

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

ESCUELA DE POST GRADO

MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS



“Efecto de la inclusión de nuez común (*Juglans regia* L.) y transglutaminasa en la elaboración de un reestructurado de carne de alpaca (*Vicugna pacos* L.)”

Presentado por:

David Francisco Andrade Ojeda

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGÍSTER SCIENTIAE EN
TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

**LIMA – PERÚ
2012**

Q02.
A24
T
c.1

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1.	ANTECEDENTES.....	4
2.2.	MARCO CONCEPTUAL.....	5
2.3.	LOS CAMÉLIDOS AMERICANOS.....	6
2.3.1.	ORIGEN Y EVOLUCIÓN.....	6
2.3.2.	CLASIFICACIÓN Y NOMENCLATURA DE LAS ESPECIES EXISTENTES.....	7
2.3.3.	LA ALPACA.....	9
a.	Distribución y Ecología.....	10
b.	Fenotipos.....	10
c.	Población.....	11
d.	Características generales.....	13
2.3.4.	PESO CORPORAL.....	14
a.	Destino de los animales de saca.....	14
2.3.5.	RENDIMIENTO DE CARCASA.....	15
2.3.6.	CARACTERÍSTICAS DE LA CARNE DE ALPACA.....	16
a.	Composición química.....	16
b.	Propiedades tecnológicas.....	19
c.	Calidad higiénica.....	20
2.4.	LA NUEZ.....	21
2.4.1.	COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL FRUTO.....	22
2.4.2.	OTROS USOS.....	24
2.4.3.	IMPLICACIONES DE LOS COMPONENTES BIOACTIVOS DE LAS NUECES EN LA SALUD.....	24
2.5.	TRANSGLUTAMINASAS.....	28
2.5.1.	TRANSGLUTAMINASA MICROBIANA.....	30
2.5.2.	PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS.....	32
2.5.3.	APLICACIONES.....	32
a.	Carne y productos cárnicos.....	33
b.	Pescado y productos de la pesca.....	34
c.	Otras aplicaciones.....	35

32584

2.6. REESTRUCTURADOS CÁRNICOS.....	36
2.6.1. MÉTODOS DE REESTRUCTURACIÓN DE CARNE.....	37
2.6.2. DISMINUCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA, SAL, FOSFATOS Y MASAJEO	38
2.7. DISEÑO DE MEZCLAS.....	39
2.7.1. MARCO GENERAL	39
2.7.2. DEFINICIÓN.....	41
2.7.3. ASPECTOS GENERALES SOBRE LOS MÉTODOS DE SUPERFICIE DE RESPUESTA.....	43
2.7.4. UTILIZACIÓN DEL MÉTODO DE MÍNIMOS CUADRADOS PARA LA ESTIMACIÓN DE LOS COEFICIENTES POLINOMIALES Y SUS VARIANZAS: NOTACIÓN MATRICIAL.....	47
2.7.5. FALTA DE AJUSTE DEL MODELO ESTIMADO	48
2.7.6. DISEÑOS AXIALES DE MEZCLAS.....	49
2.7.7. RESTRICCIONES MÚLTIPLES SOBRE LAS PROPORCIONES DE LOS COMPONENTES	51
2.7.8. LÍMITES INFERIORES Y SUPERIORES SOBRE LAS PROPORCIONES DE LOS COMPONENTES	51
2.7.9. TÉCNICA PARA MEDIR EL EFECTO DE COMPONENTES EN ZONAS EXPERIMENTALES DE MEZCLAS CON RESTRICCIONES SOBRE LOS COMPONENTES.....	52
2.7.10. OPTIMIZACIÓN SIMULTÁNEA DE VARIAS RESPUESTAS	54
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	58
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN.....	58
3.2. MATERIAS PRIMAS E INSUMOS.....	58
3.2.1. MATERIAS PRIMAS	58
3.2.2. INSUMOS.....	58
3.3. MATERIALES Y EQUIPOS.....	59
3.3.1. MATERIALES	59
3.3.2. EQUIPOS.....	59
3.4. MÉTODOS	59
3.4.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	59
a. Objetivos planteados en el proyecto.....	59
a.1. Objetivo principal.....	59

a.2. Objetivos específicos.....	60
3.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS Y EVALUACIÓN.....	60
3.5.1. ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO	60
a) Análisis proximal.....	60
b) Determinación de la cohesividad mediante un análisis perfil de textura (TPA).....	60
c) Análisis de color.....	61
d) Análisis de las pérdidas por cocción	61
e) Análisis de costos	61
f) Evaluación sensorial.....	62
3.6. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	62
3.6.1. ELABORACIÓN DEL REESTRUCTURADO CÁRNICO DE ALPACA.....	62
3.6.2. DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE OPERACIONES.....	65
3.6.3. DISEÑO DEL EXPERIMENTO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	66
a. Diseño Experimental.....	66
b. Análisis Estadístico	68
b.1. Caracterización de materias primas	68
b.2. Regresión múltiple de las características físico – químicas, medida de cohesividad y costos de producción	68
c. Determinación del polinomio canónico de Scheffé y evaluación del efecto de los ingredientes para el caso de la cohesividad, pérdidas por cocción y costo de producción del reestructurado cárnico.	69
c.1. Establecimiento del modelo matemático	69
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	71
4.1. ANÁLISIS PROXIMAL DE LOS INGREDIENTES PRINCIPALES ...	71
4.1.1. CARNE DE ALPACA.....	71
4.1.2. NUEZ.....	71
4.1.3. TRANSGLUTAMINASA ACTIVA® GS “MTGasa”	72
4.2. DETERMINACIÓN DEL POLINOMIO CANÓNICO DE SCHEFFÉ Y EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LOS INGREDIENTES PARA EL CASO DE LA COHESIVIDAD, PÉRDIDAS POR COCCIÓN Y COSTO DE PRODUCCIÓN DEL REESTRUCTURADO CÁRNICO. .	72
4.2.1. COHESIVIDAD	72

a. Establecimiento del modelo matemático y análisis estadístico.....	73
b. Efecto de los ingredientes sobre la cohesividad (cocido)	76
4.2.2. PÉRDIDAS POR COCCIÓN	79
a. Establecimiento del modelo matemático y análisis estadístico.....	79
b. Efecto de los ingredientes sobre las pérdidas por cocción	82
4.2.3. COSTOS DE PRODUCCIÓN	85
a. Establecimiento del modelo matemático y análisis estadístico.....	85
b. Efecto de los ingredientes sobre los costos de producción	86
4.3. OPTIMIZACIÓN SIMULTÁNEA DE RESPUESTAS	89
4.4. CARACTERIZACIÓN DE LA FORMULACIÓN ÓPTIMA	90
4.5. ANÁLISIS DE COLOR Y pH.....	92
4.5.1. ANÁLISIS DE COLOR (L^* , a^* , b^*).....	92
4.5.2. ANÁLISIS DE pH	93
4.6. ANÁLISIS SENSORIAL A NIVEL DE CONSUMIDOR FINAL	94
V. CONCLUSIONES	98
VI. RECOMENDACIONES	99
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100
VIII. ANEXOS	114

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Población peruana de alpacas por regiones.....	12
Cuadro 2: Existencia y distribución geográfica de alpacas por razas en el Perú.....	12
Cuadro 3: Población de camélidos y unidades agropecuarias por regiones.....	13
Cuadro 4: Producción de fibra, carne, saca de animales y rendimiento de carcasa de camélidos domésticos.....	15
Cuadro 5: Composición química de las carnes. (Porcentaje)	17
Cuadro 6: Composición química del músculo <i>Longissimus thoracis y lumborum</i> de alpacas y llamas.....	18
Cuadro 7: Valor biológico, digestibilidad de nitrógeno, utilización neta de proteína, conversión y eficiencia de la carne de alpaca.....	18
Cuadro 8: Valores de pH en diferentes cortes de alpaca.....	20
Cuadro 9: Requisitos microbiológicos para carne de alpaca fresca y congelada.....	21
Cuadro 10: Composición química del fruto por 100 g.....	23
Cuadro 11: Perfil de ácidos grasos de la nuez.....	23
Cuadro 12: Composición media (por ciento) de frutos secos de mayor consumo.....	26
Cuadro 13: Contenido medio en ácidos grasos, minerales, vitaminas E y B9, y fitoesteroles de las nueces (<i>Juglans regia</i>).....	27
Cuadro 14: Masa molecular de las diferentes isoformas de transglutaminasa	28
Cuadro 15: Fórmula de reestructurado cárnico bovino.....	63
Cuadro 16: Parámetros para diseño de las formulaciones.....	67
Cuadro 17: Formulaciones obtenidas usando el diseño de mezclas para evaluar.....	67
Cuadro 18: Parámetros para obtener la fórmula optimizada.....	70
Cuadro 19: Resultados del análisis proximal de la carne de alpaca (<i>Vicugna pacos</i> L.)...	71
Cuadro 20: Resultados del análisis proximal de la nuez (<i>Juglans regia</i> L.).....	72
Cuadro 21: Valores observados y predichos de la cohesividad en las formulaciones experimentales.....	74
Cuadro 22: Valores observados y predichos de pérdidas por cocción (<i>cooking losses</i>) en las formulaciones experimentales.....	80
Cuadro 23: Valores observados y predichos de costos de producción en Nuevos Soles (S/.) de las formulaciones experimentales.....	85
Cuadro 24: Parámetros para obtener la fórmula optimizada.....	89
Cuadro 25: Lista de formulaciones optimizadas y ordenadas por deseabilidad	89

Cuadro 26: Análisis proximal de reestructurado de alpaca con nuez optimizado	91
Cuadro 27: Análisis de variables observadas y predichas del reestructurado de alpaca con nuez optimizado.....	91
Cuadro 28: Valores de L*, a*, b* de las formulaciones y de la carne de alpaca sin nuez	93
Cuadro 29: Valores de pH de las formulaciones analizadas y de carne de alpaca sin nuez	94
Cuadro 30: Promedios de nivel de agrado de los reestructurados de carne de bovino y de alpaca.....	95
Cuadro 31: Análisis de diferencia de medias o de múltiples rangos por LSD y prueba de Friedman para la preferencia de los reestructurados de alpaca y bovino ..	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Especies de camélidos sudamericanos.....	8
Figura 2: Alpaca (<i>Vicugna pacos</i> , L.)	10
Figura 3: Nuez común o americana (<i>Juglans regia</i> L).....	21
Figura 4: Contenido en PUFA <i>n</i> -3 de los frutos secos.	26
Figura 5: Reacciones de la transglutaminasa.....	29
Figura 6: Región simplex para tres componentes.....	42
Figura 7: Papel de coordenadas triangulares	43
Figura 8: Superficie de sabor frutal de una bebida energizante	45
Figura 9: Contornos de sabor frutal constante de la superficie de la bebida energizante ..	45
Figura 10: Diseño axial de mezcla para tres componentes.....	50
Figura 11: Dirección indicada para medir el efecto del incremento de la proporción de un componente	53
Figura 12: Ploteo de la función de atractivo de dos lados para varios <i>r</i> y <i>s</i>	56
Figura 13: Ploteo de la función de atractivo de un lado para varios <i>t</i>	57
Figura 14: Flujo de operaciones para la elaboración del reestructurado de carne de alpaca con nuez	64
Figura 15: Dispersión de cohesividad y porcentaje de nuez incorporada.....	73
Figura 16: Ploteo de contornos de la superficie de respuesta para la cohesividad de los reestructurados cocidos, en función del porcentaje de carne de alpaca (X_1), Nuez (X_2) y MTGasa (X_3).	77
Figura 17: Superficie de respuesta para la cohesividad de los reestructurados cocidos, en función del porcentaje de carne de alpaca (X_1), Nuez (X_2) y MTGasa (X_3)..	78
Figura 18: Trazos de Cox para la evaluación del efecto de cada ingrediente sobre la cohesividad del reestructurado cocido	78
Figura 19: Gráfica de dispersión de las pérdidas por cocción y porcentaje de inclusión de nuez	82
Figura 20: Ploteo de contornos de la superficie de respuesta para las pérdidas por cocción de los reestructurados cocidos, en función del porcentaje de carne de alpaca (X_1), Nuez (X_2) y MTGasa (X_3).....	83

Figura 21: Superficie de respuesta para las pérdidas por cocción de los reestructurados cocidos, en función del porcentaje de carne de alpaca (X_1), Nuez (X_2) y MTGasa (X_3).....	84
Figura 22: Trazos de Cox para la evaluación del efecto de cada ingrediente sobre las pérdidas por cocción (<i>cooking losses</i>) del reestructurado cocido	84
Figura 23: Ploteo de contornos de la superficie de respuesta para los costos de producción de los reestructurados cocidos, en función del porcentaje de carne de alpaca (X_1), Nuez (X_2) y MTGasa (X_3).....	87
Figura 24: Superficie de respuesta para los costos de producción de los reestructurados cocidos, en función del porcentaje de carne de alpaca (X_1), Nuez (X_2) y MTGasa (X_3).....	88
Figura 25: Trazos de Cox para la evaluación del efecto de cada ingrediente sobre costos de producción del reestructurado cocido	88
Figura 26: Cambios de color registrados en los reestructurados por la adición de nuez ...	92
Figura 27: Dispersión del pH en relación al nivel de inclusión de nuez.....	94
Figura 28: Preferencias de los reestructurados cárnicos de alpaca y bovino	96
Figura 29: Distribución de medias para la prueba de múltiples rangos de las preferencias de los reestructurados cárnicos de alpaca y bovino	97

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 Prueba a Nivel de Consumidor	114
ANEXO 2 Operaciones para elaboración de reestructurado.....	115

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, y como respuesta a la creciente demanda de productos naturales, ha aumentado el interés en la explotación de los camélidos sudamericanos. La necesidad mundial de incrementar la producción de proteínas (principalmente las de origen animal) para cubrir los requerimientos nutritivos de parte de la población, ha conseguido que se revaloricen a estas especies autóctonas, por tanto tiempo relegadas. Existen numerosas publicaciones que tratan acerca de la fibra de los camélidos sudamericanos, pero son escasas en las que se ha estudiado su carne.

La explotación de los camélidos sudamericanos constituye una actividad socioeconómica de subsistencia para las poblaciones de la región andina, ya que de estos se obtienen fibra de gran valor comercial, especialmente en el caso de las alpacas y vicuñas, carne con alto contenido proteico y bajo colesterol, además de ser usados como transporte y sus heces como fertilizantes y combustible. Sin embargo, a pesar de que tradicionalmente, se ha conferido a la carne el ser un alimento de alto valor nutricional, cuyo consumo se ha asociado con buena salud y prosperidad, la situación ha cambiado en los últimos años, debido entre otras razones, a las vinculaciones entre la carne, sus derivados y/o varios de sus constituyentes al riesgo de algunas de las enfermedades importantes y emergentes de nuestra sociedad (alteraciones cardiovasculares, cáncer, hipertensión y obesidad, entre otras).

La elaboración de un reestructurado a base de carne de alpaca, recurso propio de la región andina, presenta muchas posibilidades como un alimento sano y posiblemente funcional. Para dicha obtención es necesario establecer una mezcla de nutrientes o alimentos que contribuyan entre sí y formen una matriz alimenticia estable y cumpla con los requisitos sensoriales para su comercialización en forma de filetes.

ABSTRACT

The objective of this research is to contribute to better utilization of the qualities of alpaca meat through technological processes using microbial transglutaminase, in order to provide a nutritious and functional alternative with the addition of fatty acids n-3 (omega 3), through the addition of walnut in the development of a restructured meat. Considering the qualitative modification strategies and / or quantitative composition of meat and its derivatives with healthy purposes - was chosen functional transformation systems for the incorporation of fatty acids by the addition of walnut. The design allowed obtaining formulation and its evaluation is constrained mixture design components.

-- The investigation failed to confirm the hypothesis: "The inclusion of nuts affects the structure and composition of restructured meat". The texture profile analysis, the costs of production and cooking losses and proximate analysis and color, allowed to identify with statistical difference (p-value > 0,05) that the inclusion of nut has a significant effect on the characteristics and properties of restructured beef and alpaca, using as a binding agent to the enzyme microbial transglutaminase.

Established the characteristics and desirable product properties, the optimization was performed taking three important considerations: a) high cohesiveness, b) low production costs, c) lower cooking losses, resulting in a restructured formulation with 91,6% of alpaca meat, 7,49% of walnut and 0,90% of microbial transglutaminase.

Keywords: Alpaca, Mixture Design, Restructured Meat, Transglutaminase, Walnut.

RESUMEN

El objetivo de esta investigación es contribuir al mayor aprovechamiento de las cualidades de la carne de alpaca mediante procesos tecnológicos, utilizando transglutaminasa microbiana, con la finalidad de ofrecer una alternativa de alimento nutritivo – funcional con la adición de ácidos grasos n-3 (omega 3), a través de la incorporación de nuez en la elaboración de un reestructurado cárnico. Considerando las estrategias de modificación cualitativa y/o cuantitativa de la composición de la carne y sus derivados con propósitos saludables – funcionales se optó por los sistemas de transformación para la incorporación de los ácidos grasos mediante la adición de nuez. El diseño que permitió la obtención de fórmulas y su evaluación es el diseño de mezclas con restricciones de sus componentes.

La investigación logró confirmar la hipótesis: “La inclusión de nuez afecta la estructura y composición del reestructurado cárnico”. Los análisis de perfil de textura, los costos de su producción y pérdidas por cocción, así como el análisis proximal, y de color, permitieron que se identifique con diferencia estadística (valor $p > 0,05$) que la inclusión de nuez tiene un efecto significativo sobre las características y propiedades del reestructurado de carne de alpaca, utilizando como agente ligante a la enzima transglutaminasa microbiana.

Establecidas las características y propiedades deseables del producto, se realizó la optimización tomando consideraciones sobre tres puntos importantes: a) alta cohesividad, b) bajos costos de producción, y c) bajas pérdidas por cocción; obteniendo como resultado una formulación de reestructurado con 91,6% de carne de alpaca, 7,49% de nuez y 0,90% de transglutaminasa microbiana.

Palabras clave: Alpaca, Diseño de Mezclas, Nuez, Reestructurado cárnico, Transglutaminasa.

Los problemas que se encuentran al momento de realizar este tipo de reestructurado, están relacionados con la uniformidad de la mezcla ya que es necesario reducir el tamaño de partícula de la carne como de la nuez para que esta última sea incorporada eficientemente, esto conlleva a la siguiente dificultad que es volver a la estructura original de la carne o similar para realizar los cortes en forma de filetes. Otro de los inconvenientes que se pueden identificar es la proporción de apropiada de nuez a incorporar para que cumplan los requerimientos sensoriales y los nutricionales – funcionales.

Las estrategias de modificación cualitativa y/o cuantitativa de la composición de la carne y sus derivados con propósitos “saludables – funcionales”, son de varios tipos: 1) A nivel de crianza de los animales, 2) Asociadas a la selección de carne y derivados, 3) Dependientes de los sistemas de transformación y 4) Condiciones de consumo.

Ciertas estrategias genéticas y nutricionales se han empleado para alterar la composición de la canal, y por tanto la de los cortes comerciales disponibles. Su aplicación ha permitido el reducir el nivel de grasa y colesterol, alterar el perfil de ácidos grasos, e incrementar la presencia de antioxidantes y minerales. Los procesos de transformación de la carne permiten actuar de varias maneras para promover el carácter saludable – funcional de los derivados cárnicos.

Básicamente responde a tres ideas clave incluidas en la definición de alimento saludable – funcional: reducción de la concentración de ciertos componentes con efectos fisiológicos negativos, sustitución de algún componente con efectos no deseados por otro con efectos beneficiosos e incorporación de compuestos bioactivos exógenos con efectos beneficiosos (Jiménez 2004).

Estudios epidemiológicos han señalado que el consumo frecuente de frutos secos, en general y de nueces en particular, está inversamente relacionado con el riesgo de infarto de miocardio, independientemente de otros factores de riesgo como edad, sexo, tabaco, hipertensión, peso y ejercicio (Sabaté *et al.* 1993; Fraser 1999; Iwamoto *et al.* 2000).

Tal situación amerita la investigación acerca del tema mencionado, buscando cumplir con los objetivos planteados y tornándose en una propuesta de posible aplicación para las condiciones alimentarias y socio- culturales actuales.

La presente investigación tuvo como principal objetivo el determinar el efecto de la inclusión de nuez común (*Junglans regia* L.) y transglutaminasa en la elaboración de un reestructurado de carne de alpaca (*Vicugna pacos* L.)

Los objetivos específicos de la investigación fueron el de determinar la composición proximal de la carne de alpaca y la nuez en la obtención de un reestructurado cárnico, optimizar la incorporación de nuez y transglutaminasa en la elaboración de un reestructurado de carne de alpaca mediante el diseño de mezclas y finalmente, determinar la composición proximal del reestructurado cárnico optimizado por el método de diseño de mezclas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES.

El desarrollo de investigaciones y tecnología relacionada al campo pecuario de la alpaca mayoritariamente está enfocado hacia la calidad de la fibra y casi nada en relación a la producción de carne, a tal punto que las investigaciones publicadas en revistas internacionales, sobre las características y calidad de la misma fueron realizadas por Cristofanelli *et al.* (2004, 2005) sobre la carne y calidad de la canal de la llama y alpaca del Perú. Así mismo, Polidori *et al.* (2007) evaluaron la terneza, los niveles de minerales y composición de ácidos grasos de la carne de llama y alpaca y también se encuentran las realizadas por Salvá (2009) sobre composición de nutrientes, calidad tecnológica de la carne de alpacas criadas en el Perú y sobre la caracterización de charqui de alpaca.

Distintivamente, para la elaboración de reestructurados cárnicos y sus características se han desarrollado investigaciones como: usos de la transglutaminasa en la industria alimentaria, y elaboración de carne reconstituida (Jozami-Barreiro & Seselovsky 2003); efecto de la concentración de transglutaminasa y tiempo de reacción en la estabilidad de productos reestructurados (Márquez *et al.* 2006); estabilidad por productos cárnicos reestructurados crudos con agregado de transglutaminasa y plasma bovino (Márquez *et al.* 2008); reestructuración en frío de músculo de pescado mediante la incorporación de alginato sódico y transglutaminasa microbiana (Moreno 2010); transglutaminasa como agente aglutinante en reestructurado de carne fresca con adición nueces (Serrano *et al.* 2004); perfil nutricional del reestructurado de filete de carne con nueces añadido (Serrano *et al.* 2005) y desarrollo de reestructurados cárnicos potencialmente funcionales mediante la incorporación de nuez (Serrano 2006).

El conjunto de estas publicaciones brindaron las pautas a seguir para el desarrollo de la presente investigación y desarrollo del reestructurado de carne de alpaca con adición de nuez y transglutaminasa microbiana (MTGasa).

2.2. MARCO CONCEPTUAL

Para la presente investigación se determinan los siguientes términos relacionados o palabras clave para la investigación:

- Carne.- la carne es el tejido animal, principalmente muscular, que se consume como alimento y fuente habitual de proteínas, grasas y minerales en la dieta humana, perteneciente a animales de abasto normalmente: mamíferos, aves y peces.
- Alpaca.- es una especie doméstica de mamífero artiodáctilo de la familia *Camelidae*, es uno de los cuatro camélidos sudamericanos, del cual existen dos razas que se diferencian por las características externas de su fibra, siendo la Suri y Huacaya.
- Nuez.- es la especie más difundida de fruto seco, extraído del nogal común, nogal europeo o nogal español (*Juglans regia*).
- Transglutaminasa.- es una enzima extremadamente presente en la naturaleza (hígado y músculos de los mamíferos y ciertos tejidos vegetales), actualmente es obtenido de cepas bacterianas (*Streptoverticillium St*) encontrada en el suelo japonés. Permite formar enlaces covalentes entre la glutamina y lisina presentes en la proteína animal.
- Reestructurado cárnico.- El reestructurado se trata de un producto cárnico elaborado a partir de cortes y carne molida de bajo costo. Para ello se emplean emulsificadores alimentarios que hacen posible la estabilización en una única pieza y formar filetes o medallones.
- Diseño de mezclas.- modelo experimental que permite identificar las interacciones de los tres componentes, más importantes, valorados de una mezcla.
- Perfil de textura.- el perfil de textura está basado en el ensayo fuerza vs. tiempo en que se logran curvas, obteniendo tres tipos de medidas instrumentales para valorar

la textura: A) Medidas fundamentales son las que valoran propiedades tales como esfuerzo de ruptura, módulo de Young, módulo de cizalla y otros. B) Medidas empíricas cubren una serie de ensayos empíricos tales como penetración, cizalla, extrusión y otros. C) Medidas imitativas son las logradas con instrumentos que imitan la acción de la boca al masticar.

- Análisis sensorial.- se trata del análisis normalizado de los alimentos que se realiza con los sentidos, siendo empleado en el control de calidad de ciertos productos alimenticios, en la comparación de un nuevo producto que sale al mercado como en la tecnología alimentaria cuando se intenta evaluar un nuevo producto, etc.
- Análisis de color.- es el análisis que permite medir un atributo de apariencia de los productos y su observación permite detectar ciertas anomalías y defectos. el color es un parámetro en base al cual se realizan clasificaciones de productos, se evalúan materias primas, se hace control de procesos y se miden indirectamente otros parámetros de procesamiento.
- Análisis proximal.- es el método convencional de evaluación que se usa para determinar el contenido de sustancias nutritivas de un alimento de origen animal o vegetal, llamada también análisis de Weede.
- Pérdidas por cocción.- consiste en la diferencia de pérdida de peso que hay entre el producto cocido y crudo.
- Costos de producción.- Los costos de producción (también llamados costos de operación) son los gastos necesarios para mantener un proyecto, línea de procesamiento o un equipo en funcionamiento.

2.3. LOS CAMÉLIDOS AMERICANOS

2.3.1. ORIGEN Y EVOLUCIÓN

Los camélidos americanos y los del viejo mundo se clasifican taxonómicamente en el orden *Artiodactyla*, suborden *Tylópoda* y familia *Camelidae*. Al nivel de tribu se dividen en *Lamini* y *Camelini*. A nivel del género en *Lama* y *Vicugna* para los del nuevo mundo y *Camelus* para los del viejo mundo (Wheeler 1991).

Ambas tribus exhiben procesos básicos de rumia, pero se diferencian del suborden Pécora (rumiantes), por la morfología del estómago que presenta tres compartimientos, otras características diferenciales y únicas, son: ausencia de cuernos, presencia de caninos separados de los premolares por diastema, anatómicamente las piernas traseras les permite descansar sobre el vientre con las rodillas dobladas y los garrones hacia atrás, además la presencia de una almohadilla digital en lugar de cascos (Wheeler 1991).

Ambas tribus se originaron en América del Norte, durante el Plioceno. Al final de éste periodo, hace tres millones de años, los *Camelini* migraron al Asia y los *Lamini* a América del Sur (Wheeler 1991).

Actualmente existen seis especies:

En el nuevo mundo:

- Llama (*Lama glama*. Linnaeus, 1758).
- Alpaca (*Vicugna pacos*. Linnaeus, 1758).
- Guanaco (*Lama guanicoe*. Müller, 1776).
- Vicuña (*Vicugna vicugna*.(Molina), Miller, 1924).

En el viejo mundo:

- Dromedario (*Camelus dromedarius*. Linnaeus, 1758) y el Bactriano (*Camelus bactrianus*. Linnaeus, 1758) (Wheeler 1991).

2.3.2. CLASIFICACIÓN Y NOMENCLATURA DE LAS ESPECIES EXISTENTES

Existe confusión en la literatura sobre la clasificación sistemática de los camélidos americanos, como se puede apreciar en la Figura 1, son cuatro y de morfología distintiva y característica.

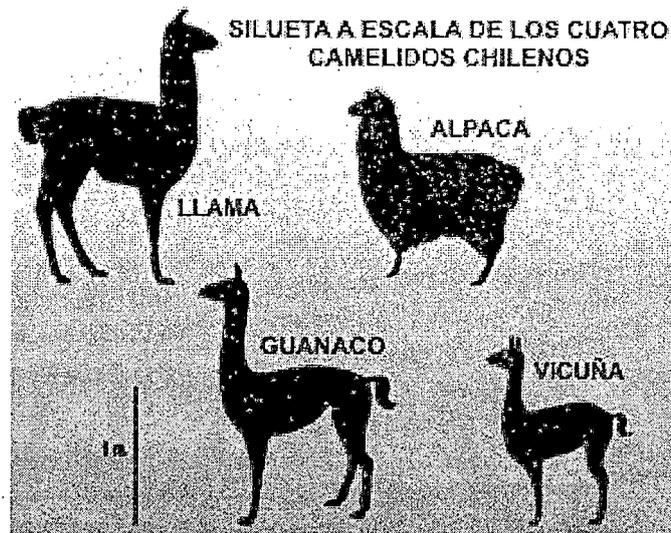


Figura 1: Especies de camélidos sudamericanos
Fuente: (Miller & Rottmann 2009).

A nivel de género, muchos autores todavía utilizan incorrectamente *Auchenia Illiger*, 1811 (Wheeler 1991), mientras otros ignoran *Vicugna* Miller, 1924. Algunos autores difícilmente aceptan *Vicugna* Miller 1924, porque en este género existe una sola especie, *Vicugna vicugna* (Molina) Miller, 1924. Además, tiene el mismo cariotipo ($2n = 70$) que los otros camélidos americanos, pudiéndose cruzar y producir híbridos fértiles en las otras tres especies (Fernández *et al.* 1972).

La creación del género *Vicugna* propuesta por Miller en 1924, está basado en el estudio de un número muy limitado de incisivos del guanaco y vicuña, sin haber incluido muestras de llama, alpaca o híbridos.

Miller encontró que los incisivos de la vicuña exhibían características morfológicas excepcionales dentro de los ungulados, pues no forman raíces. Son de forma alargada, semejante a los roedores y el esmalte cubre solo la superficie labial. En cambio los incisivos del guanaco son de forma espatulada, con raíces cerradas y posee una corona cubierta de esmalte. Es evidente que las características peculiares de los incisivos de la vicuña, justifican la creación de un nuevo género (Wheeler 1991).

Desgraciadamente el estudio de Miller fue incompleto, pues al no considerar los incisivos de la llama y la alpaca, deja a estas especies junto con el guanaco en el género *Lama*; considerándose por tanto, que ambas especies son descendientes del guanaco. Sin

embargo los incisivos de la alpaca son semejantes a las de la vicuña y los de la llama se asemejan a las del guanaco (Wheeler 1991).

Basados en estas informaciones, la clasificación taxonómica de los 4 camélidos americanos, podría ser la siguiente:

Género: *Lama* Cuvier, 1800

Lama guanicoe: Müller, 1776 o guanaco silvestre.

Lama glama. Linnaeus, 1758 o llama doméstica.

Género: *Vicugna*: (Molina) Miller, 1924.

Vicugna vicugna (Molina) Miller, 1924 o vicuña silvestre.

Vicugna pacos Linnaeus, 1758 o *Lama pacos* Linnaeus, 1758. o alpaca doméstica.

Se requiere de estudios morfológicos y bioquímicos adicionales para darle validez a esta clasificación; pero, los restos osteoarqueológicos procedentes de sitios ocupados hace 6 mil años, cuando se inicia la domesticación, aportan evidencias de que la alpaca es la vicuña domesticada, y la llama el guanaco domesticado (Wheeler 1991).

