando nivel de agrado y perfil de textura. Universidad Juárez del Estado de Durango. México.

Gallouin, F. y Arvy, M. 2007. Especies, aromatizantes y condimentos. Editorial Mundi Prensa. Madrid, España.

García-Guerra, M., Pérez, D., Hernández, U., De Hombre, R., Frómeta, Z., Pérez, G. y Rodríguez, F. 2012. Efecto de la harina de plátano sobre la calidad de un embutido tipo mortadela. Instituto de Investigaciones para la Industria Alimentaria. La Habana, Cuba.

García, O., Ruiz-Ramirez, J. y Acevedo, I. 2012. Evaluación físicoquímicas de carnes para hamburguesas bajas en grasas con inclusión de harina de quinchoncho (*Cajanus cajan*) como extensor. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Zulia, Venezuela.

Guerra, M. y Cepero, Y. (2006). Utilización de almidones y gomas en productos cárnicos. Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia. La Habana, Cuba.

Gordillo, S., Guerrero, M., Izáziga, L., Lázaro, S. y Rojas, N. 2012. Efecto de la proporción de naranja (*Citrus sinensis*), papaya (*Carica papaya*), y piña (*Ananas comosus*) en la aceptabilidad sensorial de un néctar mixto. Departamento de Ciencias Agropecuarias, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.

Gutiérrez, H. y de la Vara, R. 2009. Control estadístico de la calidad y seis sigma. Segunda Edición. Editorial Mc Graw Hill Educación. México, D.F.

INEN. 2010. Instituto Ecuatoriano de Normalización. NTE 1338.2: Carne y productos cárnicos-productos cárnicos crudos, productos cárnicos curados-madurados y productos cárnicos precocidos-cocidos. Quito, Ecuador.

Jaramillo, M. 2009. Efecto de la adición de aceites de canola y soya en las características físicas, químicas y sensoriales en una salchicha frankfurter de pollo reducida en grasa. Tesis para obtener el título de Ingeniero en Agroindustria Alimentaria. Universidad de Zamorano, Honduras.

Jiju, A. 2003. Design of experiments for Engineers Scientists. Jordan Hill, Oxford, Mississippi, USA.

López, V. 2013. Caracterización de coproductos de la industria de maracuyá (*Passiflora edulis* var. Flavicarpa) y su aplicación a productos cárnicos. Universidad Miguel Hernández. Escuela Politécnica Superior de Orihuela. Departamento de Tecnología Agroalimentaria. Alicante, España.

Martínez, A. 2013. Productos Sanmartinenses generan gran expectativa en agroexportadores. Gobierno regional de San Martín.

Lou, K. 2016. Efecto de la sustitución de grasa por aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) y harina de plátano (*Musa paradisiaca* L.) variedad inguiri sobre el contenido de grasa, el rendimiento de cocción, el índice de peróxidos, el color, la firmeza y la aceptabilidad general de

hamburguesas de carne de vacuno (*Bos Taurus*). Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.

Mareck, U., Galensa, R. y Herrmann, K. 1990. Indentizierung von Passionsfruchtsaft in Fruchtprodukten mittels HPLC. Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung, 191: 269-274.

Melgarejo, M. 2003. Girasol, usos. Editorial Chivilcoy Continuos S.A. Argentina.

Montero C. 2004. Alimentación y vida saludable. Editorial Universidad Pontificia de Comillas. Madrid, España.

Montgomery, D. 2011. Design and analysis of experiments. Wiley. Nueva York, EUA. 686 pp.

Moreno, A. y Maldonado, P. 2015. Efecto de la sustitución de grasa dorsal de cerdo por aceite de aguacate en la calidad de salchichas de pollo tipo suizo. Enfoque UTE, (6): 55-70. Quito, Ecuador.

Moreno, R. Del Pozo, D. Ávila, T. Valera, G. 2009. Determinación de macronutrientes y micronutrientes en el despiece de carne de las principales especies de abasto. Federación Madrileña de Detallistas de la Carne. Madrid, España.

Núñez, S. Ramirez, L. 2015. Extracción, caracterización fisicoquímica y funcional de fibra dietaria obtenida a partir de residuos de maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg). Tesis de pregrado presentada como requisito para la obtención del título de Ingeniero de Alimentos. Universidad San Francisco de Quito. Colegio de Ciencias e Ingeniería. Quito, Ecuador.

Ospina, S., Restrepo, D. y López, J. 2012. Caracterización microbiológica y bromatológica de hamburguesas bajas en grasa con adición de fibra de banano verde íntegro. *Mundo Lácteo y Cárnico*, 64: 22-31.