2.3.3. LA ALPACA

La Alpaca (*Vicugna pacos* Linnaeus, 1758) es uno de los cuatro camélidos sudamericanos (Figura 2). Este animal no existe en estado salvaje, al igual que la Llama, es una especie doméstica creada por la interferencia del hombre (Novoa 1991).

No se sabe cual civilización implementó la cría de la alpaca, sólo que fue mucho antes que los españoles llegaran a las Américas, y mucho antes de los Incas también. Mientras que en la llama se favorecía su resistencia como animal de carga, en la alpaca era su lana el principal interés (Novoa 1991).

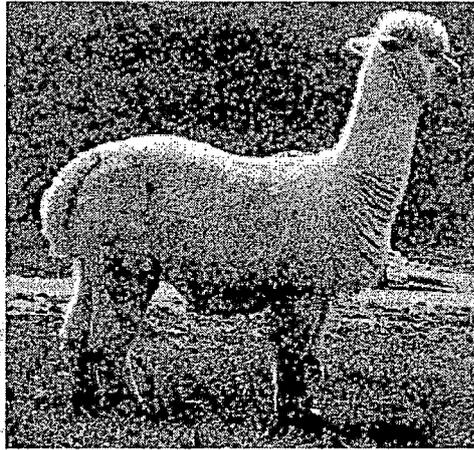


Figura 2: Alpaca (*Vicugna pacos*, L.)
Fuente: (Redperuana 2011)

a. Distribución y Ecología

La domesticación de la alpaca fue hace 6 mil años en las punas centrales del Perú (Wheeler 1991). Su crianza se desarrolló en los valles interandinos, hace aproximadamente 3800 años, según evidencias procedentes de sitios arqueológicos de Kotosh, Huánuco (Wing 1972) y Cajamarca (Shimada 1985).

Es probable también que se haya extendido hacia la costa norte y costa sur del Perú hace 900 a 1000 años (Wheeler 1991).

A consecuencia de la llegada de los españoles, las alpacas fueron diezmadas y desplazadas de la costa y valles interandinos, hacia los alto andes, donde se encuentran hasta hoy (Flores-Ochoa 1988).

Actualmente están distribuidos desde Cajamarca en el Perú, hasta el lago Poopo en Bolivia, pudiéndose encontrar en pequeñas cantidades en el norte de Chile y noroeste de Argentina (Wheeler 1991).

b. Fenotipos

Por un periodo de aproximadamente de 3 mil años (Wheeler 1991), la alpaca fue seleccionada para producir fibra, dando origen a los fenotipos Huacaya y Suri.

En el incanato, dado el extremo control ejercido sobre la reproducción es probable que estos tipos sean la herencia de razas antiguas que han perdido su integridad a consecuencia de la conquista española (Murra 1965).

El 90 % de la población de alpacas están constituidos por Huacayas, que se caracterizan por un abundante crecimiento de fibra que los cubre el cuerpo, piernas, cuello, frente y mejilla de la cara, formando un copete que les cubre los ojos. La cara y pata están cubiertas por pelos cortos. La fibra es rizada, dando al animal una apariencia esponjosa semejante al ovino *Corriedale* (Vidal-Rioja *et al.* 1987).

En cambio la fibra de la Suri es ligeramente ondulada, más sedosa, lacia y de mayor crecimiento longitudinal (11 a 20 cm), con una densidad folicular promedio de 17,29 por mm². La distribución corporal de la fibra en el cuerpo de la Suri es la misma que en la Huacaya, pero debido a su estructura, desde la línea media cae a ambos lados del cuerpo, dando la apariencia de un ovino Lincoln (Vidal-Rioja *et al.* 1987).

c. Población

Históricamente el Perú es el país con mayor población de alpacas en Sur América, y mundial, con el 89 % de la población de alpacas del mundo, mientras otros países indican poblaciones de alrededor del 10 % de la población mundial como Bolivia y Ecuador.

Las últimas estadísticas realizadas en el Perú, según estimados del Ministerio de Agricultura y Ganadería [MINAG-OIA], en el año 2001 habría una población de 3'156.101 (tres millones ciento cincuenta y seis mil ciento y un) alpacas, distribuidas principalmente en la región alto andina, detalladas en los Cuadros 1, 2 y 3.

El Departamento de Puno es el que posee la mayor proporción de alpacas seguido por Cusco, Huancavelica y Arequipa. Esto está en relación con la extensión de las praderas alto andinas existentes. Las poblaciones de alpacas de los Departamentos ubicados en las regiones de Lima y Junín son en gran parte el resultado del proyecto "Repoblamiento de Alpacas de la Sierra Norte y Centro del País" que entre 1992 y 1996 llevó a cabo el Ministerio de Agricultura a través de FONAFOG (Fondo Nacional de Fomento Ganadero)

con financiamiento del FONCODES Fondo de Compensación y Desarrollo Social (FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - IT 2005).

Cuadro 1: Población peruana de alpacas por regiones.

Regiones	Alpacas Huacaya	Población (%)
Puno	1'712 110	54,25
Cuzco	400 877	12,7
Arequipa	384 000	12,17
Huancavelica	203 550	6,45
Ayacucho	162 225	5,14
Apurímac	96 810	3,07
Moquegua	42 100	1,33
Tacna	33 768	1,07
Pasco	28 190	0,89
Junín	46 714	1,48
Lima	20 132	0,63
Ancash	12 511	0,39
Cajamarca	5 097	0,16
La libertad	4 782	0,15
Huánuco	3 235	0,1
Total	3'156 101	100

Fuente: (MINAG OIA - Ministerio de Agricultura y Ganadería 2001).

Cuadro 2: Existencia y distribución geográfica de alpacas por razas en el Perú.

Región	Huacaya	%	Suri	%	Total	%
Puno	1'392 600	56,5	289 319	66,6	1'681 919	58
Cusco	304 797	12,4	41 431	9,5	346 228	11,9
Junín	47 620	1,9	7 970	1,8	55 590	1,9
Arequipa	207 810	8,4	26 561	6,1	234 371	8,1
Ayacucho	113 332	4,6	16 174	3,7	129 506	4,5
Apurímac	66 744	2,7	18 204	4,2	84 943	2,9
Huancavelica	306 968	12,4	23 660	5,4	330 628	11,4
Lima	26 333	1,1	11 377	2,6	37 710	1,3
TOTAL	2'466 204	100	454 696	99,9	2'900 900	100

Fuente: (CONACS - Consejo Nacional de Camelidos Sudamericanos 2004; INEI - Instituto Nacional de Estadística e Información 2004).

Cuadro 3: Población de camélidos y unidades agropecuarias por regiones.

Regiones	Alpacas			Llamas		
	N° de Cabezas		U.A.	N° de Cabezas		U.A.
Costa	947	0,03%	236	476	0,04%	119
Sierra	3'156 258	99,91%	789 065	1'188 348	99,89%	297 087
Selva	1 896	0,06%	474	833	0,07%	208
Total	3'159 101	100,00%	789 775	1'189 657	100,00%	297 414

U.A.: Unidades Agropecuarias

Fuente: (CONACS - Consejo Nacional de Camelidos Sudamericanos 2004).

d. Características generales

En los rebaños compuestos por machos y hembras, los primeros tratan de establecer dominio sobre las segundas, demostrando así el típico comportamiento polígamo territorial de la alpaca (Fernández *et al.* 1972). En general, los sistemas de crianza de alpacas empleados en las áreas alto- andinas, están diseñados para modificar su comportamiento.

La alpaca tiene un periodo de gestación que varía de 342 a 345 días y el peso de las crías al nacer también varía de 6 a 7 kilogramos (Novoa 1991).

En su alimentación, la alpaca escoge las especies y partes de la planta más succulenta y tiene preferencia por las herbáceas. Durante la estación seca el consumo de gramíneas cortas representan del 29 al 38 % de su alimentación y el de las herbáceas el 35% (San Martín 1991).

La mortalidad anual de crías puede llegar a 70 % durante los primeros meses de vida. La gran parte de estas muertes están asociados a los brotes de enterotoxemia causado por el *Clostridium perfringens* tipo A (Ramírez 1991). Los brotes epizooticos de esta enfermedad dependen de la existencia de condiciones medioambientales que faciliten la esporulación de la bacteria. En los andes, estos brotes están asociados al uso de corrales sucios durante la época lluviosa, que coinciden con la parición.

La información obtenida del estudio de la fauna en Telarmachay (170 km al nor-este de Lima, Departamento de Junín), indican que enfermedades como la enterotoxemia

se han originado y evolucionado como parte del proceso de domesticación de la alpaca, hace 6 mil años (Wheeler 1991).

2.3.4. PESO CORPORAL

Entre los principales productos que se obtiene de la alpaca, la carne tiene especial importancia (Flores-Ochoa 1988).

El poblador alto andino tiene como única fuente proteínica confiable para su alimentación, la carne de los camélidos; porque los ovinos y vacunos no tienen posibilidad de explotarse económicamente a mas de 4000 m.s.n.m. No se conoce efectivamente la cantidad de carne fresca o charqui que se obtiene anualmente de la saca de estos animales. Las cifras que registran las entidades del estado son aproximaciones únicamente; necesitándose aunar esfuerzos para conocer como este recurso beneficia a la economía del campesino.

a. Destino de los animales de saca

En las comunidades campesinas, las ventas los realiza el jefe de familia; pero, la que selecciona los animales es la esposa, como responsable del manejo y conocedora del hato. Durante el año puede ejecutarse una saca normal y otra forzada. La normal se realiza al final de las lluvias (marzo a julio) coincidiendo con el inicio de la escasez de pastos y cuando los animales se encuentran en buena condición de carnes. En estas sacas, las mejores alpacas se venden en pie y al mejor precio, y el resto se beneficia para ofrecerlos como carne fresca o elaborar charqui. Las sacas forzadas se realizan en cualquier época del año, para solucionar las necesidades de la familia (Téllez 1992).

En las empresas organizadas también se programan las sacas normales, forzadas y previa licitación. La normal se realiza inmediatamente después de la esquila, en los meses de diciembre con la finalidad de disponer de canchas descansadas para la parición que justamente se inicia en estos meses. La forzada se produce durante el inicio de la época seca o cualquier mes del año, cuando la empresa requiere de ingresos económicos urgentes. Las ventas se realizan en pie o beneficiado, dependiendo del acuerdo suscitado entre el productor y el comprador (Turín *et al.* 1999).

Dentro de los animales de saca se obtienen diferentes tipos de producción los cuales se aprecian en el Cuadro 4.

Cuadro 4: Producción de fibra, carne, saca de animales y rendimiento de carcasa de camélidos domésticos.

Parámetros	Alpacas	Llamas
Producción de fibra	3 399 t	760 t
Producción de carne	8 271 t	3 209 t
Producción de fibra / cabeza	1,5-2,8 kg	1,5-3,5 kg
Producción de carne / cabeza	33 kg	51 kg
Saca de animales (cabezas)	315 910	107 069
Peso vivo promedio	50 kg	120 kg
Rendimiento de carcasa	55%	60%

Fuente: (MINAG OIA - Ministerio de Agricultura y Ganadería 2001).

2.3.5. RENDIMIENTO DE CARCASA

En alpacas el rendimiento promedio de la carcasa es superior al 50%. Factores como la edad y el peso corporal parecen influir sobre el rendimiento de carcasa, aunque la información al respecto es escasa (Téllez 1992).

Los rendimientos de carcasa de acuerdo al sexo, edad y estado fisiológico, oscilan entre 43 y 60%, con un promedio cercano al 56% en alpacas criadas en praderas y engordadas intensivamente durante 8 semanas en la costa central del Perú (Soto 1989).

Trabajos con Huacaya y Suri no encontraron diferencia significativa en cuanto al rendimiento de carcasa (Calderón & Fernández Baca 1972).

El rendimiento porcentual de carne es mayor que en otras especies. Tiene cifras menores a los 2 y 6 años (56,2%) y cifras altas a las edades de 3 y 4 años (59,5%) (Avila & Rojas 1979).

Trabajando con hembras adultas de descarte encontró un rendimiento de carcasa de 53,5% (Bustinza *et al.* 1993). De igual manera (Téllez 1992) trabajando con hembras y machos adultos de desecho y carcasas con 24 horas de oreo, encontró un rendimiento de 54%.

Debemos mencionar también las investigaciones de quienes trabajando con machos de 1,5 y 1,6 años de edad y encontraron rendimientos de carcasa de 52,9 y 51,5% respectivamente (Bravo *et al.* 1988).

2.3.6. CARACTERÍSTICAS DE LA CARNE DE ALPACA

La calidad es un concepto complejo ya que existen diferentes corrientes sobre lo que conlleva el término. Para el caso de la carne, se define como: “La totalidad de propiedades y características de la misma que afectan su valor nutritivo, su aceptabilidad (propiedades sensoriales), sus características higiénico-sanitarias y las aptitudes para el procesado industrial o preparación culinaria” (Hoffman 1993).

a. Composición química

El conocimiento de la composición química de la carne de alpaca es importante para comprender su valor nutritivo, así como también su idoneidad para el tratamiento industrial.

La carne de los camélidos se produce y consume en América del Sur, desde tiempos inmemoriales. En el Cuadro 5 se muestra la composición de las carnes de diferentes especies. La alpaca particularmente presenta 71,8 % de agua, 21,8 % de proteína, 4,13% de grasa y 1,3 % de cenizas (Téllez 1992).

En las investigaciones realizadas por Salvá (2006) y Salvá *et al.* (2009) se encontraron que la proteína alcanza en promedio 20,3% la del agua 75,8%, la grasa a 1,33% y la de cenizas a 1,09%. No se encontró diferencias importantes para raza, sexo y edad para las características mencionadas.

Cuadro 5: Composición química de las carnes. (Porcentaje)

Especie	Agua	Proteína	Grasa	Ceniza
Bovino	72,01	21,01	4,84	0,94
Ovino	72,24	18,91	6,33	2,16
Porcino	59,18	19,37	20,06	0,79
Caprino	73,30	20,65	4,30	1,25
Caballo	75,00	20,60	2,70	1,00
Cuy	77,50	19,50	1,60	1,40
Ballena	72,04	21,87	3,76	1,31
Pato	70,07	19,60	7,85	1,47
Pavo	70,04	22,16	5,22	1,37
Alpaca	71,80	21,80	4,13	1,30
Llama	69,17	24,82	3,69	1,44
Vicuña	71,92	23,04	2,22	1,45

Fuente: (Téllez 1992)

Un estudio realizado sobre los componentes mayoritarios de la carne de alpaca (en músculo *L. dorsi*), en el que se estudia también la carne de llamas criadas en forma similar a las alpacas se muestra en el Cuadro 6 (Cristofanelli *et al.* 2004). En dicho estudio se manifiesta que la carne de alpaca es baja en grasa y presenta un contenido de proteínas elevado con respecto a carne de rumiantes más convencionales y de cerdo. También se puede observar la composición química de la carne proveniente de la pierna (excluyendo la grasa subcutánea) de alpaca, cerdo y cordero, donde resalta el bajo contenido graso de la carne de alpaca y mayor contenido de proteínas, con respecto a la carne de las otras especies.

En la investigación realizada por Bustinza *et al.* (1993) estudiaron la calidad nutritiva de la proteína de la carne de alpaca determinando: el índice de digestibilidad (D), el valor biológico (VB), la utilización neta de proteína (UNP) y la conversión y eficiencia alimenticia. Las muestras de carne consistieron en una mezcla por partes iguales de carne de cuello, brazuelo, costillar, lomo y pierna de seis alpacas Huacaya procedentes del departamento de Puno (Perú).

Cuadro 6: Composición química del músculo *Longissimus thoracis* y *lumborum* de alpacas y llamas.

	Alpaca promedio ± SD	Llama promedio ± SD
Humedad %	73,64 ± 1,66	73,94 ± 1,87
Grasa %	0,49 ± 0,01	0,51 ± 0,01
Proteína %	23,33 ± 0,69	23,12 ± 0,88
Cenizas %	2,54 ± 0,20	2,43 ± 0,25

Fuente: (Cristofanelli *et al.* 2004)

En el Cuadro 7 se expresan los resultados obtenidos en aquellos ensayos, realizados sobre carne de alpaca cruda y carne hervida en agua a 100 °C durante 45 minutos.

Cuadro 7: Valor biológico, digestibilidad de nitrógeno, utilización neta de proteína, conversión y eficiencia de la carne de alpaca.

	Carne de alpaca	
	Cruda	Cocida
Valor biológico (%)	84,23	85,9
Digestibilidad (%)	86,5	88,97
Utilización neta de proteína (%)	63	68,55
Conversión (g)	2,31	1,98
Eficiencia (g)	0,43	0,51

Fuente: (Bustinza *et al.* 1993)

En cuanto al perfil de ácidos grasos de la carne de alpaca, solamente se reporta el estudio realizado por Salvá (2009), en donde se indica que el ácido graso encontrado en mayor proporción fue el C18:1 *n*-9 (ácido oleico), con 24,24 % (la suma de los isómeros C18:1 fue de 31,9 %), seguido por el C16:0 (Ácido palmítico) con 22,01% y el C18:0 (Ácido esteárico) con 19,82 %. En relación a los ácidos grasos esenciales, de la carne de alpaca presentaron un 6,02 de C18:2 *n*-6 (ácido linoleico), y un 1,75% de C18:3 *n*-3 (ácido linolénico). En cuanto al contenido de C18:2 *n*-6, la grasa intramuscular de alpaca tuvo el doble de la grasa intramuscular de llamas peruanas (3,13%) (Salvá 2009).

La concentración de *n*-3 en la carne de los rumiantes está significativamente influenciada por la dieta, de forma que una dieta rica en hierba y forraje se relaciona con

mayores cantidades de ese ácido graso en la carne (Wood *et al.* 2003). Además de tomar la consideración de que la castración también tiene una influencia significativa en el incremento del ácido linolénico en la grasa intramuscular (Coates & Ayerza 2004).

La cantidad total de ácido linoleico conjugado (CLA) en carne de alpaca es de 1,2% (Salvá 2009). Estos valores están entre los rangos reportados para vacuno (0,12-1,0%) y cordero (0,43-1,9%) (Schimid *et al.* 2006). La elevada cantidad de CLA en la carne de animales criados bajo sistemas de pastoreo, es imputada a la elevada cantidad de C18:3 n-3 contenida en los pastos y forrajes (Schimid *et al.* 2006).

La alimentación de las alpacas se basa, únicamente, en el pasto por lo que su cantidad de CLA es relativamente elevada. Se sabe que el CLA en la dieta tiene implicaciones positivas para la salud. Por ejemplo, la suplementación de la dieta con CLA (en cantidades tan bajas como el 0,25-1% de la grasa total de la dieta) parece ejercer un efecto antimutagénico en animales de experimentación (Higgs 2000; Eynard & López 2003). Además, el CLA parece comportarse como un factor de protección en la aterosclerosis, aparición de la diabetes y en la modificación de la masa muscular (Salvá 2009).

b. Propiedades tecnológicas

Las propiedades tecnológicas de la carne permiten evaluar su aptitud para las diferentes etapas de conservación, comercialización, industrialización y preparación para el consumo. Algunas propiedades tecnológicas importantes son el pH, la textura, y el color.

El pH es un parámetro importante relacionado con la susceptibilidad de la carne a su deterioro y se usa para decidir sobre el tipo de procesamiento al que se va a destinar la carne. El pH depende de factores, tales como: el estrés ante-mortem al que ha sido expuesto el animal, factores genéticos predisponentes a dicho estrés, condiciones post-mortem, la región anatómica, entre otros.

La alpaca parece ser poco susceptible a la pérdida de calidad de la carne debida al estrés y no suele presentar estos defectos. Así midieron el pH en las canales de 20 llamas y 40 alpacas machos de la estación experimental de Arequipa (Perú) tras 1, 6, 12, 24, 48 y 72 h *post-mortem*, observando en todos los casos un proceso glicolítico normal, alcanzándose

finalmente valores de pH en torno a 5,5. Respecto a la región anatómica, el pH puede variar, como se puede apreciar en la Cuadro 8, donde se observa que el lomo fue la carne con menor valor de pH (Cristofanelli *et al.* 2004).

Cuadro 8: Valores de pH en diferentes cortes de alpaca.

Corte	pH
Pierna	6,18
Brazuelo	5,85
Lomo	5,57

Fuente: (Cabrera 2003; Zorosgastúa 2004)

A pH 5 la mayoría de las proteínas cárnicas se encuentran en su punto isoelectrico (PI), en el cual las moléculas proteicas no atraen a las moléculas de agua y tampoco hay repulsión entre ellas. Por encima del punto isoelectrico, aumentan la carga neta y la atracción entre la proteína y el agua y hay repulsión entre las moléculas de proteína con cargas del mismo signo, aumentando el tamaño del espacio entre las miofibrillas (Salvá 2009).

La adición de sales (cloruro de sodio y fosfatos) a la carne se encuentra a pH mayor que 5, la capacidad e retención de agua (CRA) se incrementa, pero si el pH es menor que 5, la CRA sufre decremento. Esto es un hecho experimental y existen numerosas hipótesis para explicarlo. Entre ellas, la más aceptable es que el ión Cl^- es más activo que el ión Na^+ a la hora de interactuar con las proteínas. Los fosfatos también mejoran la CRA cuando el pH es mayor que el del punto isoelectrico (Salvá 2009).

c. Calidad higiénica

La Norma Técnica Peruana 201.043 (INDECOPI, 2005) señala que la carne de alpaca debe ser obtenida de animales sanos, sacrificados y faenados bajo inspección veterinaria en mataderos autorizados. También menciona que no debe tener residuos de antibióticos, conservantes, ablandadores o sustancias que por su naturaleza atenten contra la salud del consumidor. En el Cuadro 9 se pueden observar los requisitos microbiológicos para carne de alpaca, establecidos en dicha norma (Salvá 2009).

2.4.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL FRUTO

Las nueces tienen gran valor nutritivo. Son una importante fuente de lípidos (65,2%), proteínas (15,2%) e hidratos de carbono (13,7%). Aportan al organismo alrededor de 654 kilocalorías cada 100 gramos de producto. Debido a que su contenido de agua es reducido (4%) comparado con otros frutos, vegetales y la carne, que pueden contener entre 60% y 90%, se puede decir que constituye un alimento “concentrado”, estas y otras características nutricionales se detallan en el Cuadro 10 (Souci *et al.* 1989).

Otra característica significativa es el contenido de vitaminas y minerales. Entre las primeras se destacan los folatos y la vitamina A, aunque también es importante el contenido de vitamina E, con comprobada acción antioxidante (reduce el deterioro de las células del cuerpo) (Serrano 2006).

Estudios recientes comprueban que ésta última disminuye el riesgo de trastornos cardiovasculares, además de algunos cánceres. Sin embargo, no sólo la vitamina E es antioxidante, las vitaminas en general desempeñan esta misma función (Serrano 2006).

Respecto a su perfil de minerales, son importantes las cantidades que presenta de potasio, fósforo, magnesio y calcio, elementos cuyo déficit puede provocar diversos trastornos, ya que forman parte de la estructura ósea y dental, regulan el balance de agua dentro y fuera de la célula e intervienen en la excitabilidad nerviosa y en la actividad muscular, entre otras funciones (Souci *et al.* 1989).

Una mención especial merece la composición de lípidos de las nueces (Cuadro 11), que muestra nada despreciables cantidades de grasas monoinsaturadas y una importante cantidad de grasas poliinsaturadas. Las primeras, consumidas en cantidad suficiente protegen nuestro sistema cardiovascular; reducen los niveles de colesterol total en sangre. Las segundas también colaboran con la reducción del colesterol total y los niveles de triglicéridos en sangre, además de presentar acción anti- agregante plaquetaria (reducen el riesgo de formación de trombos o coágulos) (Serrano 2006).

Cuadro 10: Composición química del fruto por 100 g.

Componente:	Cantidad Cruda
Agua	4 g
Energía	654 Kcal
Grasa	65 g
Proteína	15,23 g
Hidratos de Carbono	13,7 g
Fibra	6,7 g
Potasio	441 mg
Sodio	2 mg
Fósforo	346 mg
Calcio	98 mg
Magnesio	158 mg
Hierro	2,9 mg
Zinc	3 mg
Cobre	1,5 mg
Vitamina C	1,3 mg
Vitamina B ₁	0,34 mg
Vitamina B ₂	0,15 mg
Vitamina B ₆	0,53 mg
Vitamina A	41 UI
Vitamina E	2,9 mg
Folacina	98 µg
Niacina	1,9 mg

Fuente: (USDA - Department of Agriculture USA 2004).

Cuadro 11: Perfil de ácidos grasos de la nuez

Lípidos		
Compuesto	Unidad	Valor cada 100 gramos
Ácidos grasos saturados	g	6,13
Ácidos grasos mono insaturados	g	8,93
Ácidos grasos poli-insaturados	g	47,17

Fuente: (USDA - Department of Agriculture USA 2004).

2.4.2. OTROS USOS

De la semilla se obtienen aceites empleados en cosmética, para la fabricación de jabón y como secante de pinturas y con la cáscara de la nuez pueden hacerse infusiones con propiedades astringentes (Sabaté 1999).

Su madera es pesada y dura, utilizada como combustible y para la fabricación de muebles y aperos (Kris-Etherton *et al.* 2001).

2.4.3. IMPLICACIONES DE LOS COMPONENTES BIOACTIVOS DE LAS NUECES EN LA SALUD

Existen estudios epidemiológicos que demuestran que los frutos secos presentan beneficios sobre la salud, relacionando su consumo con una menor incidencia del riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares (Lavedrine *et al.* 1999; Sabaté 1999).

También presentan efectos beneficiosos sobre varios tipos de cáncer, diabetes tipo 2 y obesidad (Fraser 1999; González *et al.* 2001; Rui Jiang *et al.* 2002). Estas evidencias ponen de manifiesto que la ingesta de frutos secos es una forma fácil de prevenir las enfermedades que son la mayor causa de morbi- mortalidad del mundo occidental (Krauss *et al.* 2000).

El consumo regular de nueces produce una disminución entre un 4 – 12% del colesterol total y un 8-16 % del LDL-colesterol (Sabaté *et al.* 1993; Chisholm *et al.* 1998; Iwamoto *et al.* 2000; Zambón 2000). Sin embargo, los efectos entorno al HDL-colesterol son dispares, un estudio demostró una reducción en un 5 % (Sabaté *et al.* 1993), otro ha detectado un incremento de un 14% (Chisholm *et al.* 1998), mientras que otros no han encontrado cambios (Iwamoto *et al.* 2000; Zambón 2000).

En cuanto a los triglicéridos ciertos estudios no mostraron variaciones (Sabaté *et al.* 1993; Chisholm *et al.* 1998; Iwamoto *et al.* 2000), sin embargo, en otro se observó una reducción de un 68% de los triglicéridos plasmáticos (Zambón *et al.* 2000).

Cuadro 9: Requisitos microbiológicos para carne de alpaca fresca y congelada.

Indicador microbiológico	Límite
Recuento de microorganismos aerobios mesófilos	Menor a 10^6 ufc/g
Detección de Salmonella	Ausencia en 25g
Recuento de Escherichia coli	Menor a 10^2 ufc/g
Numeración de bacterias psicrófilas	Menor a 10^5 ufc/g
Recuento de coliformes totales	Menor a 10^2 ufc/g
Numeración de Staphylococcus aureus	Menor a 10^2 NMP/g

Fuente: (INDECOPI 2005).

2.4. LA NUEZ

La nuez es el fruto del *Juglans regia*, nombre científico de la especie más difundida del nogal (Figura 3). Es un fruto seco muy nutritivo y energético, rico en proteínas, vitaminas, minerales, fibra y ácidos grasos beneficiosos para el organismo (Sabaté 1999).

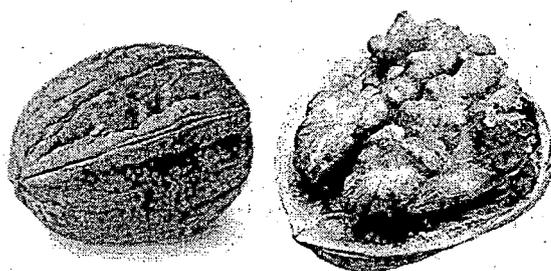


Figura 3: Nuez común o americana (*Juglans regia* L)

Fuente: (Sabaté 1999).

- **Nombre común o vulgar:** Nuez americana, Nueces americanas, Nogal americano, Nueces de pacana, Nuez Pecán, Pecana, Pacano, Pecadero, Nogal de Illinois, Nogal pacanero, Nogal pecanero, Nuez de Illinois, Pacán
- **Nombre científico o latino:** *Juglans regia*
- **Familia:** Juglandáceas (Juglandaceae).
- **Origen:** EE.UU. y México.

El efecto hipocolesterolemizante de las nueces puede ser comparable al observado en otras fuentes de ácidos grasos insaturados como el aceite de oliva. Además después del consumo de nueces, las LDL-colesterol no incrementan su oxidabilidad comparadas con las aisladas tras la ingesta de una dieta tipo mediterránea (Zambón 2000).

Los responsables de los efectos de las nueces sobre la salud son sus componentes bioactivos (muchos de ellos esenciales), que actúan sobre diversos biomarcadores (Fraser 1999; Kris-Etherton *et al.* 2001).

La composición mayoritaria de los frutos secos (agua, proteínas, lípidos, hidratos de carbono y fibra) es similar en todos ellos. Sin embargo, dos son los elementos principales que hacen a las nueces poseer una composición única y diferente al resto de frutos secos, su perfil lipídico (elevado contenido en PUFA n-3) y su contenido en antioxidantes. El contenido en ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) n-3 se debe principalmente al α -Linolénico (LNA), presente en una proporción de hasta el 6%, mientras que en otros frutos secos no llega al 1%. Por ello se puede considerar la fuente más importante de LNA, después de la procedente del consumo de pescado (Albert *et al.* 2002). Además poseen un perfil lipídico excelente desde el punto de vista nutricional (Cuadro 8), siendo los ácidos grasos oleico y LA más del 75% del total de lípidos, mientras que los SFA no superan el 7 % (Figura 4).

Asimismo, las nueces se encuentran entre los alimentos vegetales que más cantidad de antioxidantes poseen, siendo los principales la vitamina E, polifenoles, selenio, cinc, magnesio y el ácido fólico (Brown & Hu 2001; Halvorsen *et al.* 2002). El contenido en vitamina E (tocoferol) de las nueces es elevado comparado con otros frutos secos (almendras, avellanas). Las nueces contienen niveles muy bajos de α -tocoferol (2 mg vs. 25 mg/100 g en avellanas y almendras), pero altos de γ -tocoferol (40 mg vs. 2 mg/100 g en avellanas y almendras) (Souci *et al.* 1989).

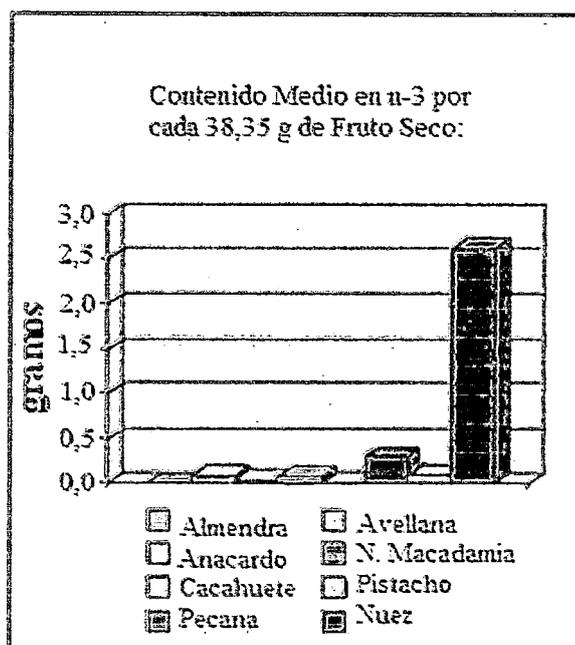


Figura 4: Contenido en PUFA *n*-3 de los frutos secos.

Fuente: (Walnuts 2005).

En estudios epidemiológicos de sujetos con enfermedad coronaria isquémica, que han sufrido infarto de miocardio, se han detectado bajos niveles de γ -tocoferol en sangre, pero no de α -tocoferol (Ohrvall *et al.* 1996; Kristenson *et al.* 1997; Kontush *et al.* 1999; Ruiz-Rejón *et al.* 2002). Esto puede ser debido entre otros factores a que las células prefieren la captación de γ -tocoferol y este a su vez favorece la captación de α -tocoferol, activando de este modo su efecto antioxidante (Gao *et al.* 2002).

Cuadro 12: Composición media (por ciento) de frutos secos de mayor consumo.

	ALMENDRA (<i>Prunus amygdalus</i>)	AVELLANA (<i>Corylus avellana</i>)	CACAHUETE (<i>Arachis hypogoea</i>)	NUEZ (<i>Juglaris regia</i>)
Agua	4,4%	5,4%	6,5%	4,1%
Proteína	20%	13%	26%	15,2%
Lípidos	52%	63%	45%	65,2%
Carbohidratos	20%	15%	16%	13,7%
Fibra	11%	6%	9%	6,7%
Kcal/100 g	589	632	567	654

Fuente: (USDA - Department of Agriculture USA 2004).

Debido a su origen vegetal las nueces no poseen colesterol, pero sí en cambio fitoesteroles como β -sitosterol (en mayor proporción), el estigmasterol y el campesterol, que poseen propiedades hipocolesterolemiantes debido a su similitud estructural con el

colesterol (Cuadro 13). Ingestas elevadas de estos compuestos reducen la absorción del colesterol intestinal y biliar, decreciendo los niveles plasmáticos de colesterol (Ikeda & Sugano 1998).

Cuadro 13: Contenido medio en ácidos grasos, minerales, vitaminas E y B9, y fitosteroles de las nueces (*Juglans regia*).

ÁCIDOS GRASOS (g/100g)		MINERALES (mg/100g)	
16:0	4,40	Calcio	98,00
C18:0	1,66	Hierro	2,92
C20:0	0,06	Magnesio	158,00
SFA	6,12	Fósforo	346,00
C18:1 n-9/n-7	8,80	Potasio	441,00
C20:1 n-9/n-11	0,13	Sodio	2,00
MUFA	8,93	Zinc	3,09
C18:2 n-6	38,09	Cobre	1,58
C18:3 n-3	9,08	Manganeso	3,41
PUFA	47,17	Selenio (µg/100g)	4,90
VITAMINAS (mg/100g)		FITOSTEROLES (mg/100g)	
Vitamina E	43,5	Estigmasterol	1
α-Tocoferol	1,7-1,9	Campesterol	7
β-Tocoferol	0,15	β-Sitosterol	64
γ-Tocoferol	20,8 - 40,4		
δ-Tocoferol	0,2 - 1,9		
Ácido Fólico	98		

Fuente: (USDA - Department of Agriculture USA 2004).

También poseen fibra mayoritariamente de tipo insoluble, que ejerce protección cardiovascular, la soluble mejora el control de la glicemia y es útil en la prevención y tratamiento de la obesidad (Jenkins *et al.* 2000).

Asimismo, las nueces contienen proteínas de alto valor biológico, ricas en arginina (2,28g / 100g) y poseen un bajo contenido en lisina (0,42g / 100g), proporcionando una baja relación lisina - arginina (0,28), favorable para la prevención de hipercolesterolemias y la agregación de las plaquetas. La arginina también posee un efecto inmunomodulador y precursor del óxido nítrico, vasodilatador endotelial capaz de reducir la adhesión y la agregación de las plaquetas (Sabaté *et al.* 1993). Su déficit va unido con una disfunción endotelial y por tanto un aumento del riesgo cardiovascular (Brown & Hu 2001).

2.5. TRANSGLUTAMINASAS

Las transglutaminasas (TGasas) son una familia de proteínas presentes en la mayoría de los tejidos y fluidos extracelulares de los vertebrados e involucradas en numerosos procesos biológicos tales como: coagulación sanguínea, cicatrización de heridas, queratinización de la epidermis y endurecimiento de la membrana de los eritrocitos. Se han encontrado en mamíferos, pescados, plantas y microorganismos. El papel fisiológico de las TGasas parece ser considerablemente diverso y varias enfermedades se han relacionado con deficiencias o sobreproducción de estas enzimas en el organismo humano (Wilhelm *et al.* 1996).

Se identificaron por primera vez como enzimas del hígado capaces de incorporar aminos dentro de las proteínas. Wilhelm *et al.* (1996) distinguieron varios tipos de isoformas de TGasas según la fuente de obtención y describieron distintos métodos de extracción, purificación y forma de determinar su actividad. La masa molecular de las diferentes isoformas determinadas por electroforesis (SDS-PAGE) y la fuente de obtención se presentan en el Cuadro 14.

Cuadro 14: Masa molecular de las diferentes isoformas de transglutaminasa

Enzima	Masa Molecular (kDa)	Fuente Obtención
Tgasa Secretoria	65 - 70	Próstata (cobayo, rata)
Tgasa Tisular	80 - 85	Hígado (cobayo, rata)
Tgasa Hemocítica	86	Eritrocitos (hombre)
Tgasa Queratinocítica	92	Hígado (rata)
Factor XII a	80	Plaquetas, Placenta, Plasma (hombre)
Tgasa Epidérmica	50	Piel (cobayo, hombre)

Fuente:(Wilhelm *et al.* 1996).

La TGasas obtenida a partir de hígado de cobaya fue la única fuente de enzima comercial durante varios años. A principios de los años 80, se llevaron a cabo los primeros experimentos en alimentos y se observó la posibilidad de modificar el comportamiento de las proteínas de la leche y de la soja, utilizando TGasas extraídas de hígado de cobaya y de plasma bovino (Ikura *et al.*, 1980). Con posterioridad se intentó obtener cantidades elevadas de la enzima mediante la manipulación genética usando microorganismos huéspedes como *Escherichia*, *Bacillus*, *Aspergillus* o *Saccharomyces*. No obstante,

ninguna de esas TGAsas se comercializó debido a la baja aceptación y al poco rendimiento obtenido (Seguro *et al.* 1996).

Finalmente, la producción para uso industrial fue posible por el aislamiento y purificación de una enzima secretada por un microorganismo taxonómicamente clasificado como una variante de *Streptoverticillium mobaraense*, actualmente denominada *Streptomyces mobaraense* (Seguro *et al.* 1996). Esta enzima se caracteriza por formar enlaces covalentes con la proteínas, que es la propiedad fundamental de la TGasa, y se la denominó Transglutaminasa Microbiana (MTGasa) (Nonaka *et al.* 1989).

Las transglutaminasas son proteínas- γ -glutaminiltrasferasa (EC 2,3,2,13) (Nomenclature Committee of the International Union of Biochemistry and Molecular Biology, 1992).

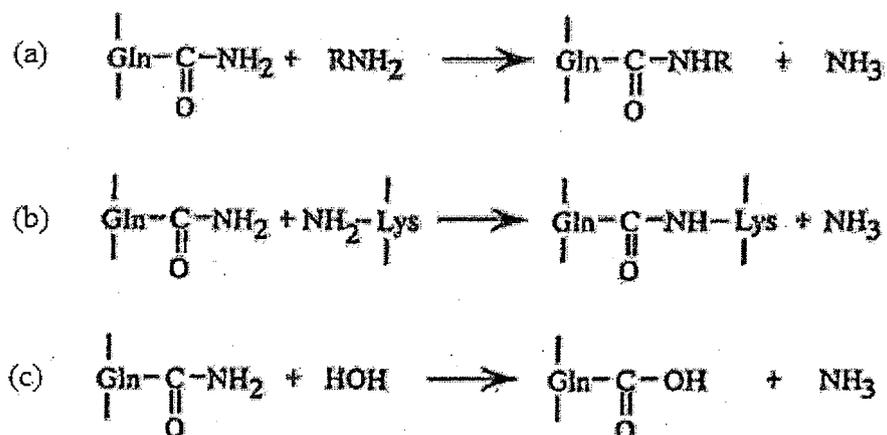


Figura 5: Reacciones de la transglutaminasa

Fuente: (Nonaka *et al.* 1989).

Catalizan la reacción de transferencia de grupos acil entre el grupo γ -carboxiamida de un péptido ligado a un residuo de glutamina (donador de acilos) y una gran variedad de aminas primarias (aceptor de acilos), incluyendo el grupo amino de la lisina (Figura 5a). Cuando el grupo ϵ -amino de la lisina es el sustrato, las cadenas de péptidos quedan unidas a través de enlaces covalentes ϵ -(γ -glutaminil) lisina (G-L) (Figura 5b). En ausencia de sustratos con grupos amino, la transglutaminasa cataliza la hidrólisis del grupo γ -carboxiamida del grupo glutaminil (Figura 5c) dando lugar a una desaminación (Motoki & Seguro 1998).

2.5.1. TRANSGLUTAMINASA MICROBIANA

La Transglutaminasa Microbiana (MTGasa) suele ser obtenida a partir de *Streptoverticillium sp.* es secretada en el medio de cultivo desde la membrana citoplasmática como un zimógeno y se activa por un proceso proteolítico, por lo que no requiere de disrupción celular para su obtención (Zhu *et al.* 1995).

Es una proteína simple, monomérica que consiste en 331 aminoácidos y su masa molecular calculada a partir de su composición de aminoácidos es de 37,863 kDa. Posee una estructura cristalina con una profunda hendidura en uno de los lados de la molécula donde se encuentra el residuo catalítico de Cisteína (Cys⁶⁴) (Kuraishi *et al.* 2001).

La estructura compacta que posee la MTGasa es totalmente diferente a la que se obtiene del plasma humano (F XIIIa) y de la de tipo tisular derivada de hígado de pescado (FTGasa), las cuales sí se parecen considerablemente (Noguchi *et al.* 2001).

En la estructura tridimensional de la TGasa F XIIIa, un residuo de tirosina (Tyr) restringe la accesibilidad del sitio activo y posiblemente los iones Ca²⁺ causan un cambio estructural que libera al residuo de Tyr y permite que se forme un complejo intermedio acil-enzima. Sin embargo, en la MTGasa, el residuo catalítico Cys⁶⁴ está suficientemente expuesto al solvente lo que le permite reaccionar rápidamente con el sustrato. Esta diferencia entre los dos tipos de enzima marca su utilización en cuanto a la especificidad del sustrato y la velocidad de reacción de la misma (Shimada *et al.* 2008).

La MTGasa se caracteriza por catalizar la formación de enlaces ε-(γ- glutaminil) lisina en la mayoría de las proteínas que contengan glutamina y lisina, como son: caseínas, globulinas de soja, gluten, proteínas de huevo, miosina y fibrina, entre otras, pero debe tenerse en cuenta que la cantidad de enlaces cruzados formados dependerá de la estructura macromolecular de cada sustrato (Dickinson 1997).

Dado que los residuos de glutamina residen en regiones flexibles de la cadena polimérica o en regiones con giros β o inversos, las caseínas se convierten en excelentes sustratos (Nio *et al.* 1986).

Los enlaces ϵ -(γ -glutaminil) lisina, que forma la MTGasa, son digeridos por las enzimas digestivas de todos los mamíferos que rompen los polipéptidos en aminoácidos, pero mantienen los dipéptidos ϵ -(γ -glutaminil) lisina intactos. Éstos serán posteriormente absorbidos en las paredes intestinales y se transportarán al hígado, donde son metabolizados por dos enzimas que van a degradar estos enlaces: la γ -glutamyltransferasa (EC 2,3,2,2) y la γ -glutamyl-ciclotransferasa (EC 2,3,2,4), generando lisina libre. Además se ha comprobado que la lisina proveniente de los enlaces cruzados se incorpora a los tejidos y es aprovechada por el organismo (Seguro *et al.* 1996).

Los enlaces ϵ -(γ -glutaminil) lisina se presentan de manera natural en numerosos alimentos, como son: huevos de varias especies de pescado (salmón, arenque y sardina (Kumazawa *et al.* 1996), así como en diversos alimentos tanto frescos como procesados de pescado, crustáceos, carnes, aves y soja (Sakamoto *et al.* 1995). Por el contrario no se hallaron en la leche y productos lácteos, debido posiblemente a la existencia de un péptido inhibidor de la actividad transglutaminasa existente en leche de bovino, cabra y oveja (de Jong *et al.* 2003). La mayor cantidad de estos enlaces se encuentra en productos de pescado procesados térmicamente como el *kamaboko* (gel termoestable obtenido tras aplicar temperaturas superiores a 60°C posteriormente a solubilización de su proteína), o cárnicos, tales como pollo frito, cerdo asado y hamburguesas cocinadas, como consecuencia de la deshidratación de los grupos ϵ - amino de la lisina y los γ -carboxilo de la glutamina lo que favorece la formación de dichos enlaces (Gerrad 2002). Por otra parte, la MTGasa es también capaz de incorporar aminoácidos o péptidos a sustratos de proteínas, lo cual puede aumentar el valor nutricional de los alimentos porque los aminoácidos o dipéptidos incorporados covalentemente se comportan como aminoácidos endógenos (Nonaka *et al.* 1996).

No se conocen estudios específicos enfocados a determinar los límites legales y las condiciones de empleo de la MTGasa. Aunque se ha señalado que su empleo podría aumentar el riesgo de inducir reacciones alérgicas, indicaron que no existía ningún problema de seguridad con el potencial alérgico de la MTGasa (Pedersen *et al.* 2004; Poulsen 2004).

2.5.2. PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS.

La MTGasa es estable en un amplio rango de pH, entre 4 y 9, aunque su óptimo se localiza entre 6 y 7. Su punto isoeléctrico es 8,9 y pese a que su temperatura óptima de actividad se encuentra entre 45-50°C a pH 6, mantiene su actividad a temperaturas de entre 0 a 50°C (Ajinomoto 2009). A temperaturas de congelación posee aún cierta actividad, pero su inactivación es irreversible a temperaturas de más de 80°C (Ando *et al.* 1989; Menéndez *et al.* 2006).

Como ya ha sido comentado con anterioridad, a diferencia de la transglutaminasa endógena, la MTGasa es totalmente independiente del calcio (Motoki *et al.* 1990).

Esta característica es muy importante a la hora de modificar las propiedades funcionales de las proteínas debido a que muchas de las proteínas presentes en los alimentos, como son las caseínas, globulinas de soja y miosina, son susceptibles a la presencia de Ca^{2+} , facilitando éste su precipitación, mientras que otros cationes como K^+ , Na^+ , Mg^{2+} y Ba^{2+} no afectan a su actividad enzimática (Tsai *et al.* 1996; Matsumura *et al.* 2000). Por otra parte, la MTGasa, puede establecer enlaces cruzados con un mayor número de proteínas que cualquier otra TGasa obtenida de mamíferos (de Jong *et al.* 2001).

2.5.3. APLICACIONES

Tanto la estructura como las propiedades de la MTGasa, le confieren características adecuadas para ser un aditivo de amplio empleo en la industria alimentaria. Estas características son:

- Trabajar en un amplio rango de pH
- Temperatura de actividad baja y media
- Elevada velocidad de reacción
- Baja masa molecular
- Totalmente independiente de Ca^{2+}
- Baja especificidad de sustrato
- Baja actividad de desaminación

En la actualidad, la MTGasa es empleada para mejorar las propiedades físicas de muchos alimentos ricos en proteínas, como la carne, lácteos, o de soja, etc. (Kuraishi *et al.* 2001; Pszczola 2002) e incluso en productos de panadería, aunque su empleo en la elaboración de productos a partir de músculo de pescado es aún poco frecuente y menos aún cuando se quiere que estos productos mantengan su aspecto de crudo durante la comercialización.

Los enlaces cruzados que se forman como consecuencia de su adición mejoran varias de las propiedades funcionales de las proteínas como son: la capacidad emulsionante, la solubilidad y la gelificación, sin embargo los altos costos y la poca disponibilidad de estas enzimas limitaron su uso en la industria alimentaria durante un periodo de tiempo (Motoki & Seguro 1998).

Entre las aplicaciones más características de la MTGasa tanto en la industria alimentaria como fuera de ella caben destacar:

a. Carne y productos cárnicos

La reestructuración de la carne fresca ha sido una de las principales aplicaciones de las MTGasas, empleándose para reestructurar piezas de carne de bajo coste a fin de mejorar su valor comercial (Lee & Park 2003). La combinación de MTGasa y caseinatos permitía ligar piezas de carne a bajas temperaturas sin necesidad de añadir NaCl dando lugar a un producto cárnico reestructurado con reducida concentración de sal (Kuraishi *et al.* 1997). La MTGasa se ha empleado en productos elaborados a partir de carne de cerdo, bovino, pollo y cordero, habiéndose demostrado que la eficiencia de la enzima varía con la especie animal (Carballo *et al.* 2006).

La capacidad que presenta la miosina de formar un gel al formarse gran cantidad de enlaces ϵ -(γ -glutaminil) lisina, como consecuencia de la adición de MTGasa, es un factor de máxima importancia en la preparación tanto de jamones y salchichas (Kuraishi *et al.* 1998), reestructurados de pollo, como de cualquier otro tipo de producto reestructurado a partir de músculo de ternera o cerdo (Kolle & Savell 2003; Katayama *et al.* 2006). Varios investigadores han estudiado el efecto de la concentración de enzima, sal y fosfatos sobre

las características de los productos cárnicos, a fin de aumentar sus propiedades ligantes sin necesidad de aumentar la concentración de NaCl (Huffman *et al.* 1987; Jiménez *et al.* 2003; Carballo *et al.* 2006; Cofrades *et al.* 2006) Mediante su empleo se mejora la estabilidad de las emulsiones proteicas y se incrementa la capacidad emulsionante de los homogenizados de pollo (Ruiz-Carrascal & Regenstein 2002) y se mejoran las propiedades físico-químicas de reestructurados (Ramírez *et al.* 2002; Jiménez *et al.* 2003; Cofrades *et al.* 2006) La MTGasa ha sido empleada para elaborar productos cárnicos reestructurados en frío (Kuraishi *et al.* 1997; Moller *et al.* 1997; Cofrades *et al.* 2006), e incluso dada su capacidad de modificar las propiedades de las proteínas, también se ha empleado como sustituto de la grasa tanto en productos cárnicos como derivados de la pesca (Novo-Nordisk 1995).

El estudio de diversos ingredientes no cárnicos en combinación con la enzima para modificar las características de textura y retención de agua en diversos productos cárnicos ha sido también ampliamente estudiado. Entre estos estudios cabe destacar la combinación de la MTGasa con caseinatos (Carballo *et al.* 2006), carragenatos (Pietrasik 2003), soja (Muguruma *et al.* 2003), albumen de huevo (Pietrasik 2003), nueces (Cofrades *et al.* 2006), surimi (Dondero *et al.* 2006) y plasma sanguíneo (Jarmoluk & Pietrasik 2003).

b. Pescado y productos de la pesca

El empleo de transglutaminasa, tanto endógena como microbiana, mejora la formación de geles de pescado. La MTGasa ha sido empleada para obtener *surimi* de jurel (*Trachurus murphyi*) y abadejo de Alaska (*Theragra*) ((Asagami *et al.* 1995; Gilleland *et al.* 1997; Dondero *et al.* 2002). En este sentido, Asagami *et al.* (1995) adicionaron MTGasa en el *surimi* congelado de diferentes especies, los resultados demostraron que los efectos de la MTGasa no sólo dependían de la especie de la que se extrae el músculo sino que también depende de otros factores como por ejemplo su frescura. Su empleo se realizó en combinación con tratamientos térmicos para la obtención de mejores geles empleando platija mejicana (*Cyclopsetta chittendeni*) o músculo de abadejo de Alaska (*Alaska pollock*) (Seki *et al.* 1990; Uresti *et al.* 2003; Ramírez *et al.* 2006) o para mejorar el proceso de reestructuración a partir de restos de músculo de pescado de carpa plateada reduciendo el contenido en NaCl (*Hypophthalmichthys molitrix*) (Ramírez *et al.* 2002; Téllez-Luis *et al.* 2002).

Estos estudios confirmaron que la reducción de NaCl, de 2% a 1% en la elaboración de reestructurados, empleando MTGasa, permitía la obtención de reestructurados de apropiadas propiedades físico-químicas. En la actualidad es posible elaborar reestructurados elaborados a partir de músculo picado (*Ictalurus punctatus*) empleando MTGasa (0,05-0,1%) y aislados proteicos de soja (1,7%) sin emplear fosfatos (Min y Green, 2008). Por otra parte, su empleo es también conocido en la elaboración de productos pesqueros elaborados a partir de una masa de huevas de bacalao a la que se incorpora MTGasa (Ajinomoto 1994).

Recientemente y con el claro objetivo de incrementar el valor comercial de algunas especies de pescado, se ha propuesto utilizar la MTGasa a bajas temperaturas en la combinación con altas presiones en productos reestructurados de pescado a partir de platija o halibut del pacífico (*Atheresthes stomias*). Los resultados muestran, que los tratamientos con altas presiones mejoran las propiedades mecánicas de los geles de músculo de pescado adicionados con MTGasa, ya que la presurización protege a las proteínas contra la agregación y desnaturalización proteica como consecuencia del tratamiento térmico posterior (Uresti *et al.* 2006).

El empleo de MTGasa y colágeno de pescado para elaborar huevas de bacalao a las que pueden incorporarse otros ingredientes tales como pimienta roja, es una de la últimas aplicaciones conocidas en la que se ha empleado (Ogawa 2008).

c. Otras aplicaciones

Cuando la enzima se añade a productos lácteos, es posible mejorar la fuerza de gel, las propiedades mecánicas y la capacidad de retención de agua, aumentar la viscosidad, la estabilidad, la coagulación enzimática y disminuir la permeabilidad de los geles. Uno de los mayores campos de aplicación de la MTGasa en la industria láctea es la elaboración de yogurt, ya que disminuye la sinéresis e incrementa la fuerza de gel (Lauber *et al.* 2000).

La caseínas son particularmente buenos sustratos para la MTGasa, en cambio, las proteínas del suero tienden a ser menos eficaces en la formación de los enlaces cruzados debido a su estructura globular (Sharma *et al.* 2002) y en un sistema mixto, como la leche,

las caseínas forman enlaces cruzados preferentemente con las proteínas séricas. La inclusión de la MTGasa acelera la velocidad de formación de los geles de caseína, y les proporciona una mayor viscoelasticidad en relación con los geles obtenidos por acidificación o por renina (Flanagan *et al.* 2003).

La adición de la enzima mejora la característica textura del “tofu” (gel a partir de proteína de soja) y evita la pérdida de agua durante la esterilización posterior a fin de prolongar su vida útil (Kwan & Easa 2003). El tratamiento de las proteínas de soja con MTGasa y proteasas las hace muy adecuadas para mejorar el sabor de encurtidos y bebidas a las que se añaden (Kato & Nakamura 2006).

A partir de proteínas de leche, soja, pectina, colágeno, gelatina o mezclas entre sí en combinación con MTGasa, se han desarrollado películas comestibles muy resistentes (Oh *et al.* 2004; Yi *et al.* 2006; Kok & Park 2007).

Hoy en día existen métodos para la conservación de frutas y vegetales mediante el recubrimiento con una membrana conteniendo diversas proteínas y MTGasa (Takagaki *et al.* 1991).

2.6. REESTRUCTURADOS CÁRNICOS

Una fuente común para la producción de carne reestructurada es carne proveniente de los cuartos delanteros de las canales, músculos que están entre el cuello y la quinta costilla, incluyendo los músculos de las patas delanteras. Estos músculos se caracterizan por tener contenidos de grasa y tejido conectivo intramuscular, lo cual determina una gran variabilidad en palatabilidad y suavidad de los músculos individuales y además limita los márgenes de ganancia que se pueden obtener a través de su venta. Debido a que estos músculos constituyen cerca del 20% al 27% de la canal, se restringe las ganancias de cerca de un tercio de la canal. Los músculos provenientes de los cuartos delanteros tienen un rendimiento promedio de 30% de músculo magro disponible para reestructuración. Debido a la variabilidad de dicho rendimiento se debe determinar qué músculos deberían usarse en

líneas de producción considerando la dificultad para remover el tejido conectivo (Ruiz *et al.* 1993).

2.6.1. MÉTODOS DE REESTRUCTURACIÓN DE CARNE

La mayoría de los métodos para reestructurar carne se basan en la extracción de proteínas usando sal, fosfatos y manipulación mecánica. Posteriormente se aplica calor para formar una matriz de proteínas gelificadas. Estos productos deben ser comercializados precocidos o congelados porque las partículas de carne no se mantienen unidas cuando están crudas (Ruiz *et al.* 1993).

La oxidación de lípidos, decoloración y baja aceptación de los consumidores son los principales problemas de los productos congelados (Ruiz *et al.* 1993).

Existen métodos de reestructuración que permiten vender productos reestructurados crudos a temperatura de refrigeración. Algunos sistemas conocidos son Fibrimex™®, Alginato [SMR] y Activa GS® (Boles 2007). Fibrimex™® se basa en el principio de coagulación de la sangre en el cual el fibrinógeno es activado por la enzima trombina para formar la fibrina que puede ser usada como gel natural en la reestructuración de carne (Fibrimex 2004). El ácido algínico es una goma viscosa que es usada junto con alguna fuente de calcio como agente gelificante (Boles 2007). Activa GS® tiene como componente activo la enzima transglutaminasa que puede catalizar la formación de uniones entre proteínas (Griffin *et al.* 2002). Fibrimex es el único de los anteriores productos aprobado en Canadá, mientras que Activa, alginatos y Fibrimex son aprobados por Japón y los Estados Unidos de Norteamérica (Boles 2007).

Se realizaron estudios a cerca de la reestructuración de músculos del pecho de la res usando la enzima transglutaminasa. En pruebas sensoriales descriptivas y de aceptación donde los panelistas evaluaron y compararon carne reestructurada con lomo (“striploin”), ambos marinados y sin marinar, y asados en parrilla, la carne reestructurada fue calificada de manera similar al lomo en los atributos de aceptación general y otros atributos individuales como suavidad, textura general y firmeza (Desmond *et al.* 2001).

La reestructuración con surimi junto a un estudio con los músculos *biceps brachii*, *complexus*, *pectoralis profundus*, *infraspinatus*, *longissimus dorsi*, *rhomboideus*, *serratus ventralis*, *supraspinatus*, *triceps brachii*, *trapezius*, *deltoides* y músculos del cuello (provenientes de los cuartos delanteros de la res) fueron clasificados en tres grupos según su suavidad de acuerdo a la escala de suavidad (Paterson & Parrish 1986). El método de reestructuración con surimi consiste en cortar tiras carne libre de tejido conectivo y grasa superficial; activar el surimi picándolo y agregándole sal; masajear la carne con tripolifosfato de sodio y surimi activado; empacar en moldes y al vacío; y almacenar a temperatura de refrigeración. Ciento cinco panelistas no percibieron diferencias en suavidad, sabor y preferencia general entre las carnes reestructuradas correspondientes a los tres grupos de músculos inicialmente fijados; el sabor fue percibido como el de un “filete típico” y la preferencia general estuvo en el punto medio de la escala usada (Ruiz *et al.* 1993).

2.6.2. DISMINUCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA, SAL, FOSFATOS Y MASAJEO

La disminución del tamaño de partícula tiene por objetivo romper la estructura muscular y mejorar la suavidad de la carne. Molinos, cortadoras en cubos y rebanadoras son algunos ejemplos de máquinas usadas para reducir el tamaño de partículas de carne.

Es importante que la superficie de la carne a reestructurar esté libre de grasa y epimisio para permitir que la miosina y otras proteínas miofibrilares creen puentes de unión entre pedazos de carne (Shivar 1988; Ruiz *et al.* 1993). Un factor que afecta la cantidad de tejidos conectivo y graso que se debe remover de la carne es el tamaño de partícula de la misma, si ésta es mayor a 8mm (ocho milímetros) se debe tener mucho cuidado en la remoción de los tejidos antes citados (Boles 2007). La grasa puede ser reincorporada al producto reestructurado si es molida en partículas de 4mm (cuatro milímetros) o más pequeñas para mejorar la jugosidad (Boles 2007).

La sal tiene tres funciones en productos cárnicos: Extracción de proteínas, mejoramiento del sabor y preservación (Claus *et al.* 1994.). Además la adición de sal a la formulación de carne reestructurada mejora la respuesta de panelistas en análisis

sensoriales (Cross & Stanfield 1976). Los fosfatos son usados para mejorar la jugosidad y la textura, y para prevenir el enranciamiento de grasas en productos cárnicos procesados (Boyle 1995). Sal y fosfatos (0.2% de cada uno) y fosfato solo (0.5%) usados en la reestructuración de carne de res, actúan de igual manera disminuyendo la pérdida de agua durante la cocción y aumentando la unión de partículas de carne (Lamkey *et al.* 1986).

Se estudió el efecto del porcentaje de sal agregada (0 y 0.5%) y el tiempo de masajeo al vacío (0, 8, 16 y 24 minutos), entre otros factores, en las propiedades de carne (*beef steak*) de res seccionada y reestructurada. Un masajeo al vacío de 16 minutos mejora la cohesión y suavidad de la carne reestructurada. La jugosidad y el sabor no fueron afectados por tiempos de masajeo al vacío. Carne con 0.5% de sal agregada y masajeado al vacío de 16 minutos determinaron la mejor metodología de reestructuración (Booren *et al.* 1981).

En estudios sobre el efecto del tipo de músculo y el tiempo de masajeo se determinó que la suavidad de la carne mejoró en 20% después de 18 minutos de masajeo y 8% después de 6 minutos de masajeo. Además el masajeo aumentó la jugosidad y el sabor. El rendimiento después del cocción aumentó linealmente con el masajeo (Booren *et al.* 1981).

2.7. DISEÑO DE MEZCLAS

2.7.1. MARCO GENERAL

El desarrollo de cualquier nuevo producto alimenticio que involucre más de un ingrediente requiere alguna forma de experimento de mezcla, en contraposición a un experimento factorial. Este hecho es frecuentemente desconocido y, por lo tanto, se utilizan inapropiados diseños experimentales (Hare 1974).

La teoría general del diseño óptimo de experimentos se aplica a los experimentos de mezcla. Sin embargo, la restricción introduce algunas especiales características. En particular, los cambios en los valores de uno de los factores conducen a cambios en el valor de al menos de uno de los otros factores (Atkinson *et al.* 2007).