Pacheco, E. y Vivas, N. 2003. Efecto de la harina desgrasada de germen de maíz y del salvado de arroz en algunas propiedades químicas, físicas y sensoriales de salchichas. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Maracay Venezuela.

Pérez-Arévalo, M., Morón-Fuenmayor, O., Gallardo, N., Vila, V., ArzalluzFischer, A. Pietrosevoli, S. 2009. Caracterización anatómica y física de los músculos del conejo. *Revista Científica*, 19(2):134-138. Universidad del Zulia, Venezuela.

Pérez-Álvarez, J. 2008. Overview of meat products as functional foods. In technological strategies for functional meat products development. Transworld Research Network. Pag. 1-18. Kerala, India

Pérez F. y Zamora S. 2002. Nutrición y alimentación humana. Editorial EDINUM. Murcia, España.

Pietrasik, Z y Janz, J. 2009. Utilization of pea flour, starch-rich and fiber-rich fractions in low fat bologna. Food Processing Development Centre, Alberta Agriculture and Rural Development, Leduc, AB, Canada T9E 7C5. *Food Research International*, 43(2): 602–608.

Piñero, M., Ferrer M., Moreno, L., Leidenz, N., Parra, K. y Barboza, Y. 2004. Evaluación de las propiedades físicas de carne para hamburguesas de res “bajas en grasas” elaboradas con B-glucano. *Revista científica de la Universidad de Zulia*, 14(6). Maracaibo, Venezuela.

Ramos, D., Prieto, B., Salvá, B., Olaya, S., Fernández, D., Caro, I., Romero, M. y González, E. 2009. Manual de elaboración de preparados

cárnicos en el departamento de Tumbes, Perú. Editorial Celarayn. Tumbes, Perú.

Rengifo, G. y Ordóñez, E. 2010. Efecto de la temperatura en la capacidad de retención de agua y pH en carne de res, cerdo, pollo, ovino, conejo y pescado paco. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero en Alimentos. Universidad de Chile.

Rey, J. y Gualdron, L. 2010. Evaluación de la sustitución de grasa animal por grasa vegetal insaturada en la elaboración de un embutido de carne de búfalo (*Bubalus bubalis*). Información Tecnológica, 22(2):43-54. Bogotá, Colombia.

Reyes, M., Gómez-Sánchez, I., Espinoza, C., Bravo, F. y Ganoza, L. 2009. Tablas Peruanas de Composición de alimentos. Centro Nacional de Alimentación y Nutrición, Instituto Nacional de Salud. Lima, Perú.

Rivera, R. 2012. Reducción de grasa y alternativas para su sustitución en productos cárnicos emulsionados, una revisión. Revista Nacameh, 6(1):1-14. Estado de México, México.

Rodríguez, V. y Galindo, T. 2012. Evaluación de la sustitución del extendedor por salvado de arroz (*Oryza sativa*) en la elaboración de una hamburguesa pre-cocida. Universidad de La Salle. Colombia.

Ruiz, D. y Pacheco, E. 2007. Utilización de inulina y carragenina en la elaboración de salchichas de carne bajas en grasa. Laboratorio de Bioquímica de Alimentos del Instituto de Química y Tecnología, de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela. Maracay, Estado Aragua. Venezuela.

Salgado, J., Bombarde, T., Mansi, D., Piedade, M. y Meletti, L. 2010. Effects of different concentrations of passion fruit peel (*Passiflora edulis*)

on the glycaemic control in diabetic rat. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 30 (3):784-789.

Sánchez, T. 2003. *Procesos de elaboración de alimentos y bebidas*. Editorial Mundi Prensa Libros. Madrid, España.

Sánchez, E., Muñoz, C, Fuentes, E., Fernández, J., Sendra, E., Sayas, E., Navarro, C. y Pérez, J. 2010. Effect of tiger nut fibre on quality characteristics of pork burger. *Meat Science*, 85(1): 70-76.

Sang Choi, Y., Choi, H., Han, D., a, Youn, K., Lee, M., Kim, H., Lee, J., Chung, L y Cheon, K. 2009. Optimization of replacing pork back fat with grape seed oil and rice bran fiber for reduced-fat meat emulsion systems. *Meat Science*. Department of Food Science and Nutrition, Daejin University, Sundan-ri, Pochon-si, Kyunggi 487-711, Republic of Korea.

Santana, F. 2007. *Técnicas Estadísticas (DOE, RSM Y VRT) para el análisis de un modelo de simulación*. Tesis para obtener el título de Maestro en Ciencias en Ingeniería Industrial. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería. Estado de Hidalgo, México.