El diseño óptimo de experimentos se basa en una teoría que, como cualquier otra teoría general, proporciona una unificación de los muchos resultados por separado y una forma de la generación de nuevos resultados en situaciones nuevas (Atkinson *et al.* 2007).

Muchos productos están formados por la mezcla de dos o más ingredientes. Algunos ejemplos son los siguientes:

- Formulaciones para tortas, las cuales utilizan polvo de hornear, manteca, harina, azúcar y agua.
- Concreto formado por la mezcla de arena, agua y uno o más tipos de cementos.
- Señales luminosas o bengalas ferroviarias, las cuales son el producto de mezclar determinadas proporciones de magnesio, nitrato de sodio, nitrato de estroncio y una sustancia aglutinante.
- Bebida energizante obtenida a partir de jugos de sandía, pina y naranja.
- Revestimiento de película fotográfica elaborada a partir de la mezcla de una sal haloide de plata, un acoplador, dos solventes del acoplador y dos estabilizantes.
- Mezclas de tabaco, compuestas de tabaco ahumado, tabaco cíe hojas delgadas, una preparación turca y tabaco procesado.

En cada uno de los seis casos expuestos, generalmente una o más características de cada producto de interés para el productor o experimentador responsable de la mezcla de ingredientes. Tales características son:

- La esponjosidad o apariencia de la corteza de la torta, donde cualquiera de ellas está relacionada con las proporciones de los ingredientes.
- La dureza o fuerza de compresión (medida en libras por pulgada cuadrada) del concreto, que es una función de los porcentajes de cemento, arena y agua en la mezcla.
- La iluminación (en pie-bujía) y la duración de la iluminación de las bengalas.

- El sabor frutado de la bebida energizante, el cual depende de los porcentajes de sandía, pina y naranja que están presentes en la misma.
- La estabilidad del color de las fotografías cuando son expuestas al calor y a la luz.
- El sabor y aroma de la mezcla de tabaco.

Como se puede apreciar, la característica medida en el producto final depende de los porcentajes o proporciones de los ingredientes individuales que están presentes en la formulación y por tal motivo está sujeta a cambios si dichos porcentajes o proporciones varían (Cornell 2002).

2.7.2. DEFINICIÓN

En un diseño de mezclas se asume que la respuesta medida es dependiente solamente de las proporciones de los ingredientes presentes en la mezcla y no de la cantidad de esta última (Cornell 2002).

La característica distintiva de un diseño de mezclas es que los factores controlables o independientes representan cantidades proporcionales de la mezcla, en vez de cantidades no circunscritas a ella; donde las proporciones son por volumen, por peso o por fracción molar. Las proporciones son no negativas y especialmente si estos son los únicos ingredientes a ser estudiados en las diferentes mezclas. Si la suma de las proporciones de los componentes es menor que la unidad, por ejemplo, si la suma es igual a 0,80 porque el 0,20 de la mezcla se mantiene constante, y se desea trabajar solo con las proporciones variables que suman 0,80, entonces dichas proporciones deben ser escritas como fracciones escaladas, de tal forma que estas sumen la unidad (Cornell 2002).

Claramente, si se hace q represente el número de ingredientes (o constituyentes) en el sistema bajo estudio, y se representa la proporción del i -ésimo constituyente o componente en la mezcla por X_i , entonces:

$$X_i \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, q \quad (1)$$

y

$$\sum_{i=1}^q X_i = X_1 + X_2 + \dots + X_q = 1,0 \quad (2)$$

En realidad, dado que en la Ecuación (2) una proporción individual X_i , puede ser uno, una mezcla podría ser un solo ingrediente o constituyente. Tal mezcla es llamada *mezcla pura o mezcla de "un solo componente"*. Las mezclas de un solo componente son usadas principalmente como un punto de referencia o estándar contra el cual son comparadas las mezclas o combinaciones multicomponentes (Cornell 2002).

En virtud de las restricciones sobre los X_i , mostradas en las ecuaciones (1) y (2), la descripción geométrica del espacio factorial que contiene a los q componentes estará compuesta por todos los puntos ubicados sobre o dentro de los límites (vértices, lados, caras, etc.) de una figura geométrica regular de " q " vértices (denominada *simplex*), de $(q-1)$ dimensiones (Cornell 2002).

Con tres componentes ($q = 3$), el espacio simplex factorial es un triángulo equilátero, y para $q = 4$, el simplex es un tetraedro. La Figura 6 muestra el espacio simplex factorial para tres componentes. 1, 2 y 3, cuyas proporciones están denotadas por X_1 , X_2 , y X_3 .

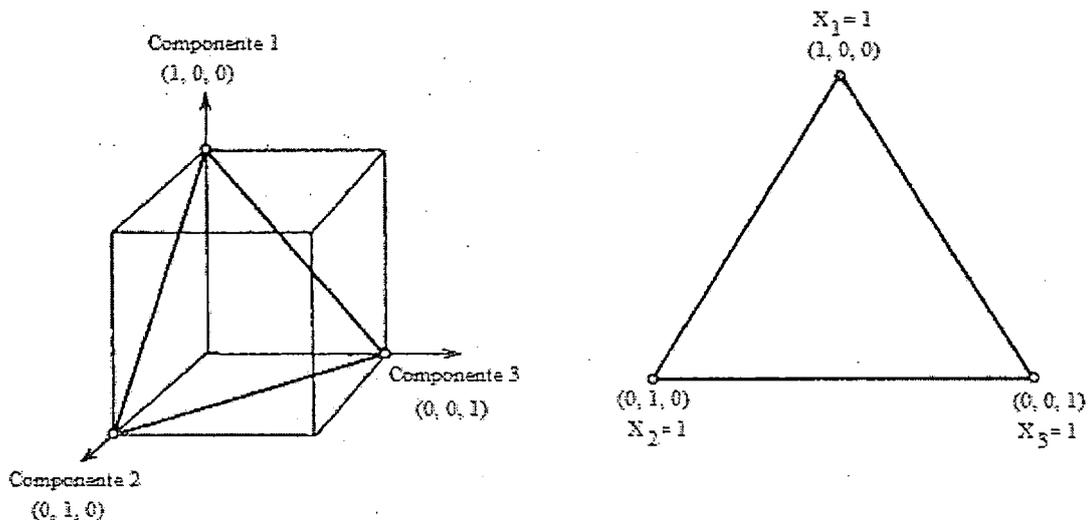


Figura 6: Región simplex para tres componentes

Fuente: (Cornell 2002).

El sistema de coordenadas usado para los valores de x_i , $i = 1, 2, \dots, g$, se denomina *sistema simplex coordinado* (Cornell 2002). Teniendo como ejemplo el caso de 3 componentes, las coordenadas pueden ser ploteadas sobre un papel cuadrulado triangular que tiene las líneas paralelas a los tres lados de un triángulo equilátero, tal como se aprecia en la Figura 7.

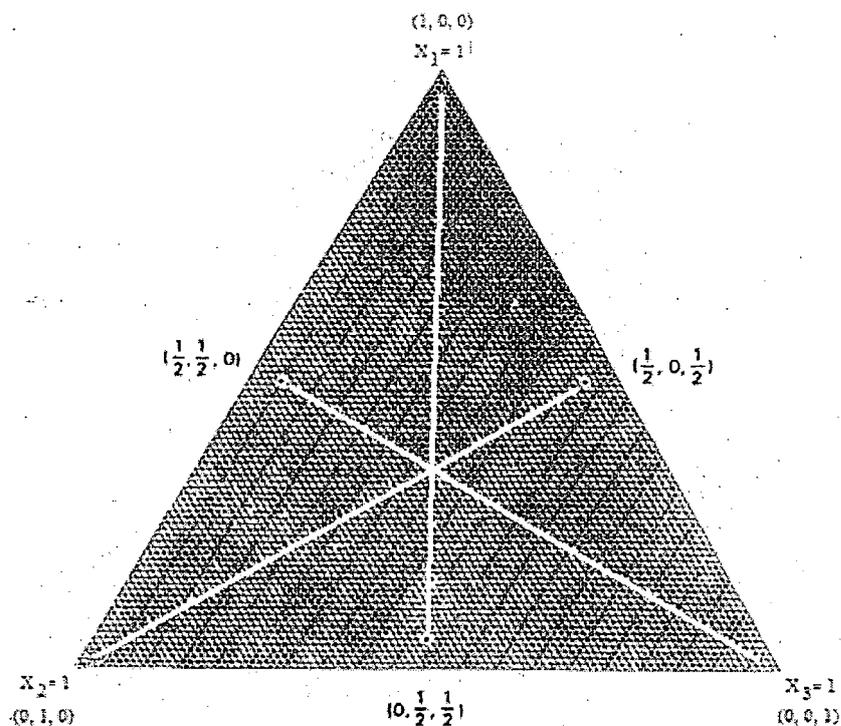


Figura 7: Papel de coordenadas triangulares

Fuente: (Cornell 2002).

2.7.3. ASPECTOS GENERALES SOBRE LOS MÉTODOS DE SUPERFICIE DE RESPUESTA

Según Cornell (2002), en muchos de los trabajos experimentales que envuelven mezclas multicomponentes, el énfasis está dado sobre las características físicas de la superficie de respuesta medida, tales como la forma o el punto máximo de la misma. Por ejemplo, asúmase que se está elaborando una bebida energizante mediante la combinación de determinadas proporciones de jugo de naranja, jugo de pina, y jugo de uva. La respuesta de interés es el sabor frutal de dicha bebida, cualificando en una escala que va de 1 a 9, donde 1= no frutal, 5= promedio, 9= extremadamente frutal. Si la respuesta medida (puntaje de sabor, en este caso) para cualquier mezcla quede ser representada directamente

por la altura perpendicular sobre la mezcla cuyas coordenadas están localizadas dentro o sobre los límites del triángulo, entonces el lugar geométrico de los valores del sabor para todas las mezclas de uno, dos y tres jugos puede ser visualizada como una superficie encima del triángulo. Dicha superficie, la cual se asume como continua para todas las posibles mezclas de jugos, es representada en la Figura 8; mientras que el ploteo de contornos de la superficie de sabor estimada es mostrado en la Figura 9.

Geoméricamente, cada curva de contorno en la Figura 9 es una proyección de una sección transversal de la superficie de sabor, hecha por un plano paralelo al triángulo que corta a través de la superficie a una altura determinada. Las alturas de los planos de intersección de corte que generan las curvas de nivel (contorno) en la Figura 6, oscilan entre 5,8, y 6,8.

Las principales consideraciones relacionadas con la exploración de la superficie de respuesta sobre la región simplex son (Cornell 2002):

- La elección de un modelo matemático apropiado que describa aproximadamente la superficie sobre la región de interés.
- La evaluación de la suficiencia del modelo para representar la superficie de respuesta.
- Un diseño apropiado para recolectar las observaciones, ajustar el modelo y evaluar la suficiencia de ajuste.

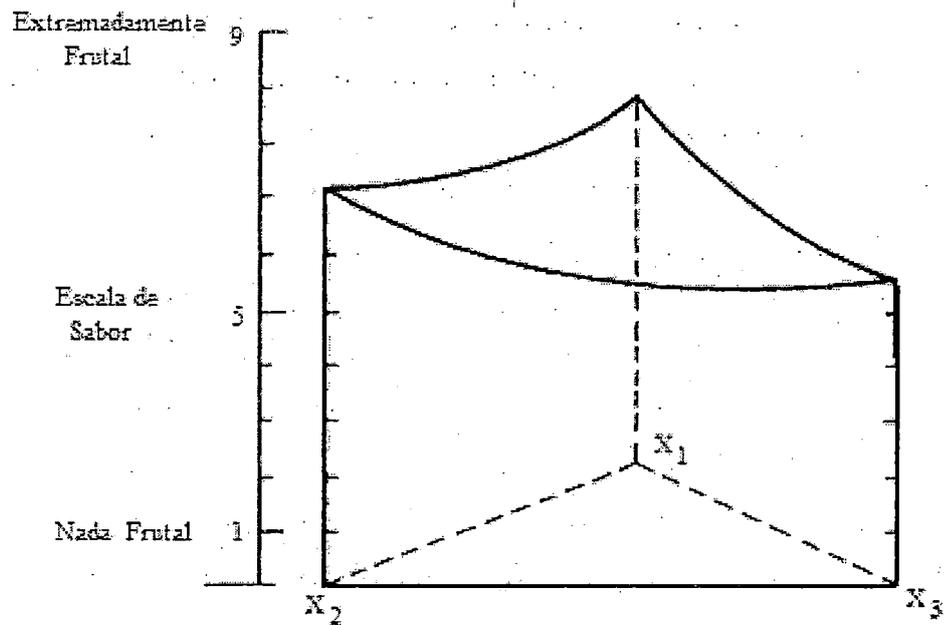


Figura 8: Superficie de sabor frutal de una bebida energizante
Fuente: (Cornell 2002).

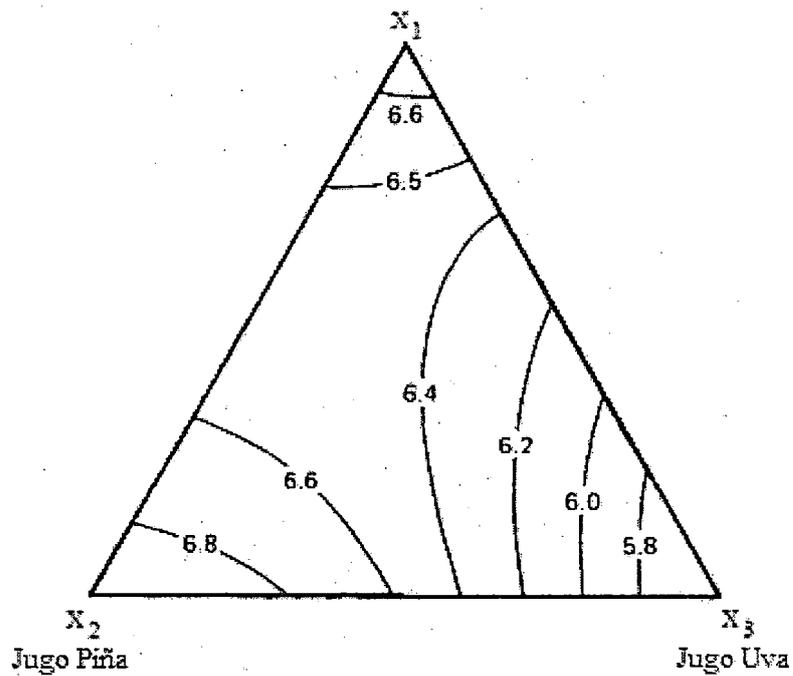


Figura 9: Contornos de sabor frutal constante de la superficie de la bebida energizante
Fuente: (Cornell 2002).

Para este fin, se asume que existe alguna relación funcional que, en teoría, describe exactamente la superficie (Cornell 2002).

$$\eta = \emptyset (X_1, X_2, \dots, X_q) \quad (3)$$

“ η ” denota el valor de la respuesta, que es dependiente de las proporciones X_1, X_2, \dots, X_q de los componentes. Una asunción muy básica que se tiene que hacer aquí es que la superficie de respuesta, representada por la función \emptyset , es descrita como una función continua en las $X_i, i = 1, 2, \dots, q$. El problema de asociar la forma de la superficie de respuesta con la composición de ingredientes se centra en determinar la ecuación matemática que represente adecuadamente la función $\emptyset (\cdot)$ de la ecuación (3) (Cornell 2002).

En general, para representar $\emptyset (X_1, X_2, \dots, X_q)$ se utilizan las *funciones polinomiales*. La justificación es que uno puede expandir $\emptyset (X_1, X_2, \dots, X_q)$ usando una serie de Taylor y, por ende, puede utilizarse un polinomio con una aproximación (Cornell 2002).

Normalmente, un polinomio de bajo grado tal como el de primer grado

$$\eta = \beta_0 + \sum_{i=1}^q \beta_i X_i \quad (4)$$

o el de segundo grado

$$\eta = \beta_0 + \sum_{i=1}^q \beta_i X_i + \sum_{i=1}^q \sum_{j \leq i}^q \beta_{ij} X_i X_j \quad (5)$$

Es el tipo de modelo adecuado para representar la superficie. Las ecuaciones polinómicas de bajo grado son más convenientes de manejar en comparación con las ecuaciones de grados más altos, debido a que los polinomios de mas bajo grado contienen pocos términos y por ello, requieren pocos valores observados de la respuesta para estimar los parámetros (β 's) de la ecuación (Cornell 2002).

Con la finalidad de aproximar la relación funcional $\eta = \emptyset (X_1, X_2, \dots, X_q)$ con un polinomio o cualquier otra forma de ecuación o modelo, se realizan algunas corridas experimentales pre-seleccionadas, en varias combinaciones predeterminadas de las proporciones (o mezclas de ingredientes) es referido como el "diseño experimental" (Cornell 2002).

Una vez que el número adecuado de observaciones es recolectado, los parámetros del modelo son estimados por el método de mínimos cuadrados (Cornell 2002).

2.7.4. UTILIZACIÓN DEL MÉTODO DE MÍNIMOS CUADRADOS PARA LA ESTIMACIÓN DE LOS COEFICIENTES POLINOMIALES Y SUS VARIANZAS: NOTACIÓN MATRICIAL

En notación matricial, la forma general del modelo de mezclas es la siguiente:

$$y = X\beta + \varepsilon \quad (6)$$

Donde “y” es un vector $N \times 1$ de observaciones, X es una matriz $N \times p$ cuyos elementos son las proporciones de los componentes de mezcla y funciones de estas, “ β ” es un vector $p \times 1$ de parámetros y “ ε ” es $N \times 1$ de errores aleatorios. De esta manera se tiene:

$$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_N \end{bmatrix}, \quad X = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{14} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{24} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ X_{N1} & X_{N2} & \dots & X_{N4} \end{bmatrix}, \quad \beta = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_2 \end{bmatrix}, \quad \varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_2 \end{bmatrix}$$

$N \times 1$ $N \times q$ $q \times 1$ $N \times 1$

Asúmase una variable aleatoria y_u , tal que esa tenga un esperado $E(y_u) = \mu_u$

Donde $\mu_u = \beta_1 X_{u1} + \beta_2 X_{u2} + \dots + \beta_q X_{uq}$, $u = 1, 2, \dots, N$. Entonces:

$$E(y) = E \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \\ \vdots \\ \mu_N \end{bmatrix} = \mu$$

Por lo tanto, el esperado de un vector es el vector de esperados. Si las varianzas y covarianzas de y_u están dadas por $\text{var}(y_u) = E(y_u - \mu_u)^2 = \sigma_u^2$, y $\text{cov}(y_u, y_u') = E((y_u - \mu_u)$

$(y_u - \mu_u) = \sigma_{\mu\mu'}$, respectivamente con $\mu \neq \mu'$, entonces la matriz simétrica de varianza – covarianza (N x N) estada dada por:

$$V = E (y - \mu)(y - \mu)' = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} & \sigma_{13} & \dots & \sigma_{1N} \\ \sigma_{21} & \sigma_2^2 & \sigma_{23} & \dots & \sigma_{2N} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \sigma_{N1} & \sigma_{N2} & \sigma_{N3} & \dots & \sigma_N^2 \end{bmatrix} \quad (7)$$

Si las variables y_u , $u = 1, 2, \dots, N$, están normalmente distribuidas con un vector μ y una matriz de varianza-covarianza V , esto es escrito $y \sim N(\mu, V)$. Cuando el modelo de la Ecuación (6) es de primer grado, $p = q$. Cuando el modelo es de segundo grado, entonces $p = q(q+1)/2$.

Las ecuaciones normales que se utilizan para estimar los elementos del vector de parámetros p de la ecuación (6) son:

$$X'Xb = X'y \quad (8)$$

donde la matriz $p \times p$ $X'X$ consiste en la suma de cuadrados y suma de productos cruzados de las proporciones de mezcla, y el vector $p \times 1$ $X'y$ consiste en la suma de los productos cruzados de las X_{ui} e y_{μ} . Los estimadores mínimos cuadrados de los elementos de β son:

$$b = (X'X)^{-1} X'y \quad (9)$$

donde la matriz $p \times p$ $(X'X)^{-1}$ es la inversa de $X'X$. Dado que $X'X$ es simétrica, $(X'X)^{-1}$ es del mismo tipo.

2.7.5. FALTA DE AJUSTE DEL MODELO ESTIMADO

Existen diversos procedimientos que pueden ser usados para evaluar la falta de ajuste del modelo de regresión estimado. Uno de dichos procedimientos requiere que se tomen observaciones repetidas en uno o más puntos experimentales, donde el número de puntos experimentales diferentes es mayor al número de términos del modelo estimado. Cuando esto ocurre, la suma de cuadrados del residual, proveniente del análisis de varianza del modelo estimado, puede ser dividida en dos sumas de cuadrados: la suma de cuadrados debida a la falta de ajuste del modelo y la suma de cuadrados debido al error puro; donde esta última es calculada usando las repeticiones. Estas sumas de cuadrados, cuando son divididas por sus respectivos grados de libertad, son posteriormente comparadas en la forma de una relación F (Cornell 2002).

Adicionalmente a las repeticiones, para evaluar la falta de ajuste es necesario el uso de "puntos de comprobación". Todo el análisis está constituido básicamente por 3 fases. La primera de éstas consiste en ajustar un modelo a la data recolectada en los puntos experimentales iniciales. Luego de que el modelo ajustado es obtenido, la segunda fase consiste en recolectar observaciones adicionales en otros puntos, diferentes a los puntos experimentales anteriores, que son los denominados puntos de comprobación. La tercera fase consiste en comparar la data observada en los puntos de comprobación con los valores de la respuesta que el modelo ajustado predice en estos mismos puntos. Si las predicciones hechas con el modelo ajustado son cercanas a los valores observados de la respuesta en los puntos de comprobación, entonces se asume que el modelo es adecuado para fines de predicción. Si los valores predichos no son cercanos a los valores observados, entonces el modelo es considerado como no adecuado, debido a una falta de ajuste (Cornell 2002).

2.7.6. DISEÑOS AXIALES DE MEZCLAS

Los diseños axiales son diseños que consisten principalmente en mezclas completas o combinaciones q-componente, donde la mayoría de los puntos están posicionados dentro del simplex. Estos diseños han sido recomendados cuando se desea medir los efectos de los componentes y en experimentos de *screening*, particularmente cuando se utilizan modelos de primer o segundo grado para el ajuste de las respuestas medidas (Cornell 2002).

Para definir un diseño axial se debe considerar que el eje del componente i es la línea imaginaria que se extiende desde el punto de referencia $x_i = 0, x_j = 1/(q-1)$, para todo $j \neq i$, hasta el vértice donde $x_i = 1, x_j = 0$, para todo $j \neq i$ (Cornell 2002).

El punto de referencia es el centroide de la frontera $(q-2)$ -dimensional, el cual es opuesto a vértice $x_i = 1, x_j = 0$, para todo $j \neq i$. La longitud del eje es la distancia más corta desde la frontera $(q-2)$ -dimensional opuesta, hasta el vértice. La distancia es definida en el sistema simplex coordinado como una unidad (Cornell 2002).

La Figura 10 presenta los ejes para los componentes 1, 2 y 3 en el triángulo de tres componentes.

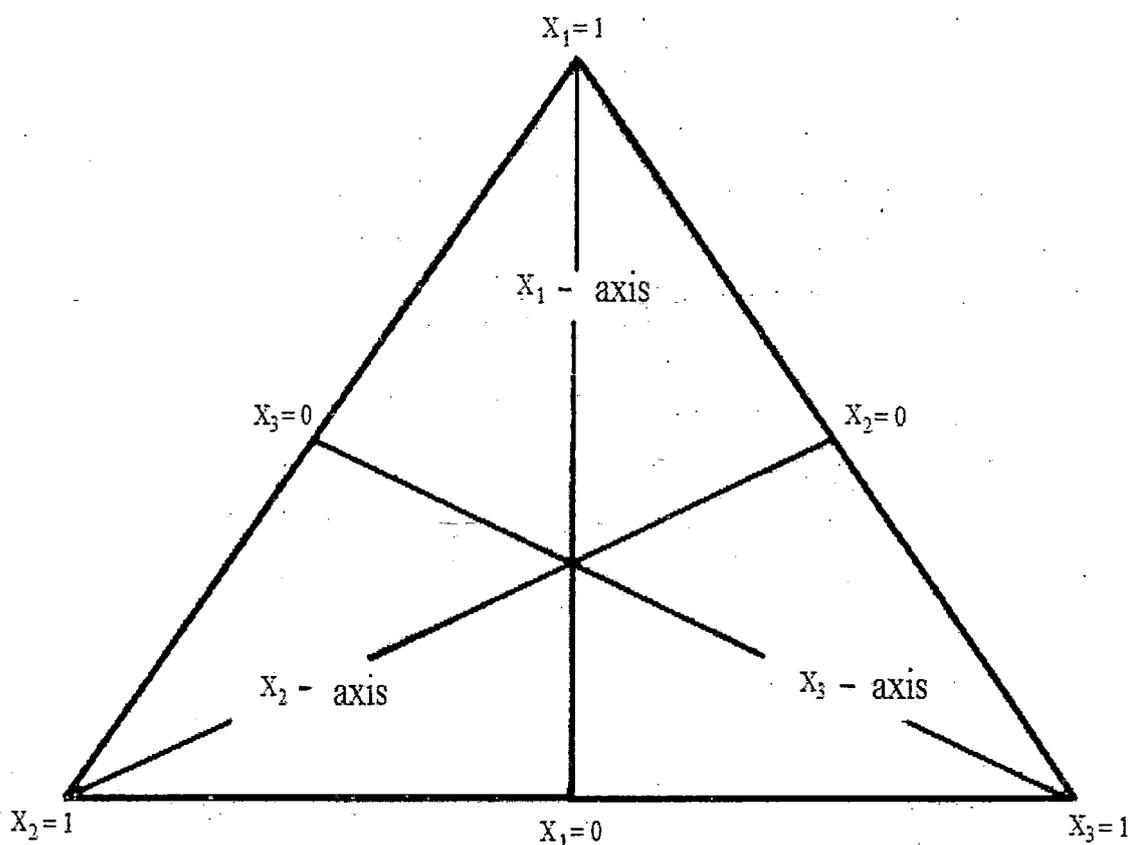


Figura 10: Diseño axial de mezcla para tres componentes

Fuente: (Cornell 2002).

Los puntos de un diseño axial están posicionados solamente sobre los ejes de los componentes. La forma más simple de un diseño axial es aquella cuyos puntos están posicionados equidistantes desde el centroide $(1/q, 1/q, \dots, 1/q)$ hacia cada uno de los

vértices. La distancia desde el centroide, medida en unidades de X_i tiene un valor máximo de $(q-1)/q$ (Cornell 2002).

2.7.7. RESTRICCIONES MÚLTIPLES SOBRE LAS PROPORCIONES DE LOS COMPONENTES

En toda la información presentada hasta el momento, las únicas restricciones reales sobre las proporciones de los componentes fueron;

$$0 \leq X_i \leq 1, i = 1, 2, \dots, q; \quad \text{y} \quad X_1 + X_2 + \dots + X_q = 1,0$$

Sin embargo, por lo general, uno no se encuentra en la libertad de explorar el simplex en su totalidad, debido a ciertas restricciones adicionales consideradas sobre las proporciones de los componentes. La limitación de la experimentación a una sub-región del simplex puede darse considerando restricciones relacionadas con los niveles mínimos (límites menores), máximos (límites superiores), o inclusive de ambos tipos. Este último caso es el que se presenta con mayor regularidad en la práctica. En cualquiera de estas situaciones, si alguna parte del simplex es la región a la que uno se confina, y si se es capaz de escoger el diseño y modelos adecuados para dicha sub-región, es claro que existirá una disminución de costos y tiempo de experimentación; así como un incremento en la precisión de los estimadores del modelo (Cornell 2002).

2.7.8. LÍMITES INFERIORES Y SUPERIORES SOBRE LAS PROPORCIONES DE LOS COMPONENTES

Es frecuente encontrar en la práctica situaciones en las que existen, en forma simultánea, límites inferiores y superiores para cada componente integrante de una mezcla. Esta situación se da cuando, por ejemplo, para formar una mezcla se requiere o necesita como mínimo L_i , pero no más de U_i del componente i ; y así sucesivamente con algunos o todos los demás componentes (es decir, existe también límites similares especificados para las proporciones de otros componentes) (Cornell 2002).

Con q componentes las restricciones múltiples son escritas como:

$$0 \leq L_i \leq x_i \leq U_i \leq 1, \quad i = 1, 2, \dots, q \quad (10)$$

Cuando solamente una o dos de las proporciones de los componentes están restringidas en valor, la apreciación de la forma del espacio factorial resultante no ofrece mayores dificultades. Sin embargo, si casi todas las proporciones de los componentes están restringidas, tanto inferior como superiormente, el espacio factorial resultante toma la forma de un hiperpoliedro convexo que, por lo general, tiene forma considerablemente más complicada que el simplex (Cornell 2002).

Muchas veces, para la localización de los puntos del diseño experimental se requieren al menos algunos de los vértices extremos de la región, así como también los puntos medios y centroides de algunos de los lados y caras bidimensionales, respectivamente (Cornell 2002).

2.7.9. TÉCNICA PARA MEDIR EL EFECTO DE COMPONENTES EN ZONAS EXPERIMENTALES DE MEZCLAS CON RESTRICCIONES SOBRE LOS COMPONENTES

Según Cornell (2002), cuando las proporciones de los componentes de la mezcla están restringidas por límites inferiores y superiores de la forma $0 \leq L_i \leq X_i \leq U_i \leq 1$, los rangos $R_i = U_i - L_i$, $i = 1, 2, \dots, q$; rara vez son iguales, o incluso cercanos entre ellos. Rangos desiguales producen valores desiguales de los errores estándar de los coeficientes estimados. Adicionalmente, casi siempre el centroide de la región restringida es diferente del centroide simplex; por ello, las direcciones dispuestas por los ejes de los componentes pueden no ser las mejores para medir los efectos de los componentes. Cuando se mide el efecto del componente i y se usa una mezcla de referencia diferente al centroide del simplex, es más apropiada una dirección alternativa a la definida por eje del i -ésimo componente. Esta dirección alternativa es una línea imaginaria proyectada desde la mezcla de referencia (la cual es usualmente el centroide de la región restringida) hacia el vértice $x_i = 1$. Tal dirección, que es usada para medir el efecto del componente i , está

representada por la línea discontinua en la Figura 11. La mezcla de referencia en la Figura 11 es el centroide $(x_1, x_2, x_3) = (0,25; 0,70; 0,05)$ de la región definida por las restricciones $0,1 \leq x_1 \leq 0,4; 0,5 \leq x_2; x_3 \leq 0,1$.

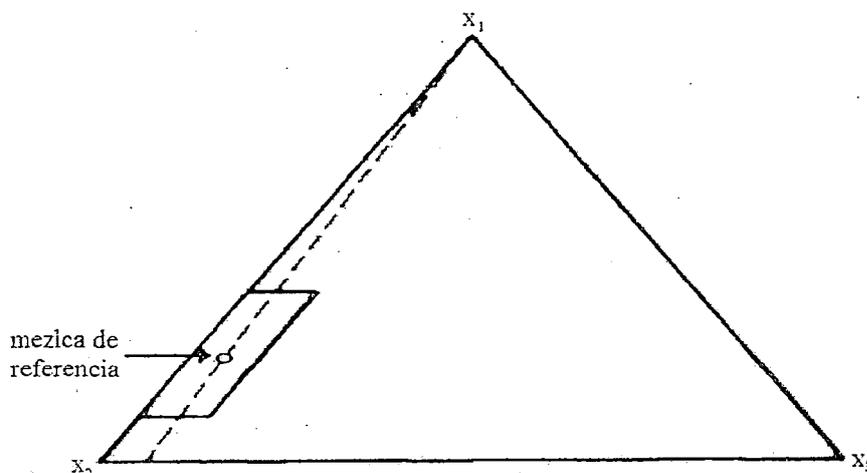


Figura 11: Dirección indicada para medir el efecto del incremento de la proporción de un componente

Fuente: (Cornell 2002).

A lo largo de la línea discontinua en la Figura 11, conforme el valor de x_1 se incrementa (o decrece), los valores de x_2 y x_3 decrecen (o se incrementan), pero la razón de x_2 sobre x_3 ($0,70 / 0,05 = 14:1$) permanece constante. Por ello, esta dirección permite medir el efecto de un componente como si se tratase del caso de un simplex y no de una región restringida. Esta dirección fue introducida por Cox (1971), cuando el sugirió que se podía utilizar una forma de modelo alternativo a los de Scheffé para medir los efectos de los componentes. Por tal motivo, esta nueva dirección es denominada como "dirección o trazo de Cox" (Cornell 2002).

Cornell (2002) indica que una medida de la cantidad de cambio en cada uno de los componentes restantes cuando se realiza un cambio de tamaño Δi (donde Δi puede ser > 0 ó < 0) en la dirección de Cox, entonces la nueva proporción se convierte en:

$$x_i = s_i + \Delta i \quad (11)$$

Luego las proporciones de los $q - 1$ componentes restantes, resultantes del cambio presentado por la ecuación (11) a partir de S_i en el i -ésimo componente son:

$$x_j = s_j - \frac{\Delta_i s_j}{(1 - s_i)}$$

$$x_j = s_j \left(\frac{1 - s_j - \Delta_i}{(1 - s_i)} \right), \quad j = 1, 2, \dots, q; \quad j \neq i \quad (12)$$

La cantidad $1 - S_i$ en el denominador de (12) es el máximo valor positivo que Δ_i puede tomar. El cambio de Δ_i puede ser negativo, lo cual ocurre en el caso de que el cambio se dé desde la mezcla de referencia hacia un punto cada vez más lejano del vértice $x_i = 1$. Cuando esto ocurre, el máximo valor de Δ_i es $-S_i$. Nótese por la razón de las proporciones de los componentes de j y k , x_j y x_k , definidos por la ecuación (12), es:

$$\frac{x_j}{x_k} = \frac{s_j(1 - s_i - \Delta_i)}{s_k(1 - s_i - \Delta_i)}$$

$$\frac{x_j}{x_k} = \frac{s_j(1 - x_i)}{s_k(1 - x_i)} = \frac{s_j}{s_k}$$

Esto equivale a la razón de los componentes j y k en la mezcla de referencia s . En otras palabras, cuando la proporción del componente i cambia de s_i a $x_i = s_i + \Delta_i$, la proporción relativa de los componentes j y k , $j, k \neq i$, continua siendo la misma que la de la mezclas (Cornell 2002).

2.7.10. OPTIMIZACIÓN SIMULTÁNEA DE VARIAS RESPUESTAS

Un problema común en el desarrollo de un producto es aquel que envuelve la determinación de la combinación o mezcla óptima de las proposiciones de los componentes, para *das* o más características de dicho producto (Cornell 2002).

Cuando existen solamente tres, o cuatro componentes como máximo, es posible resolver este problema mediante la inspección del ploteo de contornos de las superficies estimadas; los mismo que podían estar asociados con cinco o seis características o respuestas diferentes como máximo. Cuando el problema consiste en maximizar o

minimizar una respuesta sujeta a restricciones sobre los valores de otra, se pueden utilizar, algunas veces, métodos de programación lineal (Del Castillo y Montgoniery, 1993; citados por Cornell, 2002). Sin embargo, un procedimiento que ha ganado popularidad con los creadores de programas consiste en introducir una medida total de la *durabilidad* (d_i) asociada con las diferentes mezclas, en un esfuerzo para encontrar la "mejor".

Dicho procedimiento ha sido discutido por Derringer y Suich (Cornell 2002).

Cuando varias características o respuestas y_1, y_2, \dots, y_k han sido modeladas, considerando las proporciones del mismo grupo de q componentes, la pregunta que naturalmente aparece es: ¿en qué lugar del espacio factorial o de composición puede obtenerse el mejor grupo de dichas características?. Supóngase que se escoge, para cada característica, un grupo de valores $A_i \leq y_i \leq C_i, i = 1, 2, \dots, k$; tal que el producto es inaceptable si $y_i \leq A_i$ ó $y_i \geq C_i$, el atractivo del producto se incrementa entre A_i y B_i y decrece entre B_i y C_i . De esta manera, se puede definir qué:

$$d_i = \begin{cases} \left[\frac{\hat{y}_i - A_i}{B_i - A_i} \right]' & \text{para } A_i \leq \hat{y}_i \leq B_i \\ \left[\frac{\hat{y}_i - A_i}{B_i - C_i} \right]' & \begin{matrix} B_i < \hat{y}_i \leq C_i \\ \hat{y}_i < A_i \text{ ó } \hat{y}_i > C_i \end{matrix} \end{cases} \quad (13)$$

Donde A_i y C_i son los valores mínimo aceptable y máximo aceptable respectivamente, para \hat{y}_i . Seleccionando determinados valores para las potencias r y s , se puede atribuir varios niveles de atractivo para varios valores de \hat{y}_i , tal como se muestra en la Figura 12. Esta es una relación de dos lados, teniendo a B_i como el valor más deseable de \hat{y}_i .

En la Figura 12 se plotean diferentes valores de r y s . Para ilustrar, supóngase que B_i representa aproximadamente el 60% de la distancia entre A_i y C_i . La Figura 12 muestra también que se seleccionarían valores grandes (aproximadamente 10) para r y s , si es muy deseable un valor de \hat{y}_i cercano a B_i . En este caso, el atractivo de d_i no sería alto hasta que \hat{y}_i está muy cerca a B_i . Por otro lado, si cualquier valor de \hat{y}_i por encima de A_i y debajo de C_i fuese aceptable, valores pequeños de r y s (ceranos a 1) considerarían los dos extremos. Se puede seleccionar también un valor alto de r y bajo de s , si es que fuera deseable que \hat{y}_i

se incremente rápidamente hasta B_i , mientras que prácticamente cualquier valor por encima de B_i pero debajo de C_i es deseable.

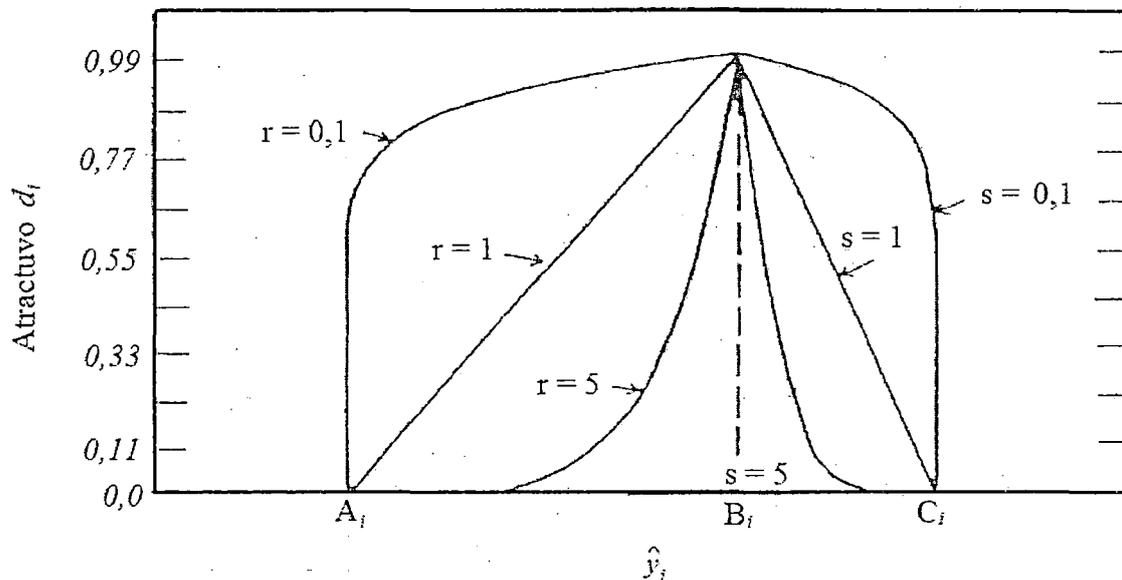


Figura 12: Ploteo de la función de atractivo de dos lados para varios r y s .

Fuente: (Cornell 2002).

Para el caso de un solo lado, d_i se incrementa conforme y_i también se incrementa, y es empleada cuando y_i es maximizada (se supone $B_i = C_i$, y se define $d_i = 1$ cuando $y_i > B_i$).

La expresión para maximizar y_i es:

$$d_i = \begin{bmatrix} 0 & \hat{y}_i \geq A_i \\ \left[\frac{y_i - A_i}{B_i - A_i} \right]' & A_i < \hat{y}_i < B_i \\ 1 & \hat{y}_i \geq B_i \end{bmatrix} \quad (14)$$

El ploteo de la ecuación (14) es mostrado en la Figura 13, para varios valores de t . El promedio descrito puede ser usado para maximizar alguno de los valores d_i (correspondiente a cierto \hat{y}_i). Esto sería similar a la metodología de programación lineal. Cabe mencionar que la minimización de y_i es equivalente a la maximización de $-y_i$; es decir, que $A_i = B_i$ y definir $d_i = 1$ para $y_i \leq B_i$.

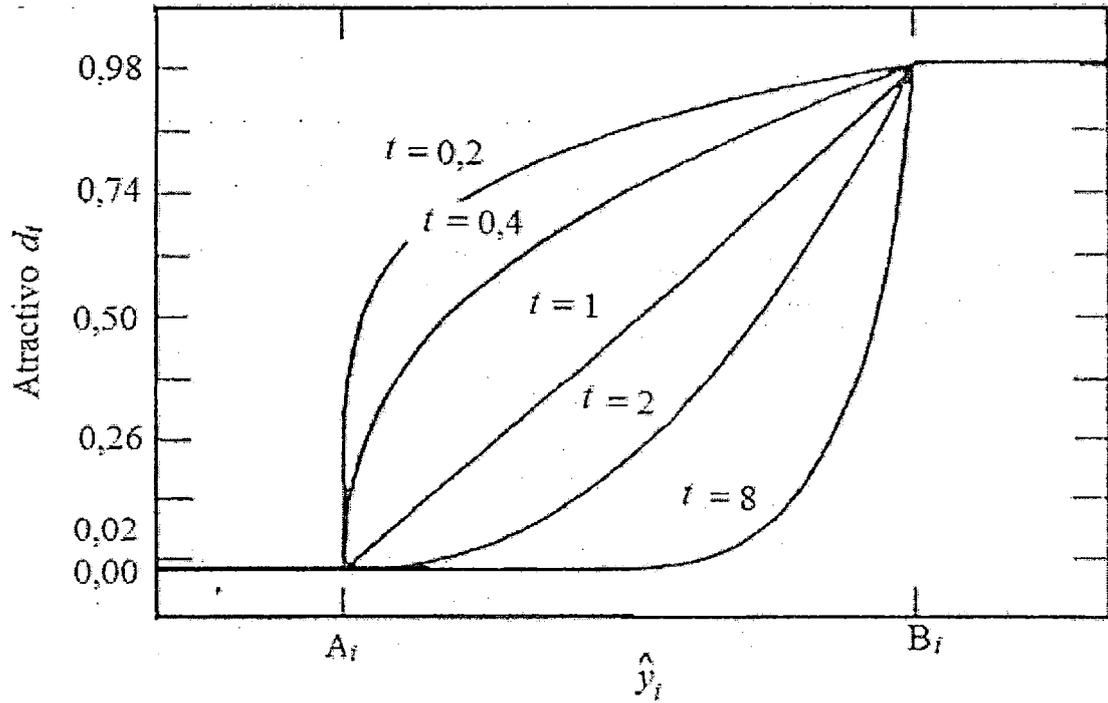


Figura 13: Ploteo de la función de atractivo de un lado para varios t .

Fuente: (Cornell 2002).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

La presente investigación se realizó en el campus de la Universidad Nacional Agraria La Molina, en las siguientes instalaciones:

- Planta piloto de la Facultad de Industrias Alimentarias.
- Laboratorio de Análisis Físico-Químicos de los Alimentos de la Facultad de Industrias Alimentarias.
- Laboratorio de Análisis por Instrumentación de la Facultad de Industrias Alimentarias.

3.2. MATERIAS PRIMAS E INSUMOS

3.2.1. MATERIAS PRIMAS

- Carne fresca de Alpaca proveniente del centro de ventas de la Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Nueces provenientes de los supermercados Wong.
- Transglutaminasa Activa GS[®] de Ajinomoto Co.

3.2.2. INSUMOS

- Sal industrial producida por Indusal E.I.R.L.
- Tripolifosfato sódico (STP) de GRANOTEC Perú.
- Agua destilada.

3.3. MATERIALES Y EQUIPOS

3.3.1. MATERIALES

- Cuchillos.
- Tabla de picar.
- Recipientes de plástico y/o acero inoxidable.
- Moldes para el reestructurado.

3.3.2. EQUIPOS

- Molino para carne.
- Balanza de precisión digital *Adventure*TM (legibilidad 0,01 gramos), OHAUS Corp. USA.
- Termómetro digital de punción *TtuTemp* 3519N, *Taylor thermometer* USA.
- Refrigeradora y congeladora *Electrolux* RDE34.
- *Texture Analyzer Brookfield- Farnell* QTS-25.
- Espectrofotocolorímetro Minolta® CM-2600d.
- Potenciómetro Hanna Instrumentes Hi8519N con electrodo para sólidos.

3.4. MÉTODOS

3.4.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación realizada es de tipo experimental por sus características y desarrollo.

a. Objetivos planteados en el proyecto

a.1. Objetivo principal

Determinar el efecto de la inclusión de nuez común (*Junglans regia* L.) y transglutaminasa en la elaboración de un reestructurado de carne de alpaca (*Vicugna pacos* L.).

a.2. Objetivos específicos

- Determinar la composición proximal de la carne de alpaca y la nuez en la obtención de un reestructurado cárnico.
- Optimizar la incorporación de nuez y transglutaminasa en la elaboración de un reestructurado de carne de alpaca mediante el diseño de mezclas.
- Determinar la composición proximal del reestructurado cárnico optimizado por el método de diseño de mezclas.

3.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS Y EVALUACIÓN

3.5.1. ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO

a) Análisis proximal.

Se realizaron los análisis de la carne de alpaca, las nueces y a la fórmula optimizada del reestructurado cárnico obtenido mediante el diseño de mezcla, siguiendo los métodos:

- Contenido de Proteína: AOAC 992.15 (2007)
- Contenido de Grasa Total: AOAC 991.36 (2007)
- Humedad: AOAC 950.46 (2007)
- Cenizas: AOAC 920.153 (2007)
- pH: NTP 231.129 (2011-10-09)

b) Determinación de la cohesividad mediante un análisis perfil de textura (TPA).

Mediante un *texture analyser Brookfield- Farnell QTS-25* se realizó las pruebas TPA (*texture profile analysis*) en la cuales se utilizó el acople TA-5, con una esfera de 12,7mm de diámetro, manejando una celda de carga de 500 N y una velocidad de 100 mm/min; las muestras de reestructurado, tanto crudas como cocidas, fueron cortadas en porciones de 5 x 5 x 2 cm para ser evaluadas, de las cuales la medición de la cohesividad de las muestras cocidas son las que se utilizaron para la optimización (Jiménez *et al.* 2003; Serrano *et al.* 2004).

c) Análisis de color

Las coordenadas *cieLab* (L^* , a^* , b^*) fueron determinadas según el procedimiento señalado por Serrano *et al.* 2004. Las muestras destinadas a las pruebas de TPA fueron previamente determinadas el color con un espectrofotocolorímetro Minolta® CM-2600d (Minolta Camera Co., Osaka, Japan), con iluminante D65, un ángulo de observación de 10°, modo SCI, apertura de 11 mm para iluminación y de 8 mm para la medición. Los resultados fueron expresados como L^* (luminosidad: +L = blanco, -L = negro), a^* (rojizo: +a = rojo, -a = verde) y b^* (amarillo: +b = amarillo, -b = verde) (Serrano *et al.* 2004; Serrano 2006).

d) Análisis de las pérdidas por cocción

Se realizó la valoración de las pérdidas por cocción porcentual (*cooking losses %*) mediante dividir la pérdida de peso durante la cocción en una plancha eléctrica, ó un horno de aire forzado, a 170°C por 10 min ó hasta llegar a los 70°C en la parte interna del reestructurado cárnico, para el peso inicial del corte (Serrano *et al.* 2004; Serrano 2006).

$$\text{Cooking Losses \%} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

e) Análisis de costos

El costo de cada formulación se determinó de la siguiente manera:

Se determinó el costo de todos aquellos conceptos que no varían entre las diferentes formulaciones (ingredientes que no pertenecen a la masa principal), el cual será denominado como Costo Constante (CC). Luego se utilizarán los costos de los ingredientes variables y, junto con el valor del rendimiento (η), CC y un factor f se determinará la siguiente función:

$$\text{Costo Total} = f/\eta [\text{CC} + \text{CAX}_1 + \text{CNX}_2 + \text{CTX}_3] \quad (15)$$

Donde:

f = factor que depende de la cantidad inicial de ingredientes por *batch* de producción (9493,44 g), sobre la cantidad de reestructurado en relación

a la cual se expresan los costos (9280 g). Para el presente caso, dicho factor es igual a 1,0230.

η = rendimiento y corresponde al peso del producto final de cada formulación dividido para el peso de todos los ingredientes empleados, y expresado como porcentaje (%).

CC= Costo constante (Nuevos Soles)

CA= Costo de carne de alpaca (Nuevos Soles / kg)

CN= Costo de nuez (Nuevos Soles / kg)

CT= Costo de transglutaminasa (Nuevos Soles / kg)

X_1 = Porcentaje de carne de alpaca en masa principal (%)

X_2 = Porcentaje de nuez en masa principal (%)

X_3 = Porcentaje de transglutaminasa en masa principal (%)

Esta función es la que se requiere cuando se desea incluir lo concerniente a costos en una optimización simultánea; así lo establece el software *Design Expert 7*[®].

f) Evaluación sensorial

Se llevó a cabo una prueba de nivel de agrado o grado de satisfacción; con escala no estructurada de 10 cm. El tamaño del grupo de consumidores para la formulación a evaluar fue de 75 personas, de diferentes edades y géneros (Pedrero & Pangborn 1996). Cada consumidor evaluó una muestra correspondiente a la formulación optimizada por el diseño de mezclas, junto con un reestructurado cárnico de bovino de igual formulación. Para la degustación se entregó la ficha (Anexo 1), un vaso de agua y las dos muestras de reestructurado.

3.6. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.6.1. ELABORACIÓN DEL REESTRUCTURADO CÁRNICO DE ALPACA

Se desarrolló las mezclas de reestructurado de carne de alpaca con proporciones máximas y mínimas de inclusión de nuez y transglutaminasa basados en la fórmula de reestructurado bovino (Cuadro 15) y el flujo de operaciones (Figura 14) (Serrano 2006).

Cuadro 15: Fórmula de reestructurado cárnico bovino

Ingredientes	Porcentaje (%)
Carne de Alpaca	77
Nuez	20
Sal	2
Transglutaminasa Activa GS	1
Tripolifosfato Sódico (STP)	0,3
Total	100

Fuente: (Serrano 2006).

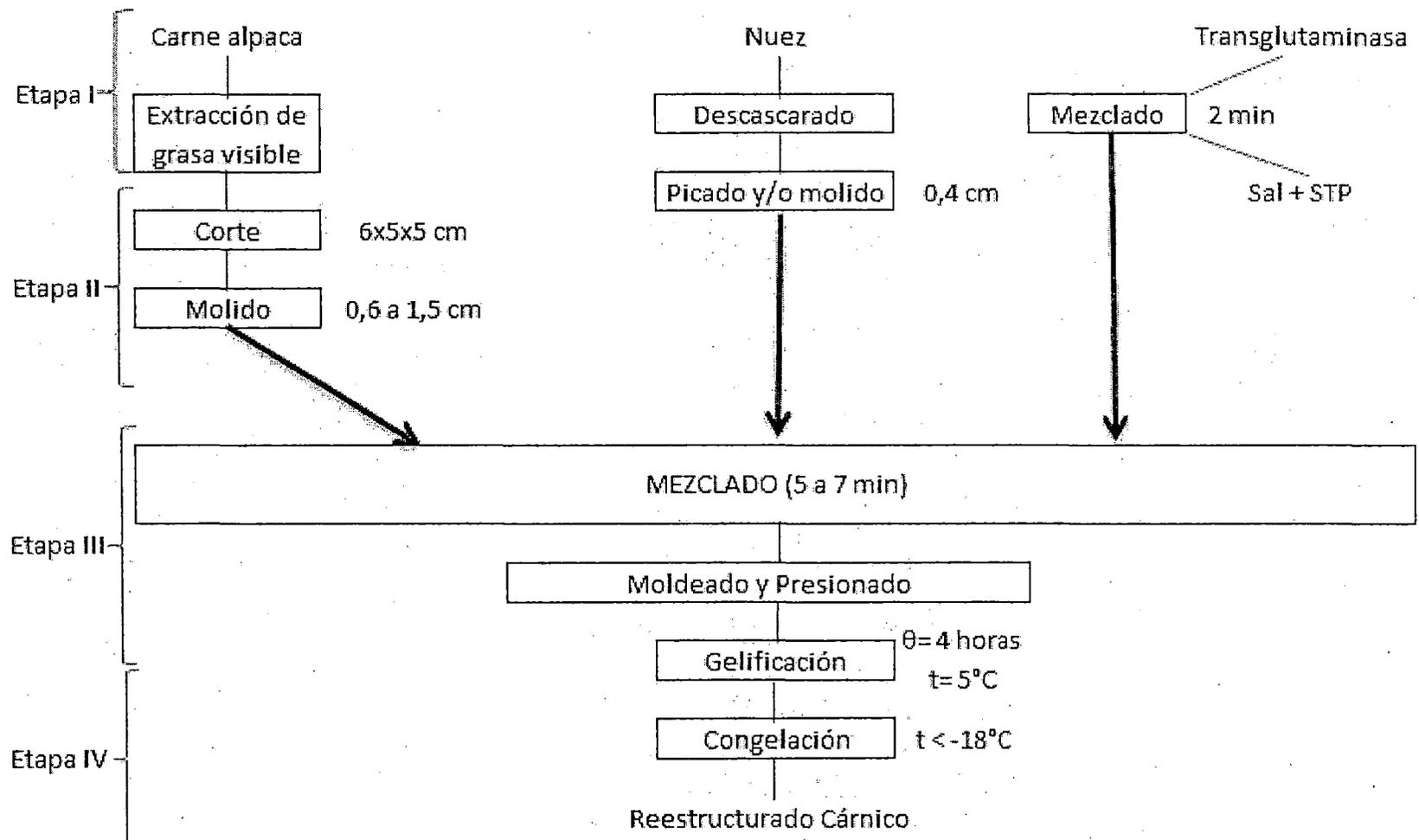


Figura 14: Flujo de operaciones para la elaboración del reestructurado de carne de alpaca con nuez
Fuente: Adaptado de Serrano (2006)

3.6.2. DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE OPERACIONES

Etapa I:

- La carne seleccionada se le extrajo la grasa visible y fascias, siempre tratando de mantener la temperatura baja (refrigeración).
- La nuez seleccionada fue extraída de su corteza y almacenada.
- La sal, polifosfato y transglutaminasa fueron pesados y mezclados.

Etapa II:

- La carne y la nuez fueron cortados y molidos hasta obtener partículas de 0,6 a 1,0 cm, y menor a 0,4 cm respectivamente.

Etapa III:

- Se mezclaron todos los ingredientes hasta obtener una mezcla equilibrada de la nuez en la carne, aproximadamente de hasta 2 a 3 minutos mediante mezcladora automática y de hasta 5 minutos a mano.
- Se colocó la masa en los moldes y se aplica ligera presión en ellos para extraer todo el aire.
- Se ubicaron los moldes con la masa en la cámara fría, a 5 °C, siempre manteniendo la presión constante durante el periodo gelificación de 4 horas.

Etapa IV:

- Ya formado el reestructurado cárnico se lo desmoldó y se lo congeló para evitar que continúe actuando la enzima, además que se presente daño microbiológico en el producto.
- Se almacenó hasta el momento de ser analizado.

3.6.3. DISEÑO DEL EXPERIMENTO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

a. DISEÑO EXPERIMENTAL

Con la finalidad de realizar la evaluación del efecto simultáneo de la mezcla de los 3 componentes: carne de alpaca, nuez y transglutaminasa sobre la cohesividad, pérdidas por cocción y costos de producción del reestructurado cárnico, considerando la metodología propuesta por Cornell (2002) para el caso de 3 componentes, se aplicó un Diseño de Mezclas Axial con restricciones mínimas y máximas sobre los tres componentes.

Para el caso de los límites de la nuez se utilizó los valores sugeridos por Serrano (2006), mientras que los límites para la transglutaminasa fueron los que indica el catálogo de la transglutaminasa Activa GS[®] de Ajinomoto Co.

Posteriormente y con todo lo antes mencionado, se aplicó el software estadístico *Design Expert*[®] 7,0. Dicho software utiliza el criterio de mezclas conocido como optimalidad D (*D – optimality*); que se basa en la maximización del determinante de la matriz inversa ($X'X$) de la ecuación (8), o en la minimización del determinante de la matriz inversa $(X'X)^{-1}$ de la ecuación (9). Es decir, es la minimización de la varianza generalizada de los elementos de la matriz b (matriz de los estimadores de los coeficientes β).

De esta manera el diseño experimental o grupo de mezclas consideradas en el presente trabajo de investigación fueron 16. En el Cuadro 16 se aprecian los parámetros del diseño de mezclas y en el Cuadro 17 las formulaciones evaluadas. Las formulaciones 1, 2, 4, 5, 6, 8, 9 y 11 representaron los puntos experimentales con los cuales se estimaron los modelos matemáticos para cada respuesta; mientras que las formulaciones 10, 12, 13, 15, 16 son repeticiones utilizadas para una mejor estimación de la varianza del error (σ^2). Por otro lado, las formulaciones 3, 7 y 14 fueron consideradas para el análisis de Falta de ajuste (*Lack of Fit*) de los modelos antes mencionados.

Cuadro 16: Parámetros para diseño de las formulaciones.

Resumen del Diseño					
Tipo de Estudio: Mezcla			Corridas: 16		
Diseño Inicial: D-optimal			Bloqueos: Sin Bloqueos		
Modelo del Diseño: Cuadrático					
Componente	Nombre	Unidad	Diseño	Mínimo	Máximo
A	Carne alpaca	%	Mezcla	79	94
B	Nuez	%	Mezcla	5	20
C	MTGasa	%	Mezcla	0,5	1
				Total =	100
Respuesta	Nombre	Unidad	Análisis		
Y1	Cohesividad	-----	Polinomial		
Y2	Costos	S/.	Polinomial		
Y3	Cooking Losses	%	Polinomial		

Fuente: Adaptado de Serrano (2006)

Cuadro 17: Formulaciones obtenidas usando el diseño de mezclas para evaluar.

Formula N°	Carne %	Nuez %	MTGasa %	Total
1	94,00	5,29	0,71	100,0
2	93,53	5,47	1,00	100,0
3	79,48	20,00	0,52	100,0
4	86,09	13,11	0,80	100,0
5	91,89	7,61	0,50	100,0
6	84,28	14,72	1,00	100,0
7	79,00	20,00	1,00	100,0
8	87,56	11,75	0,69	100,0
9	82,62	16,39	1,00	100,0
10	79,00	20,00	1,00	100,0
11	89,04	10,41	0,56	100,0
12	91,89	7,61	0,50	100,0
13	94,00	5,29	0,71	100,0
14	80,90	18,10	1,00	100,0
15	79,48	20,00	0,52	100,0
16	93,53	5,47	1,00	100,0

b. Análisis Estadístico

b.1. Caracterización de materias primas

Los resultados del análisis proximal de las materias primas representan el promedio de tres repeticiones más/menos la desviación estándar ($X \pm D.S.$).

b.2. Regresión múltiple de las características físico – químicas, medida de cohesividad y costos de producción

Los resultados correspondientes a los análisis físico-químicos, medida de cohesividad y costos de producción fueron expresados como el promedio de las observaciones registradas en cada formulación de reestructurado cárnico (tres determinaciones o mediciones por cada formulación, a excepción del cálculo de los costos de producción).

Con los resultados observados en las formulaciones experimentales, según el caso de la característica analizada, se realizó un análisis de regresión múltiple (métodos de mínimos cuadrados), con la finalidad de obtener el polinomio canónico de Scheffé que describa la dependencia de dicha característica en función de los ingredientes bajo estudio (Cornell 2002). La determinación de dicho polinomio; así como su respectivo análisis de varianza (ANVA) y prueba de significancia de coeficientes (nivel de significación $\alpha = 0,05$), fueron llevados a cabo mediante la utilización del programa estadístico *Design Expert*® 7,0.

En referencia al ANVA, este consistió, de acuerdo a Cornell (2002) en establecer la significancia estadística del modelo y coeficientes del mismo, además de una falta de ajuste (*lack of fit*) no significativa. La significancia estadística del modelo y de los coeficientes se estableció mediante la prueba F de Fisher, debiéndose registrar un valor de probabilidad F ($\text{Prob} > F$) menor a 0,05. Por otro lado, la falta de ajuste del modelo fue también establecida mediante esta prueba, debiendo ser su valor de probabilidad F ($\text{Prob} > F$) mayor a 0,05. Adicionalmente, la bondad de ajuste de la ecuación de regresión a las observaciones experimentales fue establecida mediante el coeficiente de determinación (R^2), y coeficiente de determinación ajustado (R^2_{adj}), debiendo ser el valor de los mismos cercano a 1.

c. Determinación del polinomio canónico de Scheffé y evaluación del efecto de los ingredientes para el caso de la cohesividad, pérdidas por cocción y costo de producción del reestructurado cárnico.

c.1. Establecimiento del modelo matemático

Los valores promedio de: cohesividad, pérdidas por cocción y costos de producción observados en las formulaciones experimentales fueron sometidos, cada uno de ellos, a análisis de regresión múltiple (mínimos cuadrados), con la finalidad de obtener el “polinomio canónico de Scheffé” que describe la dependencia de dicha característica en función de los ingredientes bajo estudio (Cornell 2002). Dicho polinomio correspondió a las siguientes ecuaciones:

a) Cohesividad → ecuación cuadrática:

$$\hat{y} = b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_1x_2 + b_5x_1x_3 + b_6x_2x_3 \quad (16)$$

Donde:

\hat{y} = Cohesividad

b_1, b_2, b_3 = Coeficientes lineales.

b_4, b_5, b_6 = Coeficientes cuadráticos.

x_1, x_2, x_3 = Porcentajes de carne, alpaca, nuez y transglutaminasa respectivamente, presentes en la formulación (%).

b) Costos de producción → ecuación lineal

$$\hat{y} = b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 \quad (17)$$

Donde:

\hat{y} = Costos de producción (Nuevos Soles)

b_1, b_2, b_3 = Coeficientes lineales.

x_1, x_2, x_3 = Porcentajes de carne, alpaca, nuez y transglutaminasa respectivamente, presentes en la formulación (%).

c) Pérdidas por cocción → ecuación cuadrática

$$\hat{y} = b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_1x_2 + b_5x_1x_3 + b_6x_2x_3 \quad (18)$$

Donde:

\hat{y} = Pérdidas por cocción (%)

b_1, b_2, b_3 = Coeficientes lineales.

b_4, b_5, b_6 = Coeficientes cuadráticos

x_1, x_2, x_3 = Porcentajes de carne, alpaca, nuez y transglutaminasa respectivamente, presentes en la formulación (%).