Sarıçoban, C., Özalp, B., Yılmaz, M., Özen, G., Karakaya, M., and Akbulut, M. 2008. Characteristics of meat emulsion systems as influenced by different levels of lemon albedo. *Meat Science*, 80(3): 599-606.

Selani, M., Shirado, G., Margiotta, G., Rasera, M., Marabesi, A., Piedade, S., Contreras Castillo, C. y Canniatti-Brazaca, S. 2015. Pineapple by-product and canola oil as partial fat replacers in low-fat beef burger: Effects on oxidative stability, cholesterol content and fatty acid profile. *Meat Science*, 115(1):9-15.

Steffens C., Silva L., Emanuelli T. y Daniel A. 2006. Oat bran as a fat substitute in beef burgers. *Universidade Federal de Santa Maria*. Rio Grande do Sul, Brasil.

Tellegen, B. 2003. Manual técnico: criterios técnicos de producción de las industrias cárnicas y maquinarias y producción de embutidos. Instituto de Producción Audiovisual para la Capacitación de la Pequeña y Microempresa IPACE, Convenio SENATI-HOLANDA.

Tor, E. 2002. Tabla de composición de alimentos de Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Química y Tecnología de Alimentos. Montevideo. Uruguay.

Totosaus, A. 2007. Productos cárnicos emulsionados bajos en grasa y sodio. Editorial Nacameh. Centro de investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Instituto de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 1(1):53-66. Hidalgo, México

Ureña, M., D'Arrigo, M. y Girón, O. 1999. Evaluación sensorial de los alimentos. Facultad de Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú

Wooldridge M. 2008. Introductory Econometrics a modern approach. Fifth Edition. Michigan State University, South-Western. Michigan, USA.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Resultados de aceptabilidad general en hamburguesas de carne de vacuno

Juez	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1	9	9	9	9	9	9	6	5	9	9	9	9
2	7	7	8	6	7	7	4	8	7	6	7	6
3	8	6	6	6	4	5	6	9	9	9	8	9
4	7	6	7	6	6	6	6	7	4	6	3	4
5	7	6	7	7	5	8	8	5	3	6	5	4
6	8	7	3	6	4	8	6	8	9	8	7	8
7	7	5	6	7	5	7	4	8	3	7	9	7
8	9	9	7	7	8	7	8	3	4	7	6	5
9	5	6	7	6	5	5	5	8	8	8	7	8
10	8	6	7	6	5	7	9	7	6	8	6	4
11	8	4	7	6	6	4	4	9	6	7	7	8
12	9	8	7	6	8	6	8	8	8	9	8	8
13	8	7	7	8	6	7	7	9	7	7	8	7
14	8	9	9	9	7	8	7	7	5	6	6	7
15	7	5	5	5	4	8	8	4	4	3	3	6
16	8	9	8	7	7	8	9	6	6	5	4	5
17	8	7	7	6	6	8	8	5	5	5	5	5
18	6	5	8	7	8	7	6	6	7	6	6	4
19	8	6	4	7	7	6	4	6	9	7	8	9
20	7	6	4	6	7	7	7	7	9	5	8	7
21	5	4	6	6	7	4	6	7	6	7	5	7
22	8	9	8	7	8	8	8	7	8	8	7	8
23	7	8	8	7	7	7	6	8	7	5	8	7
24	9	7	6	4	7	5	9	8	7	8	6	6
25	7	6	6	5	6	7	6	9	7	9	7	8
26	9	9	8	8	9	8	9	8	9	3	3	7
27	8	7	7	6	7	5	8	7	2	4	6	8
28	9	8	4	7	3	5	6	6	7	8	7	8
29	8	7	7	7	7	7	6	8	7	8	3	7
30	9	7	5	7	7	7	6	7	7	8	7	6
Promedio	7.70	6.83	6.60	6.57	6.40	6.70	6.67	7.00	6.50	6.73	6.30	6.73

Anexo 2. Vistas fotográficas de la elaboración de albedo de maracuyá



Figura A. Separación de pulpa y extracción de albedo



Figura B. Triturado del albedo



Figura C. Lavado del albedo



Figura D. Secado del albedo



Figura E. Molienda del albedo

Anexo 3. Vistas fotográficas de la elaboración de hamburguesas de carne de vacuno



Figura A. Homogenización de carne y grasa en maquina cutter



Figura B. Mezclado



Figura C. Moldeado



Figura D. Almacenamiento de hamburguesas de carne de vacuno



Figura E. Fritura de hamburguesas de carne de vacuno



Figura F. Evaluación de aceptabilidad general en hamburguesas de carne de vacuno



Figura G. Evaluación de CRA en hamburguesas de carne de vacuno