Posteriormente, se realizaron el Análisis de Varianza y la Prueba de Significancia de los coeficientes del modelo estimado. Además mediante el programa *Design Expert*[®] 7,0. Se realizó la optimización de las formulaciones con el fin de obtener una mezcla idónea de los 3 componentes que cumpla los parámetros detallados en el Cuadro 18.

Cuadro 18: Parámetros para obtener la fórmula optimizada.

	Objetivo	Límite mínimo	Límite máximo
Carne Alpaca	Minimizar	79,00	94,00
Nuez	Maximizar	5,29	20,00
MTGasa	Minimizar	0,50	1,00
Cohesividad	En Rango	0,43	0,55
Costos	Minimizar	32,40	47,50
Cooking losses	Minimizar	0,18	0,42

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANÁLISIS PROXIMAL DE LOS INGREDIENTES PRINCIPALES

4.1.1. CARNE DE ALPACA

Los resultados obtenidos tras el análisis proximal de la carne de alpaca, detallado en el Cuadro 19, se corroboran con lo mencionado por Salvá (2009) que indica a la carne de alpaca con una composición de 22,69% de proteína, 2,05% de grasa, 1,10% de ceniza y 74,07% de humedad. Así es posible apreciar que estos valores son próximos a los resultados del análisis proximal realizado. Compete señalar que el alto contenido proteico (21,29%) de este componente corresponde directamente a la especie, y las variaciones de $\pm 1,5\%$ observadas pueden atribuirse a factores tales como raza, edad, sexo o estado fisiológico del animal (Prändl *et al.* 1994).

Cuadro 19: Resultados del análisis proximal de la carne de alpaca (*Vicugna pacos* L.).

	Promedio \pm SD
Humedad %	75,30 \pm 1,8
Proteína %	21,29 \pm 2,03
Grasa %	2,15 \pm 1,05
Cenizas %	1,25 \pm 0,08

4.1.2. NUEZ

En los resultados obtenidos con el análisis proximal de la nuez, detallado en el Cuadro 20, van a la par con los valores mencionados por Serrano *et al.* (2006) y el USDA (2004) que dan a la nuez una composición de 15,2% de proteína, 65% de grasa, 13,7% de

Carbohidratos, 1,10% de ceniza y 4,1% de humedad. Ya que el valor referente a los carbohidratos no fue determinado se lo calculo como diferencia del 100%.

Cuadro 20: Resultados del análisis proximal de la nuez (*Juglans regia* L.).

	Promedio \pm SD
Humedad %	3,80 \pm 1,01
Proteína %	14,83 \pm 1,07
Grasa %	65,05 \pm 2,5
Carbohidratos %	10,07 \pm 2,3
Cenizas %	6,25 \pm 0,9

4.1.3. TRANSGLUTAMINASA ACTIVA[®] GS “MTGasa”

En este ingrediente no se pudo realizar análisis alguno ya que está protegido bajo legislación de patentes y propiedad intelectual que rige la seguridad industrial de Ajinomoto Co., pero al ser un producto liofilizado se estima que tiene una humedad inferior al 1,5%. Los componentes principales detallados en la etiqueta del producto son:

- Transglutaminasa microbiana (proteína)
- Gelatina (carbohidrato)
- Maltodextrina (carbohidrato)
- Clorhidrato de sodio
- Fosfato de trisodio
- Aceite de cártamo

4.2. DETERMINACIÓN DEL POLINOMIO CANÓNICO DE SCHEFFÉ Y EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LOS INGREDIENTES PARA EL CASO DE LA COHESIVIDAD, PÉRDIDAS POR COCCIÓN Y COSTO DE PRODUCCIÓN DEL REESTRUCTURADO CÁRNICO.

4.2.1. COHESIVIDAD

La textura de los productos cárnicos es un elemento esencial por cuanto constituye uno de los principales criterios que condiciona su aceptación o rechazo por el consumidor. Entre los parámetros de textura, la cohesividad tiene un papel destacado.

Asimismo, la unión de las partículas que conforman los reestructurados resulta un parámetro esencial a valorar en este tipo de productos. De los resultados obtenidos se desprende que, en general, la presencia de nuez da lugar a la formación de estructuras más blandas. Así, la incorporación de nuez en más de un 10% provocó un ablandamiento progresivo de los productos, disminuyendo (valor $P < 0,05$) la cohesividad en productos sometidos a tratamiento térmico (cocidos).

Este tipo de comportamiento se ha relacionado con diversos factores, uno de ellos la presencia de grasa. Sin embargo, resultados diferentes han sido descritos en relación con la influencia del contenido en grasa (Serrano 2006). Por sus características físico-químicas y efecto de dilución sobre el material proteico, el incremento de grasa puede provocar una disminución en la cohesión entre las partículas de carne disminuyendo la resistencia al corte. Esto es fácilmente apreciable en la Figura 15.

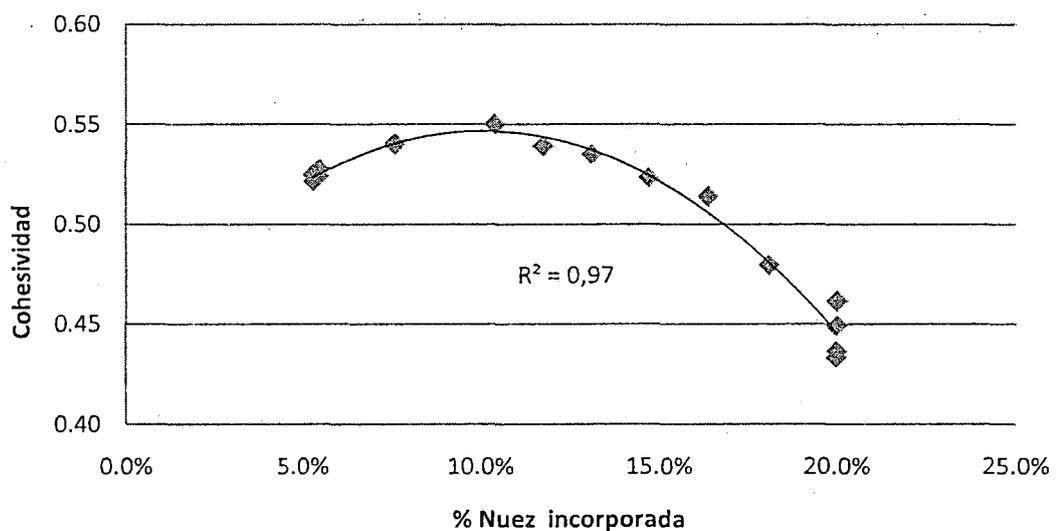


Figura 15: Dispersión de cohesividad y porcentaje de nuez incorporada

a. Establecimiento del modelo matemático y análisis estadístico.

En Los valores observados y estimados de la cohesividad del reestructurado, correspondientes a cada una de las formulaciones de paté estudiadas, son presentados en el Cuadro 21.

Luego de ser sometidos los valores observados al análisis de regresión múltiple correspondiente, se obtuvo la siguiente ecuación cuadrática:

$$\hat{y} = 0,00455774 * X_1 - 0,078225 * X_2 + 4,3896 * X_3 + 0,00104819 * X_1 * X_2 - 0,044418 * X_1 * X_3 - 0,044451 * X_2 * X_3 \quad (19)$$

Donde \hat{y} representa la cohesividad del reestructurado estimada o predicha (%), mientras que X_1 , X_2 y X_3 corresponden a los porcentajes de cada uno de los ingredientes (Carne de alpaca, Nuez y MTGasa) presentes en cada mezcla.

Cuadro 21:-Valores observados y predichos de la cohesividad en las formulaciones experimentales

Fórmula N°	X ₁ Carne %	X ₂ Nuez %	X ₃ MTGasa %	Cohesividad Observada %	Cohesividad Predicha (\hat{y}) %
1	94,00	5,29	0,71	0,525	0,521
2	93,53	5,47	1,00	0,524	0,527
3	79,48	20,00	0,52	0,437	0,448
4	86,09	13,11	0,80	0,535	0,536
5	91,89	7,61	0,50	0,540	0,541
6	84,28	14,72	1,00	0,523	0,525
7	79,00	20,00	1,00	0,433	0,443
8	87,56	11,75	0,69	0,539	0,543
9	82,62	16,39	1,00	0,514	0,505
10	79,00	20,00	1,00	0,449	0,443
11	89,04	10,41	0,56	0,550	0,548
12	91,89	7,61	0,50	0,540	0,541
13	94,00	5,29	0,71	0,521	0,521
14	80,90	18,10	1,00	0,479	0,479
15	79,48	20,00	0,52	0,461	0,448
16	93,53	5,47	1,00	0,527	0,527

Media = 0,5062; Desviación estándar (SD) = 0,0075; $R^2 = 0,976$; $R^2_{adj} = 0,965$

Con el análisis de varianza para el efecto de la cohesividad se determino el valor F calculado para el modelo de 82,67 con valor p de 0,0001 (< 0,05), línea de mezcla con valor F calculado de 136,98 con valor p de 0,0001 (< 0,05) y combinación de ingredientes AB (carne de alpaca y nuez) con valor F calculado de 128,62 y valor p de 0,001 (< 0,05) implicando que sean significativos. Así se daría solo una posibilidad, de un 0,01%

“modelo F-Valor” de este tamaño, pudiendo no ocurrir debido al efecto ruido de las variables no controlables.

Los valores p mayores de 0,05 indican que los términos del modelo son no significativos. En este caso los componentes de la mezcla, AC (carne de alpaca y transglutaminasa MTGasa) y BC (nuez y transglutaminasa MTGasa) son términos no significativos del modelo, demostrando no tener impacto sobre la cohesividad de los reestructurados como ya lo menciona Jiménez *et al.* (2003) y Serrano (2006).

Con estos resultados corroboramos lo mencionado por Serrano (2006) y Moller *et al.* (1997) que aclaran sobre las interacciones: proteína-proteína, proteína-agua y proteína-grasa, bajo el efecto de la presencia de componentes de la nuez que condicionan muchas propiedades básicas de los productos cárnicos, como son la capacidad de retención de agua, formación de geles, procesos de emulsificación, etc.; que por diversos mecanismos, y como consecuencia de la presencia de diferentes componentes de la nuez, se producen modificaciones en el tipo de interacciones que conducen a la existencia de ciertas limitaciones (interferencias) en el proceso de gelificación, afectando a distintas características de los productos como: propiedades ligantes de grasa y agua, textura, cambios dimensionales, y por defecto sensoriales.

Por el contrario en los resultados obtenidos al incluir transglutaminasa en mariscos como la jaiba azul demuestran tener implicación directa la cantidad de enzima agregada sobre la cohesividad, esto se debe a la presencia de diferentes proporciones de las proteínas, actina y miosina en las especies, ya que son estas las que actúan en los enlaces covalentes realizados por la enzima (Martínez *et al.* 2010; Moreno 2010).

Considerando el coeficiente de determinación (R^2), se puede establecer que el 0,976% de la variación en la respuesta se explica gracias al modelo seleccionado. Con este valor se puede afirmar que el modelo es significativo; siendo además suficiente para representar la relación existente entre la respuesta (Cohesividad) y las variables estudiadas (carne de alpaca, nuez y MTGasa). Así, con referencia al coeficiente de determinación ajustado (R^2_{adj}), según Cornell (2002), que menciona el uso en reemplazo de R^2 como una medida de bondad de ajuste de la ecuación de regresión a las observaciones experimentales, mencionando que cuando su valor es cercano a 1, el grado de correlación

entre los valores observados y predichos por el modelo es alto. En tal sentido, de acuerdo a lo mencionado por Cornell (2002), que el valor R^2_{adj} registrado (0,965), en el modelo de la Ecuación (19) se ajusta de manera proporcionada a los datos experimentales referidos en el Cuadro 21.

Con respecto a los coeficientes de la Ecuación (19), estos fueron analizados mediante la prueba F de Fisher, con la finalidad de eliminar aquellos que no presentaran significancia estadística (nivel de significación $\alpha=0,05$).

Utilizando el criterio mencionado por Cornell (2002), de que cuando el valor p es mayor a 0,05 ó 0,01 (dependiendo del nivel de significación escogido), el coeficiente asociado a dicho valor es no significativo; la significancia del coeficiente en cuestión queda establecida y se puede afirmar que tres coeficientes de los analizados son altamente significativos, tanto 95% de nivel de confianza, puesto que su valor p es inferior a 0,05.

b. Efecto de los ingredientes sobre la cohesividad (cocido)

Con la finalidad de analizar detalladamente la influencia de los tres ingredientes estudiados, se consideraron ploteos de la superficie respuesta de la cohesividad en relación a los tres ingredientes estudiados, obteniendo las Figuras 16 y 17, en las cuales es fácilmente apreciable el comportamiento que tiene la cohesividad por efecto de los ingredientes, ya que forma una curva ascendente conforme aumenten los ingredientes pero cuando se incorpora mayor cantidad de estos se presenta un descenso de la cohesividad.

Con la finalidad de analizar detalladamente la influencia de los tres ingredientes estudiados, se consideraron los denominados “Trazos de Cox” para cada uno de ellos, presentados en la Figura 18. Interpretando dichos trazos de acuerdo a Cornell (2002) se puede apreciar que la carne de alpaca, que es el ingrediente sobre el cual actúa directamente la enzima en la unión covalente molecular, sufre un efecto marcado con respecto a la concentración de nuez causando un descenso de la cohesividad, acorde a lo mencionado por Motoki y Seguro (1998) en sus estudios sobre la transglutaminasa microbiana, además es claramente notorio que para mantener la cohesión la proporción de MTGasa va aumentando hasta el punto que ni esta puede contener los efectos de los componentes de la nuez sobre las proteínas cárnicas y la enzima.

Cohesividad

Design-Expert® Software

Text- Cohesividad

○ Design Points

0.549908

0.433346

X1 = A: carne

X2 = B: nuez

X3 = C: MTGasa

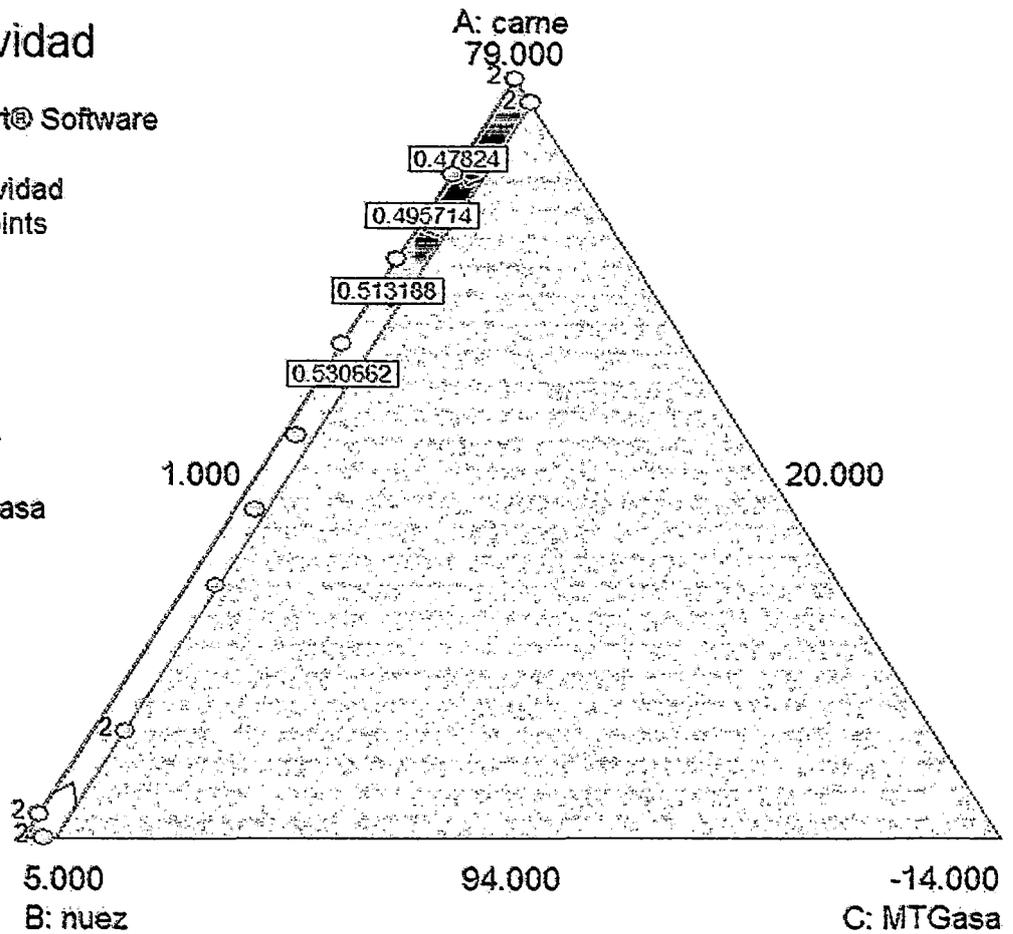


Figura 16: Ploteo de contornos de la superficie de respuesta para la cohesividad de los reestructurados cocidos, en función del porcentaje de carne de alpaca (X_1), Nuez (X_2) y MTGasa (X_3).

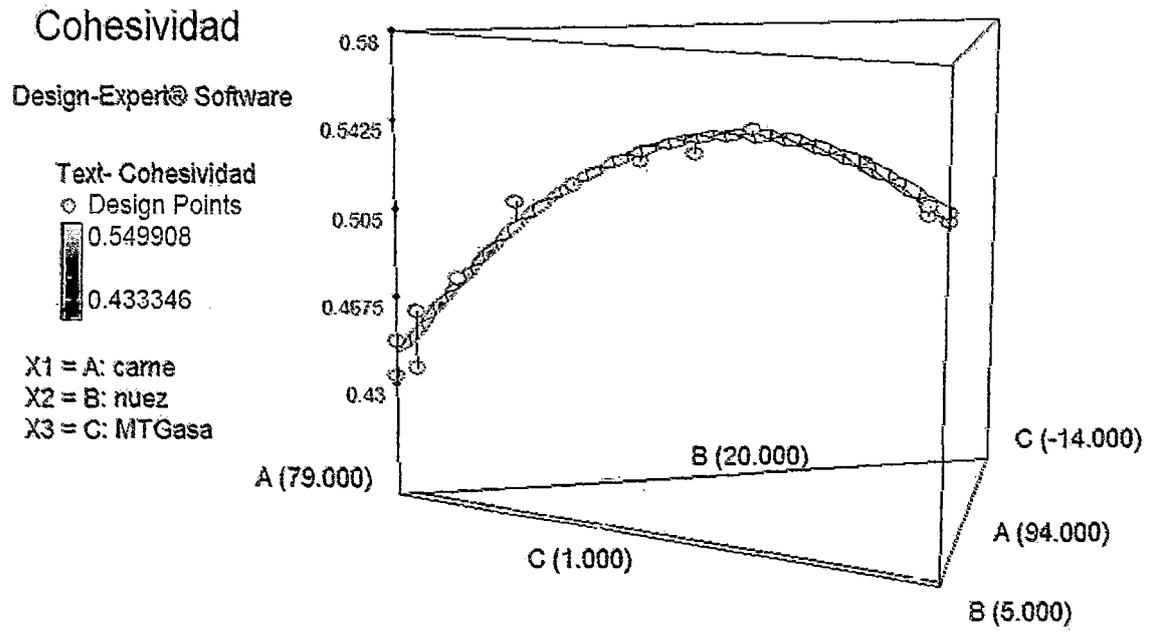


Figura 17: Superficie de respuesta para la cohesividad de los reestructurados cocidos, en función del porcentaje de carne de alpaca (X_1), Nuez (X_2) y MTGasa (X_3).

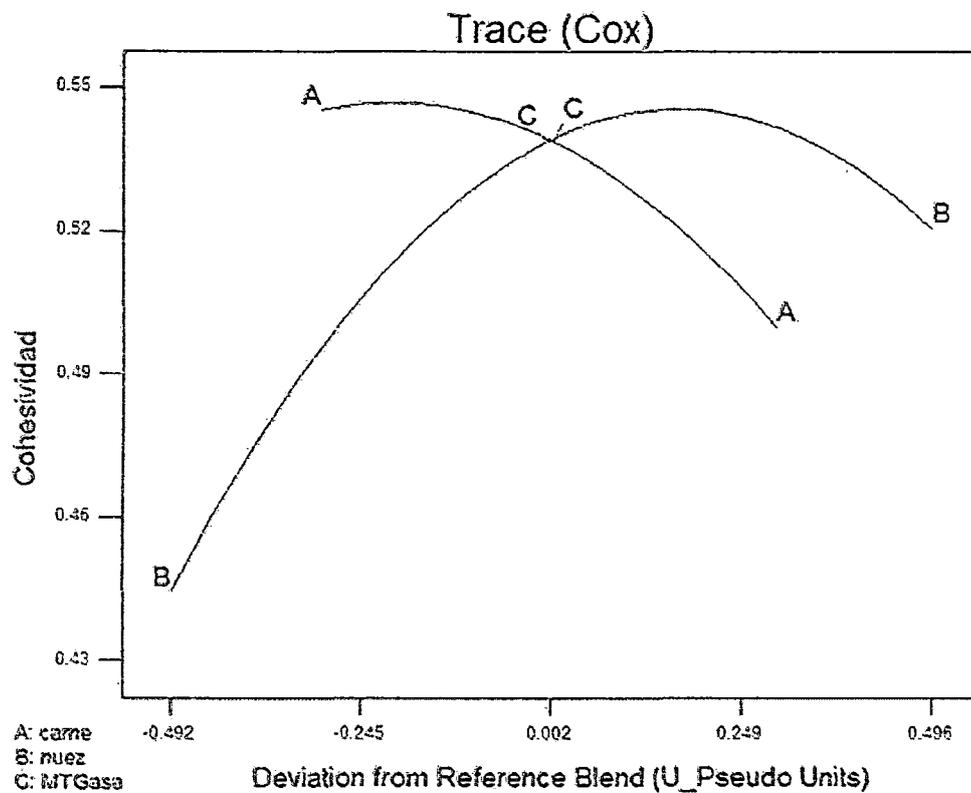


Figura 18: Trazos de Cox para la evaluación del efecto de cada ingrediente sobre la cohesividad del reestructurado cocido

Otro posible mecanismo a considerar se basa en que la incorporación de ingredientes no cárnicos puede reducir la proporción de agua disponible para constituir la matriz proteica formada en los procesos de gelificación, lo cual también puede significar menor unión entre partículas (Farouk *et al.* 2000). Asimismo, algunos autores han indicado que la incorporación de este tipo de ingredientes da lugar a estructuras que tiene menor rigidez y se rompen más fácilmente, efecto atribuido principalmente a la dilución que provocan en el sistema proteico (Tsai *et al.* 1996), o a la reducción en la fricción y/o unión entre las partículas de carne (Saleh & Ahmed 1998). No hay que olvidar que en la textura de los productos también pueden influir cambios de composición acontecidos durante el procesado; así por ejemplo a igual composición, menores pérdidas de peso por cocción dan lugar a productos más blandos (Shao *et al.* 1999).

Finalmente, hay que considerar la posibilidad de que algunos componentes musculares (muy accesibles por la existencia de un elevado grado de desintegración estructural), interaccionen con los componentes de la nuez, limitando los procesos de gelificación térmica y por tanto las características de los productos obtenidos. En efecto la incorporación de nuez modifica la microestructura de los productos, en los que las partículas cárnicas aparecen recubiertas por los componentes de la nuez, lo que contribuye a una mayor separación entre ellas

4.2.2. PÉRDIDAS POR COCCIÓN

a. Establecimiento del modelo matemático y análisis estadístico.

En Los valores observados y estimados de las pérdidas por cocción del reestructurado, correspondientes a cada una de las formulaciones de paté estudiadas, son presentados en el Cuadro 22.

Luego de ser sometidos los valores observados al análisis de regresión múltiple correspondiente, se obtuvo la siguiente ecuación cuadrática:

$$\hat{y} = 0,00747525 * X_1 + 0,1 * X_2 + 57,24795 * X_3 - 0,00123841 * X_1 * X_2 - 0,57958 * X_1 * X_3 - 0,5941 * X_2 * X_3 \quad (20)$$

Donde \hat{y} representa las pérdidas por cocción (*cooking losses*) del reestructurado estimada o predicha (%), mientras que X_1 , X_2 y X_3 corresponden a los porcentajes de cada uno de los ingredientes (Carne de alpaca, Nuez y MTGasa) presentes en cada mezcla.

Cuadro 22: Valores observados y predichos de pérdidas por cocción (*cooking losses*) en las formulaciones experimentales

Nº	X ₁ Carne %	X ₂ Nuez %	X ₃ MTGasa %	Cooking losses Observada %	Cooking losses Predicha (\hat{y}) %
1	94,00	5,29	0,71	35,57%	34,92%
2	93,53	5,47	1,00	41,05%	40,27%
3	79,48	20,00	0,52	21,17%	26,18%
4	86,09	13,11	0,80	22,35%	20,74%
5	91,89	7,61	0,50	34,96%	31,66%
6	84,28	14,72	1,00	17,77%	22,13%
7	79,00	20,00	1,00	17,99%	21,30%
8	87,56	11,75	0,69	21,76%	22,36%
9	82,62	16,39	1,00	22,94%	21,10%
10	79,00	20,00	1,00	22,90%	21,30%
11	89,04	10,41	0,56	25,67%	25,91%
12	91,89	7,61	0,50	28,99%	31,66%
13	94,00	5,29	0,71	33,29%	34,92%
14	80,90	18,10	1,00	23,78%	20,81%
15	79,48	20,00	0,52	25,89%	26,18%
16	93,53	5,47	1,00	39,09%	40,27%

Media = 0,28; Desviación estándar (SD) = 0,035; $R^2 = 0,8591$; $R^2_{adj} = 0,7886$

Realizado el análisis de varianza para las pérdidas por cocción se determinó que el valor F calculado para el modelo de 12,19 con un valor p de 0,0005 (< 0,05) implica que este sea significativo. Así se daría solo una posibilidad, de un 0,0005% “modelo F-Valor” de este tamaño, pudiendo no ocurrir debido al efecto ruido de las variables no controlables. Esta circunstancia ocurre de forma similar en relación a la línea de mezcla con el valor F calculado de 20,22 y valor p de 0,0003 (< 0,05), además en la falta de ajuste del valor F de 0,43 y valor p de 0,81 implica que la falta de ajuste no es significativa en relación al error

puro. Por lo tanto hay una posibilidad de 81,03% que la "falta de ajuste del valor F" de esta magnitud podría ocurrir. La no significancia de la falta de ajuste es buena ya que lo que se busca es que el modelo se adapte, corroborando estos resultados con los valores de $R^2 = 0,8591$; $R^2_{adj} = 0,7886$.

Los valores de "Prob> F" a menos de 0,10 indican los términos del modelo son significativos. En este caso los componentes de la mezcla (carne de alpaca, nuez y MTGasa) son términos significativos del modelo, demostrando tener un importante impacto sobre las pérdidas por cocción de los reestructurados.

En la falta de ajuste del valor F de 0,43 y un valor p de 0,81 ($> 0,05$) implica que la falta de ajuste no es significativa en relación al error puro. Por lo tanto hay una posibilidad de 81,03% que la "falta de ajuste del valor F" de esta magnitud podría ocurrir. La no significancia de la falta de ajuste es buena ya que lo que se busca es que el modelo se adapte.

Esto lo menciona Serrano (2006), comentando que la nuez tiene un efecto incremental sobre particularidades que ayudan a disminuir las pérdidas por cocción, además indica que existe una relación inversa entre los porcentajes incorporación de nuez y los porcentajes de pérdidas por cocción, relación que fue encontrada de forma similar en esta investigación, mostrada en la Figura 19. Adicionalmente se indican que las pérdidas por cocción de las formulaciones con mayor cantidad de carne de alpaca son más elevadas a la referencia de 27% reportado por Salvá (2009).

Este comportamiento parece estar relacionado con diversos factores, algunos de ellos asociados a aspectos cuantitativos relativos a la diferente composición de las formulaciones, disminución de la humedad, unida a un incremento en el contenido de grasa de los productos, con el aumento del porcentaje de nuez. Sin embargo, otros factores pueden influir también en este tipo de propiedades, entre ellos se pueden señalar: fuerza iónica del medio, aptitud tecnológica de las proteínas cárnicas utilizadas como materia prima, pH del producto, proceso de picado (tamaño de partícula), condiciones del tratamiento térmico, empleo de diversos tipos de ingredientes, que pueden modificar la conductividad térmica del sistema, entre otros.

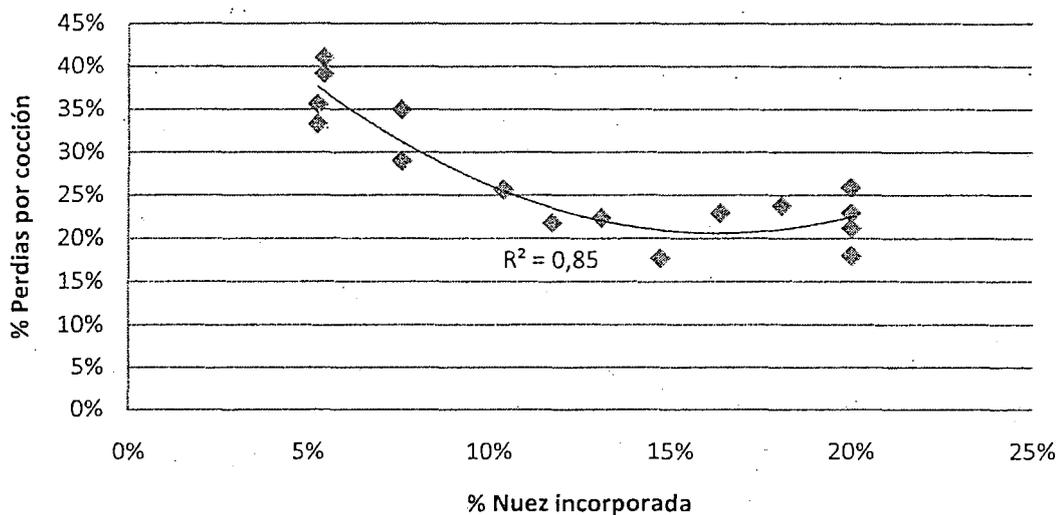


Figura 19: Gráfica de dispersión de las pérdidas por cocción y porcentaje de inclusión de nuez

b. Efecto de los ingredientes sobre las pérdidas por cocción

Analizando detalladamente la influencia de los tres ingredientes estudiados, se consideraron ploteos de la superficie respuesta de las pérdidas por cocción (*cooking losses*) en relación a los tres ingredientes estudiados, obteniendo las Figuras 20 y 21, en las cuales se aprecia el comportamiento que tiene las pérdidas por cocción por efecto de los ingredientes, ya que forma una ligeramente curva ascendente conforme aumenten los ingredientes principalmente la carne que es componente mayoritario de los reestructurados, haciendo presumir que este ingrediente tiene un efecto negativo sobre este factor de análisis. Por otro lado nos indica que la nuez ejerce algún efecto que promueve la disminución de las pérdidas durante la cocción.

Conjuntamente se analizó la influencia de los tres ingredientes estudiados consideraron los denominados “Trazos de Cox”, de la Figura 22, para cada uno de ellos. Interpretando dichos trazos de acuerdo a Cornell (2002) se corrobora lo antes mencionado del efecto de la nuez sobre las pérdidas por cocción, aclarando que a mayor inclusión de nuez menor es la pérdida por cocción, por el contrario se presentan una relación contraria en relación a la cantidad proporción de carne incluida, ya que a mayor cantidad de carne incorporada mayores son las pérdidas durante la cocción. Es destacado notar que los valores de inclusión de MTGasa tienen efecto relativamente notorio sobre las pérdidas por

cocción como consecuencia de la deshidratación de los grupos ϵ - amino de la lisina y los γ - carboxilo de la glutamina lo que favorece la formación de enlaces (Gerrad 2002), ya que la enzima interactúa con la proteína que a su vez está siendo promovida para la retención del agua por la sal y el tripolifosfato adicionados a todas las formulaciones, ocasionando una mayor retención de agua y tendiendo a disminuir ligeramente las pérdidas por cocción.,

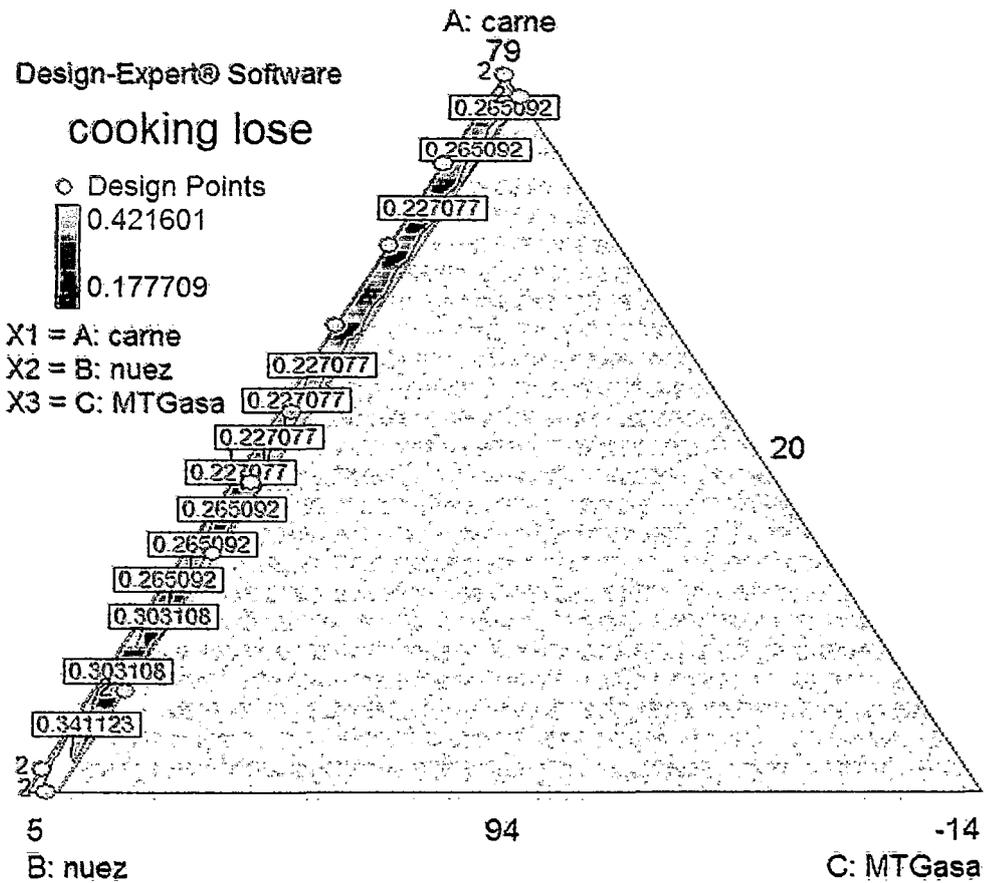


Figura 20: Ploteo de contornos de la superficie de respuesta para las pérdidas por cocción de los reestructurados cocidos, en función del porcentaje de carne de alpaca (X_1), Nuez (X_2) y MTGasa (X_3).

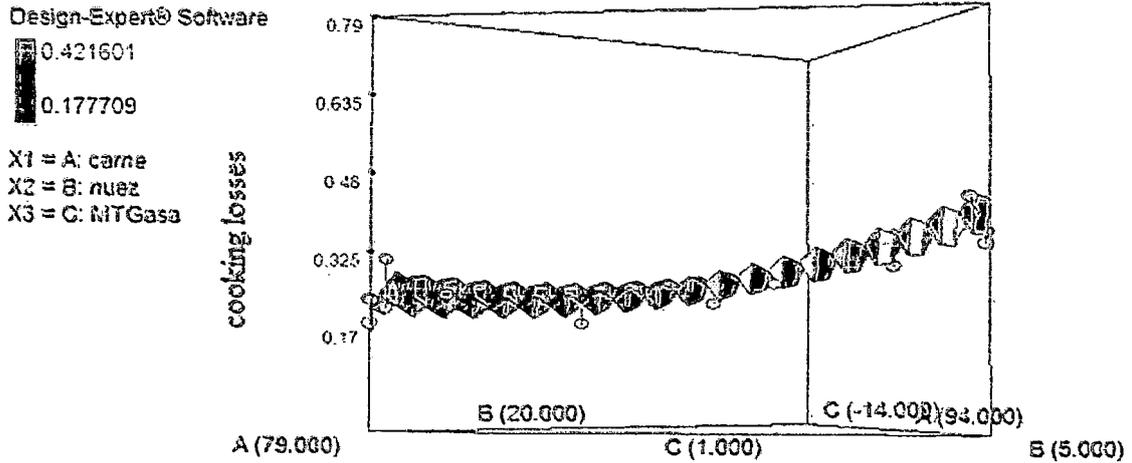


Figura 21: Superficie de respuesta para las pérdidas por cocción de los reestructurados cocidos, en función del porcentaje de carne de alpaca (X_1), Nuez (X_2) y MTGasa (X_3).

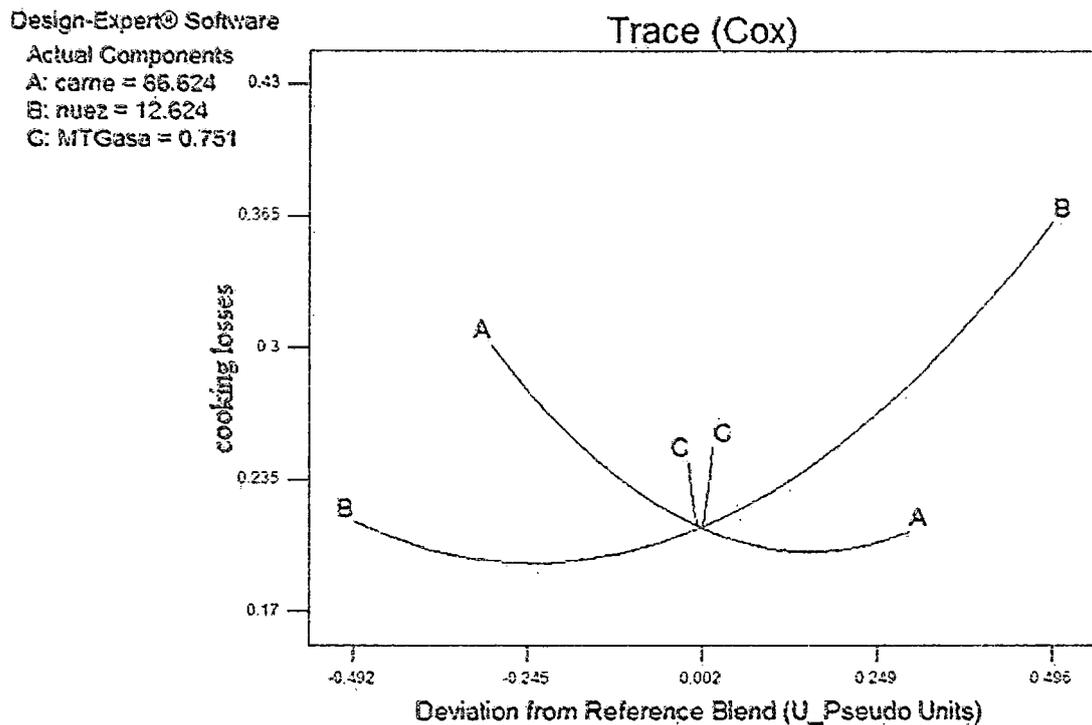


Figura 22: Trazos de Cox para la evaluación del efecto de cada ingrediente sobre las pérdidas por cocción (*cooking losses*) del reestructurado cocido

4.2.3. COSTOS DE PRODUCCIÓN

a. Establecimiento del modelo matemático y análisis estadístico.

Los valores observados y estimados de los costos de producción del reestructurado, correspondientes a cada una de las formulaciones de paté estudiadas, son presentados en el Cuadro 23.

Luego de ser sometidos los valores observados al análisis de regresión múltiple correspondiente, se obtuvo la siguiente ecuación lineal:

$$\hat{y} = 0,25339 * X_1 + 1,19556 * X_2 + 3,35538 * X_3 \quad (21)$$

Donde \hat{y} representa los costos de producción del reestructurado estimada o predicha (Nuevos Soles), mientras que X_1 , X_2 y X_3 corresponden a los porcentajes de cada uno de los ingredientes (Carne de alpaca, Nuez y MTGasa) presentes en cada mezcla.

Cuadro 23: Valores observados y predichos de costos de producción en Nuevos Soles (S./) de las formulaciones experimentales

Nº	X ₁ Carne %	X ₂ Nuez %	X ₃ MTGasa %	Costo Producción Observada S./	Costo Producción Predicha (\hat{y}) S./
1	94,000	5,292	0,708	32,47	32,52
2	93,531	5,469	1,000	33,29	33,59
3	79,479	20,000	0,521	46,29	45,80
4	86,093	13,109	0,798	40,47	40,16
5	91,893	7,607	0,500	34,42	34,06
6	84,282	14,719	0,999	42,70	42,31
7	79,000	20,000	1,000	47,50	47,28
8	87,559	11,750	0,691	38,14	38,55
9	82,615	16,386	0,999	43,93	43,88
10	79,000	20,000	1,000	47,46	47,28
11	89,037	10,407	0,556	37,22	36,87
12	91,893	7,607	0,500	34,36	34,06
13	94,000	5,292	0,708	32,40	32,52
14	80,903	18,097	1,000	45,38	45,49
15	79,479	20,000	0,521	44,52	45,80
16	93,531	5,469	1,000	33,22	33,59

Media = 39,61; Desviación estándar (SD) = 0,48; $R^2 = 0,9940$; $R^2_{adj} = 0,993$

Dentro del análisis de varianza para los costos de producción, el valor F calculado para el modelo de 1080,35 y un valor p de 0,0001 ($<0,05$) implica que este sea significativo. Así se daría solo una posibilidad, de un 0,01% “modelo F-Valor” de este tamaño, pudiendo no ocurrir debido al efecto ruido de las variables no controlables.

En la falta de ajuste del valor F de 0,56 y valor p de 0,77 ($>0,05$) demuestra que la falta de ajuste no es significativa en relación al error puro. Por lo tanto hay una posibilidad de 77,86% que la "falta de ajuste del valor F" de esta magnitud podría ocurrir. La no significancia de la falta de ajuste es buena ya que lo que se busca es que el modelo se adapte, siendo esto demostrado por los $R^2 = 0,9940$ y $R^2_{adj} = 0,993$.

De esta manera se confirma que los costos de los ingredientes tienen una relación directa con el costo de la formulación basándose en la proporción de cada uno de estos que conforman el reestructurado.

b. Efecto de los ingredientes sobre los costos de producción

Analizando detalladamente la influencia de los tres ingredientes estudiados, se consideraron ploteos de la superficie respuesta de los costos de producción en relación a los tres ingredientes estudiados, obteniendo las Figuras 23 y 24, en las cuales se aprecia claramente los efectos lineales que sufren los costos por variación de los ingredientes principalmente del ingrediente mayoritario que es la carne de alpaca.

Adicionalmente se analizó la influencia de los tres ingredientes estudiados consideraron los denominados “Trazos de Cox”, de la Figura 25. Interpretando dichos trazos de acuerdo a Cornell (2002) se corrobora lo antes mencionado, del efecto que sufren los costos de producción en relación a la variación del componente principal que es la carne de alpaca; es importante notar que al incrementar la proporción de nuez los costos tienden a bajar cuantiosamente mientras que con la MTGasa sucede algo similar, lo cual no es claramente apreciable por las pequeñas proporciones de inclusión que tiene la enzima dentro de las formulaciones.

Finalmente es posible concordar con lo mencionado por Serrano (2006) en relación a las bondades que brinda la nuez no solamente en lo tecnológico e incremento de moléculas bioactivas como son los ácidos grasos omega 3, sino que posibilitan producir productos cárnicos a menor costo.

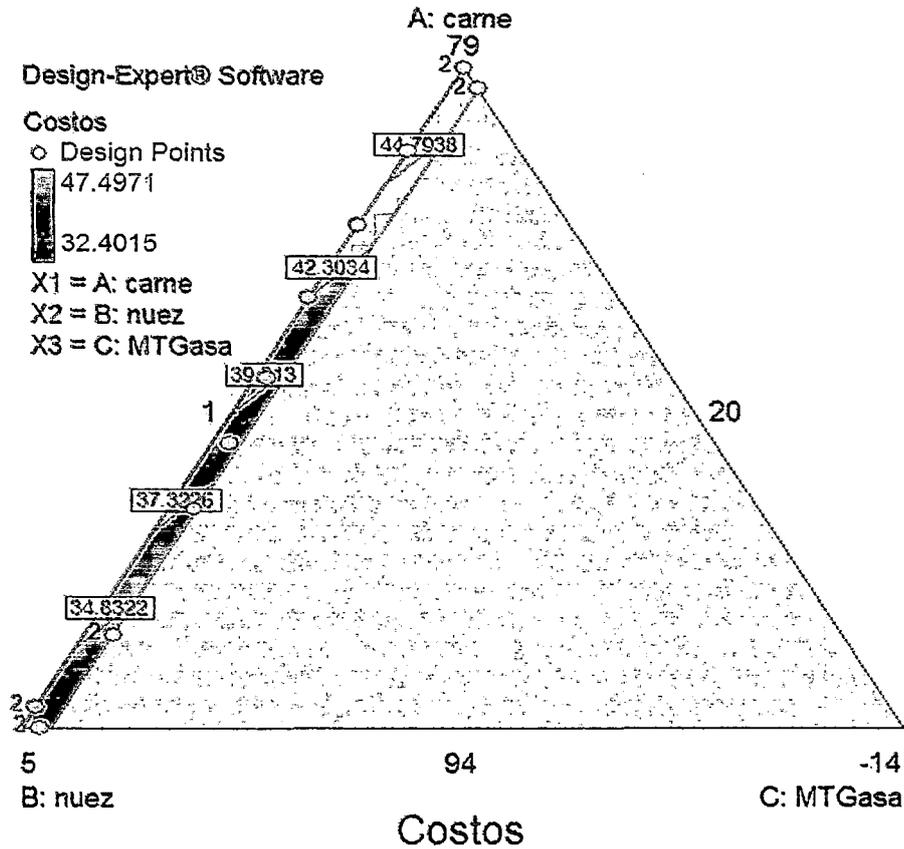


Figura 23: Ploteo de contornos de la superficie de respuesta para los costos de producción de los reestructurados cocidos, en función del porcentaje de carne de alpaca (X_1), Nuez (X_2) y MTGasa (X_3).

Design-Expert® Software

47.4971

32.4015

X1 = A: carne

X2 = B: nuez

X3 = C: MTGasa

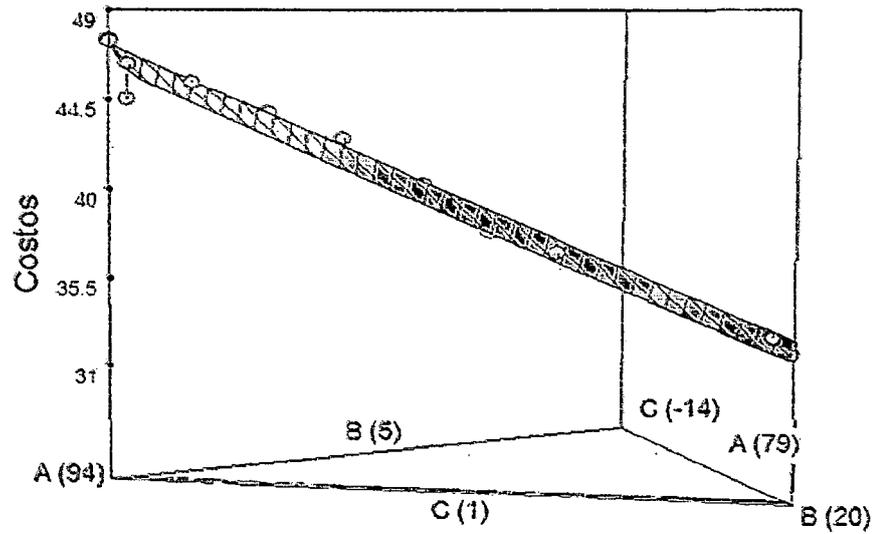


Figura 24: Superficie de respuesta para los costos de producción de los reestructurados cocidos, en función del porcentaje de carne de alpaca (X_1), Nuez (X_2) y MTGasa (X_3).

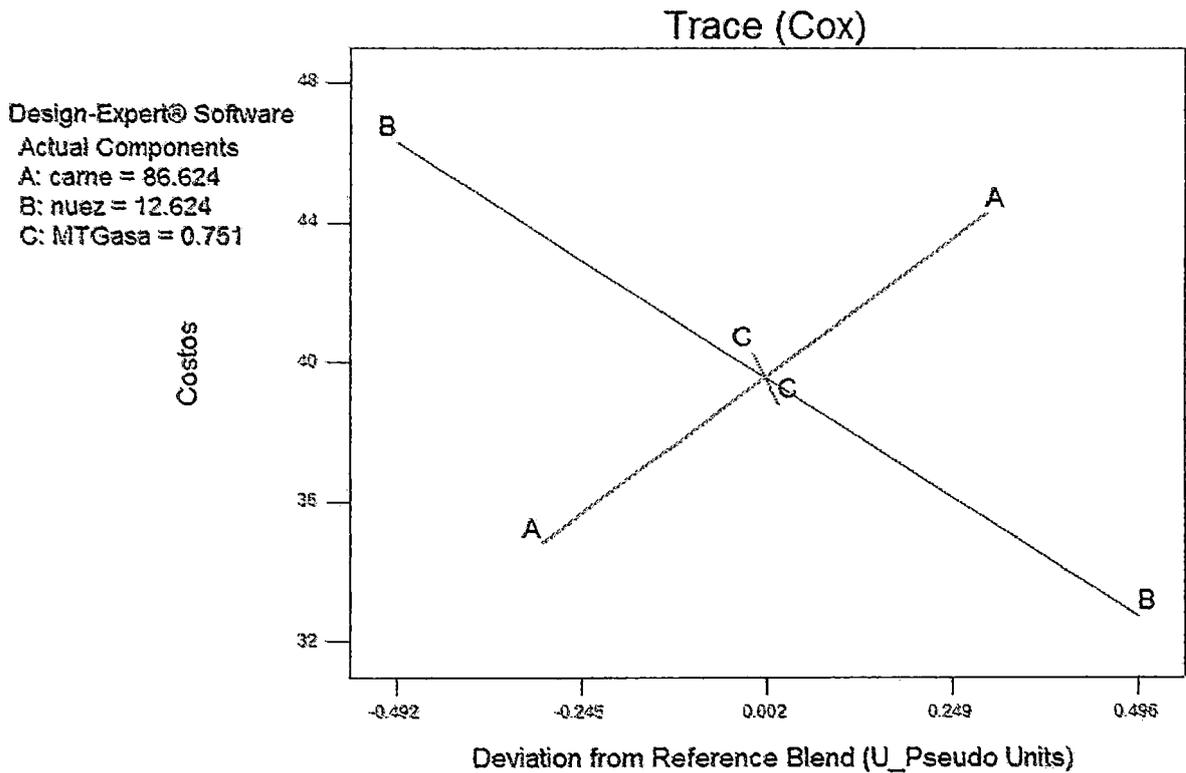


Figura 25: Trazos de Cox para la evaluación del efecto de cada ingrediente sobre costos de producción del reestructurado cocido

4.3. OPTIMIZACIÓN SIMULTÁNEA DE RESPUESTAS

Luego de obtenidos los modelos matemáticos para cada una de las respuestas estudiadas, se realizó la optimización simultánea de las mismas, de acuerdo a la metodología descrita por Cornell (2002); asignando un valor de 1 para el exponente t en la función de deseabilidad.

Para realizar la optimización de las respuestas, se procedió a utilizar las características consideradas apropiadas por Serrano (2006), siendo las restricciones de cada ingrediente y valoración acorde a obtener lo presentado en el Cuadro 24, así mediante el programa *Design Expert 7*[®] se obtuvo la lista de formulaciones de acuerdo a su deseabilidad detalladas en el Cuadro 25.

Cuadro 24: Parámetros para obtener la fórmula optimizada

	Objetivo	Límite mínimo	Límite máximo
Carne Alpaca	Minimizar	79,00	94,00
Nuez	Maximizar	5,29	20,00
MTGasa	Minimizar	0,50	1,00
Cohesividad	En Rango	0,43	0,55
Costos	Minimizar	32,40	47,50
cooking losses	Minimizar	0,18	0,42

Cuadro 25: Lista de formulaciones optimizadas y ordenadas por deseabilidad

Número	Carne Alpaca (%)	Nuez (%)	MTGasa (%)	Cohesividad	Costos Prod. (S/.)	Cooking losses	Deseabilidad
1	91,61	7,49	0,90	0,54	35,19	31,65%	72,58%
2	90,59	8,42	0,99	0,55	36,33	31,69%	71,56%
3	91,24	8,19	0,57	0,54	34,83	29,12%	52,86%
4	87,51	11,88	0,61	0,54	38,43	23,14%	50,51%
5	84,20	14,92	0,88	0,52	42,12	19,86%	49,44%
6	83,71	15,42	0,87	0,52	42,56	19,52%	46,62%
7	82,13	17,01	0,86	0,50	44,02	19,00%	36,65%
8	81,85	17,25	0,89	0,49	44,36	19,24%	35,25%
9	80,86	18,21	0,93	0,48	45,39	19,69%	27,85%

Se determinaron nueve formulaciones óptimas que cumplan con las restricciones impuestas, dentro de las cuales se apreció que la mezcla denominada Fórmula 1 presenta el valor de deseabilidad global más elevado (0,72). Por otro lado la mezcla o Fórmula 2, en comparación con la Formulación 1 presentó una menor (0,71) deseabilidad, pero nada despreciable; esto debe a un menor porcentaje de carne de alpaca, un mayor porcentaje de nuez y la proporción para la MTGasa también varía ligeramente en 0,85%. Debido a ello, comparándola con la Formulación 1, la cohesividad aumenta por que la cantidad de enzima también se incrementa y los costos aumentan, debido a esto también las pérdidas por cocción (*Cooking losses*) se mantienen estables.

Cabe resaltar que para el presente trabajo las tres variables respuestas tuvieron el mismo nivel de importancia, por lo tanto se determinó que la formulación 1 al tener una mayor deseabilidad sería la seleccionada como la fórmula óptima.

4.4. CARACTERIZACIÓN DE LA FORMULACIÓN ÓPTIMA

La muestra de reestructurado de carne de alpaca, correspondientes a la formulación óptima, fue caracterizada respecto a su composición químico proximal, parámetros texturales, color, nivel de agrado y preferencia.

Al realizar los análisis proximales del reestructurado optimizado (Cuadro 26) se obtuvo valores de humedad de 72,53%, proteína 20,86% y grasa 3,81% que ubica al reestructurado de alpaca con nuez optimizado dentro del rango de 5 a 10% de inclusión de nuez indicado por Serrano (2006), ya que dicha fórmula optimizada que contiene 7,48% de nuez adicionada, esto comprueba que la carne de alpaca no causa mayor diferencia, en el análisis proximal, con relación a la carne de bovino; pero claramente la inclusión de nuez en diferentes proporciones afecta la composición de las formulaciones.

Cuadro 26: Análisis proximal de reestructurado de alpaca con nuez optimizado

	Promedio \pm SD
Humedad %	72,53 \pm 3,34
Proteína %	20,87 \pm 1,46
Grasa %	3,81 \pm 8,78
Cenizas %	2,76 \pm 0,73

Conjuntamente se realizó los análisis del Análisis del Perfil de Textura (TPA) del reestructurado optimizado que fue comparado con los valores predichos por los modelos matemáticos (Cuadro 27) y encontramos que existe apenas una desviación estándar de 0,02 para la cohesividad, 1,44 nuevos soles para los costos de producción y de 0,72% para las pérdidas por cocción (*cooking losses*).

Esto confirma el hecho de que los modelos matemáticos se ajustan y que el experimento tiene grandes probabilidades de repetitividad.

Cuadro 27: Análisis de variables observadas y predichas del reestructurado de alpaca con nuez optimizado

Fórmula Optimizada			
Ingrediente	Carne	Nuez	MTGasa
% inclusión	91,61%	7,49%	0,90%

	Cohesividad	Costos (S/.)	Cooking losses
Observado	0,57	33,15	30,69%
Predicho	0,54	35,19	31,71%

Estos resultados de cohesividad tienen relación con el contenido de agua y grasa del reestructurado con respecto a los valores predichos y observados de la formulación optimizada. La reducción de grasa o el incremento de agua en una formulación cárnica dan como resultado un producto cocido con menor calidad textural (Grigelmo Miguel *et al.* 1999). Asimismo, las variaciones en las características texturales de un producto cárnico pueden estar influenciadas por una variedad de factores tales como diferencia en las formulaciones y fuerza iónica, funcionalidad de las proteínas del sistema, concentración y características de la grasa, entre otros (Fernández López *et al.* 2004).

4.5. ANÁLISIS DE COLOR Y pH

4.5.1. ANÁLISIS DE COLOR (L^* , a^* , b^*)

Para el análisis de color se tomaron todas las formulaciones analizadas, además de la carne con alpaca sin adición de nuez, todas ellas crudas, como se presenta en el Cuadro 28, es notorio que los valores de L^* , a^* , b^* de la carne sin nuez difieren cuantiosamente de las formulaciones que tienen los valores más altos de inclusión de nuez. Así en los análisis de correlación realizados se encontró que al someter a una correlación múltiple, todos los factores (L^* , a^* , b^*) presentan valores p menores a 0,05 resultando significativos, de tal manera se prefirió realizar correlaciones parciales en las que se encontró, que solamente los valores de L^* y nuez presentan un valor p menor a 0,05 acorde como lo mencionan Serrano (2006) y Jiménez (2003) donde: luminosidad L^* y amarillecimiento b^* tienden a ser incrementados (valor $p < 0,05$), mientras que el enrojecimiento a^* sufre disminución progresiva de acuerdo a la adición de nuez, siendo estas detectables desde el 5% de incorporación de nuez (Figura 26); además los autores concuerdan que el cambio de la coloración está claramente ligado al incremento de grasa que genera una oxidación más rápida de las fibras musculares y por ende el cambio del color.

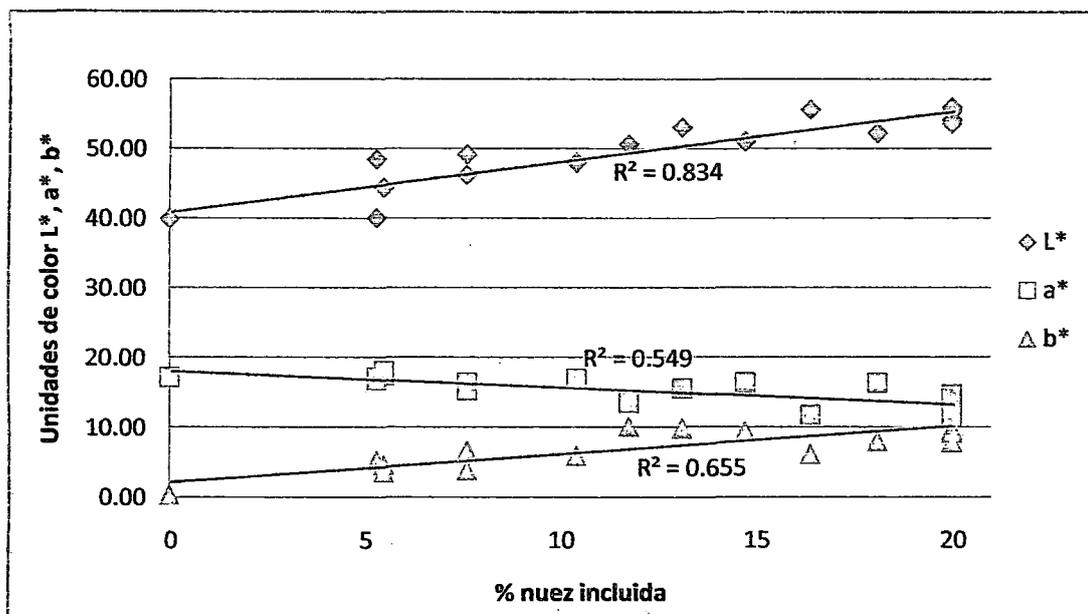


Figura 26: Cambios de color registrados en los reestructurados por la adición de nuez

Cuadro 28: Valores de L*, a*, b* de las formulaciones y de la carne de alpaca sin nuez

Nº	Carne %	Nuez %	MTGasa %	L*	a*	b*
1	94,00	5,29	0,71	40,06	17,18	5,13
2	93,53	5,47	1,00	44,42	18,07	4,63
3	79,48	20,00	0,52	55,43	11,55	9,58
4	86,09	13,11	0,80	53,11	15,58	9,85
5	91,89	7,61	0,50	49,15	15,30	6,64
6	84,28	14,72	1,00	51,05	16,36	9,42
7	79,00	20,00	1,00	53,60	11,64	13,83
8	87,56	11,75	0,69	50,66	13,52	10,11
9	82,62	16,39	1,00	55,65	11,77	6,16
10	79,00	20,00	1,00	54,14	13,80	7,84
11	89,04	10,41	0,56	48,01	16,98	5,89
12	91,89	7,61	0,50	46,22	16,37	3,83
13	94,00	5,29	0,71	48,48	16,79	5,23
14	80,90	18,10	1,00	52,25	16,34	7,99
15	79,48	20,00	0,52	56,02	14,66	9,20
16	93,53	5,47	1,00	44,40	17,41	3,56
Carne de Alpaca sin Nuez				39,91	17,11	0,29

4.5.2. ANÁLISIS DE pH

De similar forma que para el análisis del color se tomaron todos los valores de las formulaciones evaluadas, además de la carne de alpaca sin nuez. Estos resultados, presentados en el Cuadro 29 y Figura 27 se puede apreciar que la inclusión de nuez va causando una disminución del pH, además de la diferencia notoria que existe entre el valor del pH de la carne sin nuez y las formulaciones que se han adicionado nuez.

Estos cambios son indicados por Motoki *et al.* (1990), que menciona cambios de pH en sus ensayos con carne de bovino y aves por efecto directo de la enzima transglutaminasa, además claramente la adición de nuez con grandes cantidades de grasa (ácidos grasos omega 3) va a causar un efecto notorio sobre el pH de la carne.

Por otro lado se conoce que todos los componente de una formulacion llegan a producir, en cierto grado, una modificación del pH por lo que se asume que tanto la sal (NaCl) y el tripolifosfato añadido a todas las formulaciones contribuyó a estas modificaciones del pH.

Cuadro 29: Valores de pH de las formulaciones analizadas y de carne de alpaca sin nuez

N°	Carne %	Nuez %	MTGasa %	pH
1	94,00	5,29	0,71	6,23
2	93,53	5,47	1,00	6,17
3	79,48	20,00	0,52	6,02
4	86,09	13,11	0,80	6,12
5	91,89	7,61	0,50	6,12
6	84,28	14,72	1,00	6,08
7	79,00	20,00	1,00	6
8	87,56	11,75	0,69	6,1
9	82,62	16,39	1,00	6,08
10	79,00	20,00	1,00	5,97
11	89,04	10,41	0,56	6,1
12	91,89	7,61	0,50	6,13
13	94,00	5,29	0,71	6,23
14	80,90	18,10	1,00	6,05
15	79,48	20,00	0,52	6,03
16	93,53	5,47	1,00	6,18
Carne de Alpaca sin Nuez				6,18

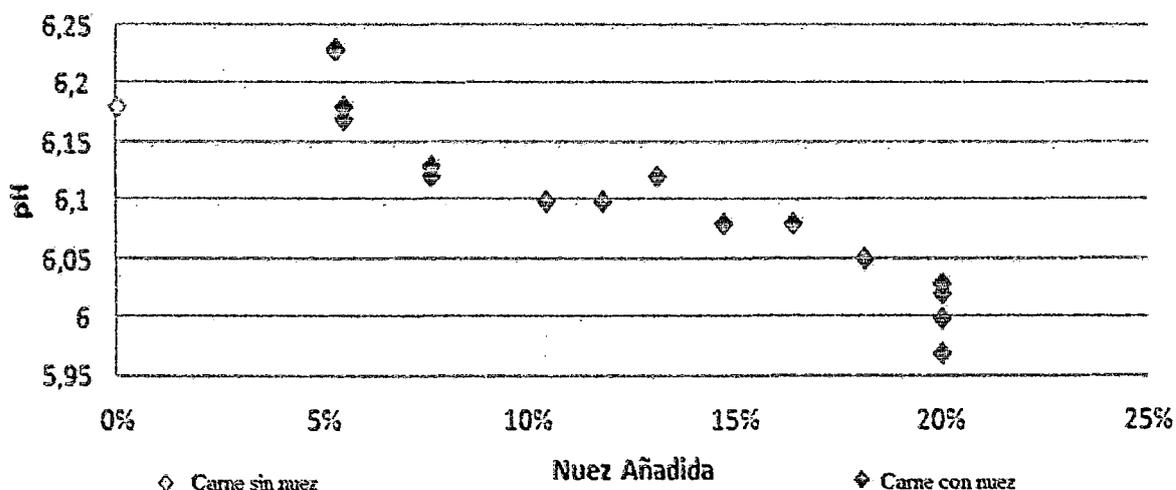


Figura 27: Dispersión del pH en relación al nivel de inclusión de nuez

4.6. ANÁLISIS SENSORIAL A NIVEL DE CONSUMIDOR FINAL

Para el análisis sensorial se tomaron 76 juicios de consumidores en una prueba pareada en la que se presentó dos muestras de reestructurado, una del reestructurado optimizado de carne de alpaca con nuez y otra muestra con las mismas características de formulación pero realizada con carne de bovino.

En los juicios obtenidos mediante la ficha para la prueba a nivel de consumidor (Anexo 1) se pudo valorar dos aspectos importantes como son el nivel de agrado por cada muestra proporcionada y la preferencia que tuvo cada juez sobre las muestras degustadas.

Los niveles de agrado expresados por los jueces (Cuadro 30) en relación a los reestructurados de bovino y de alpaca, utilizando una escala de diez centímetros para medir la satisfacción, muestran una pequeña diferencia entre los promedios por lo que al realizar el análisis estadístico pertinente se encontró que no hay diferencia estadísticamente significativa (valor $p = 0,62 > 0,5$) entre las dos muestras degustadas, razón por la cual no se procedió a realizar análisis de diferencia de medias. Como circunstancia particular, a pesar de no haber diferencia estadística en el nivel de agrado entre las muestras, los jueces encuestados reportaron diferencia clara en la percepción del sabor de las muestras, a un nivel cercano del 95% de los jueces.

Cuadro 30: Promedios de nivel de agrado de los reestructurados de carne de bovino y de alpaca

Nivel de Agrado (escala hedónica de 10)		
	Reestructurado con Carne de Bovino (A)	Reestructurado con Carne Alpaca (B)
Promedio:	5,81	6,01

Adicionalmente se realizó el análisis de preferencia para las dos muestras de reestructurado cárnico, aquí se dio a los jueces las opciones:

- A) Reestructurado con carne de bovino
- B) Reestructurado con carne de alpaca
- C) Ninguna

En el análisis de varianza de las preferencias emitidas por los consumidores, se obtuvo un valor F de 17,4 y un valor p de 0,00 ($< 0,05$), determinando una diferencia significativa entre las preferencias de los jueces (consumidores) por lo que se realizó en análisis de diferencia de medias mediante el método de Diferencia Limite Significativa (LSD) y la prueba de Friedman, detallado en el Cuadro 31, junto con las Figuras 28 y 29.

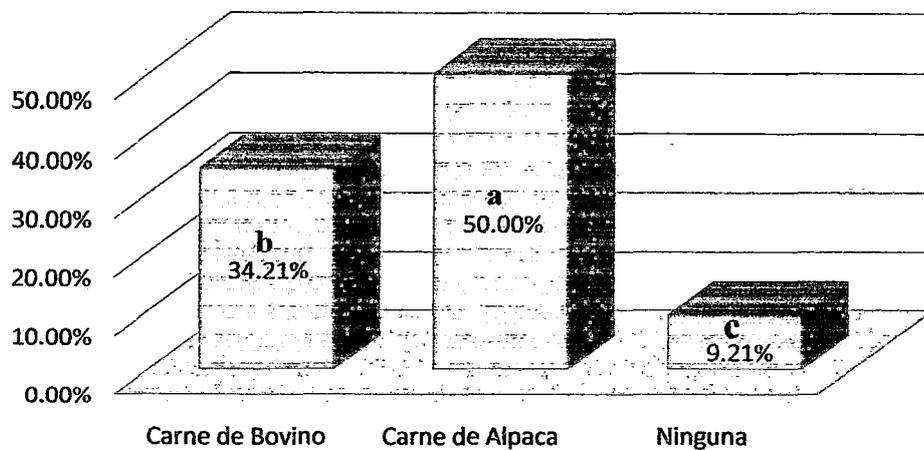


Figura 28: Preferencias de los reestructurados cárnicos de alpaca y bovino

En las preferencias expresadas por los jueces (consumidores) se apreció una marcada tendencia hacia la carne de alpaca con el 50%, seguida de la carne de bovino con el 34,21% y de ninguna de las dos del 9,21%. Adicionalmente se presentó el evento de que el 6,58% de los jueces prefirieron por igual ambas muestras de carne.

Cuadro 31: Análisis de diferencia de medias o de múltiples rangos por LSD y prueba de Friedman para la preferencia de los reestructurados de alpaca y bovino

Método: LSD y Friedman ($\alpha=5\%$)			
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Carne Res - Carne Alpaca	*	0,16	0,14
Carne Res - Ninguna	*	0,25	0,14
Carne Alpaca - Ninguna	*	0,41	0,14

* indica una diferencia significativa.

muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
a) Carne Alpaca	76	0,50	X
b) Carne Res	76	0,34	X
c) Ninguna	76	0,09	X

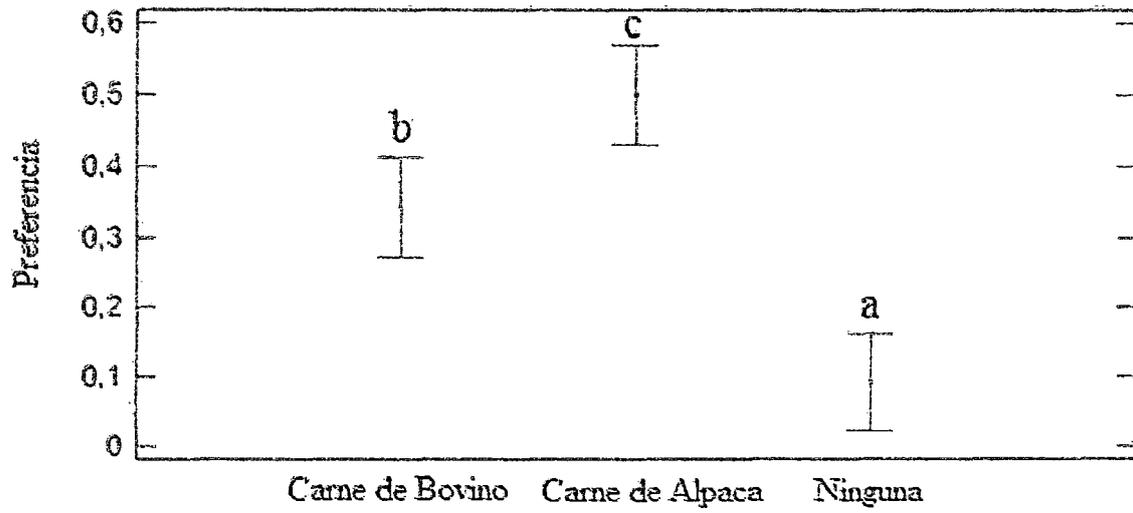


Figura 29: Distribución de medias para la prueba de múltiples rangos de las preferencias de los reestructurados cárnicos de alpaca y bovino

V. CONCLUSIONES

- 1) La incorporación de nuez originó cambios en el comportamiento de la matriz proteica tales como:
 - A partir del 12 al 13% de inclusión de nuez hay una disminución de la cohesividad.
 - Las pérdidas por cocción disminuyen paulatinamente mientras se incrementa la nuez del 5 al 13% y a partir de 15% estas se mantienen.
 - Tanto para los costos de producción como para el pH se encontró una relación inversa con el porcentaje inclusión de nuez, mientras que para el color se determinó incrementos de L^* y b^* como una disminución de a^* a partir del 5% de adición de nuez.
- 2) Al realizar la optimización se obtuvieron nueve fórmulas en las cuales las proporciones de carne van del 80,86 al 91,61%, de nuez del 7,49 al 18,21% y de transglutaminasa de 0,57 al 0,99%, con las que se obtienen una deseabilidad global del 27,85 al 72,85%, siendo seleccionada la formulación con deseabilidad más alta (72,85%) que corresponde a 91,61% de carne de alpaca, 7,49% de nuez y 0,9% de transglutaminasa.
- 3) La fórmula óptima en sus componentes mayoritarios presenta: humedad de 72,53%, proteína de 20,87%, grasa de 3,81% y cenizas de 2,76%.
- 4) Finalmente el reestructurado desarrollado presenta un nivel de agrado similar al de un reestructurado de carne de bovino (valor $p > 0,5$) y una preferencia hacia el reestructurado de carne de alpaca (valor $p < 0,5$).

VI. RECOMENDACIONES

1. Es de primer orden generar nuevas posibilidades de fabricación en el campo alimentario que brinden propiedades nutricionales y mejor si llegan a cubrir los requerimientos para ser denominados alimentos funcionales. Por tal razón es imprescindible el seguir desarrollando investigaciones de este tipo que combinan dos o más nutrientes con propiedades muy particulares como son la carne de alpaca y la nuez.
2. Como complemento de la investigación realizada, se plantea la posibilidad de realizar pruebas con las diferentes proporciones de nuez para valorar su aporte de ácidos grasos omega 3, y así comprobar la proyección de alimento funcional en este reestructurado para cumplir con los valores recomendados para ingesta diaria de estos ácidos grasos poli-insaturados.
3. Se recomienda incursionar con evaluaciones de extractos naturales que brinden una protección contra la oxidación de las grasas, además de realizar ensayos con diferentes tipos de conservación para productos de este tipo.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ajinomoto. 1994. Transglutaminase to bulk raw cod roe, forming mixt. In mould, etc. Japan, JP6153869-A / JP3042226-B2. 10 p.
- Ajinomoto. 2009. Ajinomoto Co's Transglutaminase Activa Modification of Physical properties of Protein 10 p.
- Albert, C.; Gaziano, J.; Willett, W. & Manson, J. 2002. Nut consumption and decreased risk of sudden cardiac death in the physicians health study. *Archives of Internal Medicine* 162 (12): 382-387
- Ando, H.; Adachi, M.; Umeda, K.; Nonaka, M.; Uchio, R.; Tanaka, H.; Motoki, M. D.; Walter, C.; Willett, M. D. & Frank, B. H. 1989. Purificación and characteristics of a novel transglutaminase derived from microorganisms *Agriculture Biological Chemical* 53(10): 613-617
- Asagami, T.; Ogiwara, M.; Wakameda, A. & Noguchi, S. 1995. Effect of microbial transglutaminase on the quality of frozen surimi made from various kinds of fish species *Fish Sciences* 61(2): 267-272
- Atkinson, A.; Donev, A. & Tobias, R. 2007. *Optimum Experimental Designs, with SAS*. 1ª Ed, New York – USA: 221-247p.
- Avila, M. & Rojas, V. 1979. Relación del peso vivo, peso de vellón en diferentes edades de var alpacas. Huacaya. Universidad Nacional Técnica del Altiplano. 76 p.
- Boles, J. 2007. *Restructured Meat Products* (en línea). Consultado 12 oct. 2011. Disponible en: <http://animalrange.montana.edu/current-studnts.htm>.
- Booren, A.; Jones, K.; Mandigo, R. & Olson, D. 1981. Effects of blade tenderization, vacuum mixing, salt addition and mixing time on binding of meat pieces into sectioned and formed beef steaks. *Journal of Food Science* 46 (6): 1678-1680
- Boyle, E. 1995. *Ingredients in processed meat products* Consultado 10 oct. 2011. Disponible en: <http://www.asi.ksu.edu/DesktopModules/ViewDocument.aspx?DocumentID=4270>. 12 p.

- Bravo, W.; Franco, E. & Sumar, J. 1988. Rendimiento de canal en llamas. Punta Arenas, Chile. 50 p.
- Brown, A. & Hu, F. 2001. Dietary modulation of endothelial function: implications for cardiovascular disease. *American Journal of Clinical Nutrition* 73: 673-686
- Bustinza, V.; Garnica, J.; Maquera, Z.; Larico, J.; Apaza, E. & Foraquita, S. 1993. Carne de alpaca. Editorial Universidad Nacional del Altiplano Puno, Perú
- Bustinza, V.; Garnica, J.; Maquera, Z.; Medina, G.; Apaza, E.; Foraquita, S. & Carrión, O. 1993. Carne de alpaca. Univ. Nacional del Altiplano. . 140 p.
- Cabrera, L. 2003. Utilización de carne de cordero y alpaca en productos tipo salchicha frankfurt y jamón ahumado. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú., Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. 110 p.
- Calderón, W. & Fernández Baca, S. 1972. Peso vivo y rendimiento de canal en la alpaca. *Rev. Inv. Pec. IVITA* 1(1): 5-9
- Carballo, J.; Ayo, A. & Jiménez-Colmenero, F. 2006. Microbial transglutaminase and caseinate as cold set binders: Influence of meat species and chilling storage. *Lebensm-wiss. u. Technol* 39(6): 692-699
- Claus, J.; Jhung-Won, C. & Flick, G. 1994. "Processed meats/poultry/seafood." in muscle foods: meat, poultry, and seafood technology. . Eds. DM Kinsman; AW Kotula; BC Breidenstein. Nueva York: Chapman and Hall.: 150
- Coates, W. & Ayerza, R. 2004. Fatty Acids composition of llama muscle and internal fat in two Argentinian herds. *Small Ruminant Research. Meat Science* 52: 231-238
- Cofrades, S.; Ayo, J.; Serrano, A. & Jiménez-Colmenero, F. 2006. Walnut, microbial transglutaminase and chilling storage time effects on salt-free beef batter characteristics. *Euro Food Restaurant International* 222(3-4): 458-466
- CONACS - Consejo Nacional de Camelidos Sudamericanos. 2004. http://www.conacs.gob.pe/domest_logros.shtml#1. 10 p.
- Cornell, J. A. 2002. Experiments with mixture: Designs Models and the analysis of mixture data. Third edition. Jhon Willey & Sons, Inc. New York. 680 p.
- Cristofanelli, S.; Antonini, M.; Torres, D.; Polidori, P. & Renieri, C. 2004. Meat and Carcass quality from Peruvian llama (*Lama glama*) and alpaca (*Lama pacos*). *Meat Science* 66: 589-593

- Cross, H. & Stanfield, M. 1976. Consumer evaluation of restructured beef steaks. . Journal of Food Science 41 (5): 1257–1258.
- Chisholm, A.; Mann, J.; Skeaff, M.; Frampton, C.; Sutherland, W.; Ducan, A. & Tiszavari, S. A. 1998. A diet rich in walnuts favourably influences plasma fatty acid profile in moderately hyperlipidaemic subjects. European Journal of Clinical Nutrition 52: 12-16
- de Jong, G.; Wijngaards, G.; Boumans, H.; Koppelman, S. J. & Helsing, M. 2001. Purification and substrate specificity of transglutaminases from blood and *Streptovercillium mobaraense*. Agricultural Food Chemical 49(7): 389-393
- de Jong, G.; Wijngaards, G. & Koppelman, S. J. 2003. Transglutaminase inhibitor from milk. Food Sciences 68(3): 820-825
- Desmond, E.; Troy, D.; Kenny, T.; McDonagh, C. & Ward, P. 2001. Development of value added beef products. Consultado 9 oct. 2011. Disponible en: <http://www.teagasc.ie/research/reports/foodprocessing/4894/eopr-4894.htm>
- Dickinson, E. 1997. Enzymatic crosslinking as a tool for colloid rheology control and interfacial stabilization. Trends Food Sciences Tech 8(10): 334-339
- Dondero, M.; Curotto, E. & Figueroa, V. 2002. Transglutaminase effects on gelation of jack mackerel surimi *Trachurus murphyi*. Food Sciences Tech Int 8(1): 49-54
- Dondero, M.; Figueroa, V.; Morales, X. & Curotto, E. 2006. Transglutaminase effects on gelation capacity of thermally induced beef protein gel. Food Chemical 99(3): 545-554
- Eynard, A. R. & López, C. B. 2003. Conjugated linoleic acid (CLA) versus saturated fats/cholesterol: their proportion in fatty and lean meats may affect the risk of developing colon cancer. . Lipids in Health and Disease 2: 6-10
- FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - IT. 2005. Situación Actual de los Camélidos Sudamericanos en el Perú. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Proyecto de Cooperación Técnica en apoyo a la crianza y aprovechamiento de los Camélidos Sudamericanos en la Región Andina CP/RLA/2914. 14 p.
- Farouk, M. H.; Hall, W. K. & Swan, J. E. 2000. Attributes of beef sausages, batters, patties and restructured roasts from two boning systems. . Journal of Muscle Foods 11 (3): 197-212

- Fernández López, J.; Sayas Barberá, E.; Sendra, E. & Pérez-Alvarez, J. 2004. Quality Characteristics of Ostrich Liver Pâté. *Journal of Food Science*. Volume 69. N°2: 85-91
- Fernández, S.; Sumar, J. & Leyva, V. 1972. Pubertad en la alpaca. *Rev. Inves. Pec (IVITA) UNMSM Lima, Perú*
- Fibrimex. 2004. What is fibrimex? . Consultado 20 sep. 2011. Disponible en: <http://www.fibrimex.com/index.asp>
- Flanagan, J.; Gunning, T. & Fitzgerald, R. J. 2003. Effect of cross-linking with transglutaminase on the heat stability and some functional characteristics of sodium caseinate. *Food Restaurant International* 36(3): 267-274
- Flores-Ochoa, J. 1988. Clasificación y Nominación de Camélidos Sudamericanos: Llamichos y Paqocheros. Cuzco. Editorial Universitaria, UNSAAC: 121-137
- Fraser, G. E. 1999. Nut consumption, lipids and risk of a coronary event. *Clinical Cardiology* 22 (Supp III): 1-15
- Gao, R.; William, I. S.; Huang, T.; Papas, M. A. & Qui, M. 2002. The uptake of tocopherols by RAW 264.7 macrophages. *Nutrition Journal*, 1 (2): 1-9
- Gerrad, J. A. 2002. Protein-protein crosslinking in food: methods, consequences, applications. *Trends Food Sci Technol* 13(12): 391-399
- Gilleland, G. M.; Lanier, T. C. & Hamann, D. D. 1997. Covalent bonding in pressure induced fish protein gels. *Food Sciences* 62(4): 713-716
- González, C. A.; Agudo, A.; Argilaga, S.; Amiano, E.; Ardanaz, A.; Barricarte, N.; Larrañaga, M. D.; Chilarque, M.; Dorronsoro, C.; Martínez, C.; Navarro, J. R.; Quirós, M.; Rodríguez, M. J. & Tormo, M. J. 2001. Estudio prospectivo europeo sobre dieta, cáncer y salud (EPIC) y la investigación sobre dieta y cáncer en Europa. *Anales del sistema sanitario de Navarra* 24 (1): 75-82
- Griffin, M.; Casadio, R. & Bergamini, C. 2002. Transglutaminases: nature's biological glue. *Biochemistry Journal* dic. 2002 77-96
- Grigelmo Miguel, N.; Abadias Seros, M. & Martín Belloso, O. 1999. Characterization of low fat high-dietary fiber frankfurters. *Journal Meat Science* 53-52: 247-256
- Halvorsen, B. L.; Carlsen, H.; Myhrstad, M. C.; Nordström, O.; Sakhi, A. K.; Holte, K.; Hvattum, E.; Haffner, K.; Moskaug, J. O. & Blomhoff, R. 2002. Total

antioxidant activity in dietary plants in Norway. *Journal of Nutrition* 132 (3): 461-471

- Hare, L. 1974. Mixture Designs applied to food formulations. *Food technology* Vol 28 N°3 50-1162
- Higgs, J. D. 2000. The changing nature of red meat: 20 years of improving. *Trends in Food Science and Technology* 11: 85-95
- Hoffman, K. 1993. Quality concepts for meat and meat products. *Fleischwirtschaft* 73: 1014-1019
- Huffman, D. L.; Ande, C. F.; Cordray, J. C.; Stanley, M. H. & Egbert, W. R. 1987. Influences of polyphosphate on storage stability of restructured beef and pork nuggets. *Food Sciences* 52: 275-278
- Ikeda, I. & Sugano, M. 1998. Inhibition of cholesterol absorption by plant sterols for mass intervention. *Current Opinion in Lipidology* 9: 527-531
- INDECOPI. 2005. NTP 201.043: Carne y productos cárnicos. Definiciones, requisitos y clasificación de las carcasas y carne de alpacas y llamas. Lima. Perú. p.
- INEI - Instituto Nacional de Estadística e Información. 2004. Compendio Estadístico. INEI. Lima. . 462 p.
- Iwamoto, M.; Sato, M.; Kono, M.; Hirooka, Y.; Sakai, K.; Takeshita, A. & Imaizumi, K. 2000. Walnuts lower serum cholesterol in Japanese men and women in Japan. *Journal of Nutrition* 130: 171-176
- Jarmoluk, T. & Pietrasik, K. 2003. Response Surface Methodology study on the effects of blood plasma, microbial transglutaminase and kappa-carragen on pork batter gel properties. *Food Engineering* 60(3): 327-334
- Jenkins, D. J. A.; Kendall, C. W. C.; Axelsen, M.; Augustin, L. S. A. & Vuksan, V. 2000. Viscous and nonviscous fiber, nonabsorbable and low glycaemic index carbohydrates, blood lipids and coronary heart disease. *Current Opinion in Lipidology* 11: 49-56
- Jiménez, F. 2004. Non-Meat Proteins. *Meat Sciences*. Vol. I: 492-499
- Jiménez, F.; Ayo, M. J. & Carballo, J. 2003. Physicochemical properties of low sodium frankfurter with added walnut: Effect of transglutaminase combined with caseinate, KCl and dietary fibre as salt replacers. *Meat Sciences*. 69: 781-788

- Jozami-Barreiro, F. & Seselovsky, R. 2003. Usos de la transglutaminasa en la industria alimentaria. Elaboración de carne recostituida. . Universidad del Centro Educativo Latinoamericano, Rosario Argentina Invenio VI: 157-164
- Katayama, K.; Chin, K. B.; Yoshihara, S. & Muguruma, M. 2006. Microbial transglutaminase improves the the porperty of meat protein and sausage texture manufactured with low-quality pork loins Animal Science 19(1): 102-108
- Kato, H. & Nakamura, Y. 2006. Processing soy protein for use as a flavour improving component in pickles, drinks and livestock meat processed foods. Comprises, sequencially using transglutaminase and protease. Japan, JP 2006141231-A. 5 p.
- Kok, T. N. & Park, J. W. 2007. Extending the shelf life of set fish ball. Food quality 30(1): 1-27
- Kolle, D. S. & Savell, J. W. 2003. Using Activa™ TG-RM to bind beef muscles after removal of excessive seam fat between the m. longissimus thoracis and m. spinalis dorsi and heavy connective tissue from within the m. infraspinatus. Meat Sciences. 64: 27-33
- Kontush, A.; Spranger, T.; Reich, A.; Baum, K. & Beisiegel, U. 1999. Lipophilic antioxidants in blood plasma as markers of atherosclerosis: The role of α -caratone and γ - tocopherol. Atherosclerosis 144: 117-122
- Krauss, R. M.; Eckel, R. H. & Howard, B. 2000. A statement for Healthcare professionals from the nutrition committee of the American Heart Association. AHA Dietary guidelines. Revisión 2000 102: 8
- Kris-Etherton, P. M.; Zhao, G.; Biskoski, A. E.; Stacie, M.; Coval, B. S. & Etherton, T. D. 2001. Effects of nuts on coronary heart disease risk. Nutrition Reviews 59: 103-111
- Kristenson, M.; Zieden, B.; Kucinskiene, Z.; Elinder, L. S.; Bergdahl, B.; Elwing, B.; Abaravicius, A.; Razinkoviene, L.; Calkauskas, H. & Olsson, A. G. 1997. Antioxidant state and mortality from coronary heart diseases in Lithuanian and Swedish men. Concominat cross sectional study on men aged 50. British Medical Journal 314: 629-633
- Kumazawa, Y.; Sakamoto, H.; Kawajiri, H.; Seguro, K. & Motoki, M. 1996. Determination of epsilo-(gamma-glutamyl)lysine in several fish eggs and muscle proteins. Fish Sciences 62(2): 331-332

- Kuraishi, C.; Sakamoto, J. & Soeda, T. 1998. Application of transglutaminase for meat processing. *Fleischwirtschaft* 78(6): 657-662
- Kuraishi, C.; Sakamoto, J.; Yamanazaki, K.; Susa, Y.; Kuhara, C. & Soeda, C. 1997. Production of restructured meat using microbial transglutaminase without salt or cooking. *Food Sciences* 62(3): 488-490
- Kuraishi, C.; Yamazaki, K. & Susa, Y. 2001. Transglutaminase: Its utilization in the food industry. *Food Rev* 17(2): 221-246
- Kwan, S. W. & Easa, A. M. 2003. Comparing physical properties of retortresistant glucono-delta-lactone tofu treated with commercial transglutaminase enzyme or low levels of glucose. *Lebensm-wiss u Technol* 36(6): 643-646
- Lamkey, J.; Mandigo, C. & Clakins, C. 1986. Effect of salt and phosphate on the texture and color stability of restructured beef steaks. *Journal of Food Science* 51(4): 873-875
- Lauber, S.; Henle, T. & Klostermeyer, H. 2000. Relationship between the crosslinking of caseins by transglutaminase and the gel strength of yoghurt. *Euro Food Restaurant Technology* 210(5): 305-309
- Lavedrine, F.; Zmirou, D.; Ravel, A.; Balducci, F. & Alary, J. 1999. Blood cholesterol and walnut consumption. *Preventive Medicine* 28: 33
- Lee, E. Y. & Park, J. 2003. Microbial transglutaminase induced cross-linking of a selected comminuted muscle system: Processing conditions for physical properties of restructured meat. *Food Sciences Biotech* 12(4): 356-370
- Márquez, E.; Arévalo, E.; Barboza, Y.; Benites, B.; Rangel, L. & Archile, A. 2006. Efecto de la concentración de transglutaminasa y tiempo de reacción en la estabilidad de productos reestructurados. Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela. *Readalyc Revista Científica XVI*: 662-667
- Márquez, E.; Arévalo, E.; Barboza, Y.; Benites, B.; Rangel, L. & Archile, A. 2008. Estabilidad por productos cárnicos reestructurados crudos con agregado de transglutaminasa y plasma bovino. Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela. *Readalyc Revista Científica XVII*: 618-623
- Martínez, M.; Velázquez de la Cruz, G. & Ramírez de León, J. 2010. Elaboración de un reestructurado tipo jamón a partir de jaiba azul (*Callinectes sapidus*). XII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos CA166-1: 6p

- Matsumura, Y.; Lee, D. S. & Mori, T. 2000. Molecular weight distributions of alpha-lactoalbumin polymers formed by mammalian and microbial transglutaminases. *Food Hydrocoll* 14(1): 49-59
- Menéndez, O.; Rawel, H.; Schwarzenbolz, U. & Henle, T. 2006. Structural changes of microbial transglutaminase during thermal and high-pressure treatment. *Agriculture Food Chemical* 54(5) 716-721
- Miller, S. & Rottmann, J. 2009. Guía para el Reconocimiento de Mamíferos Chilenos. Acribia Santiago p.
- MINAG OIA - Ministerio de Agricultura y Ganadería. 2001. Resultados Definitivos Poblacion de Alpacas. Lima, 2001. Ministerio de Agricultura. Censo Nacional Agropecuario 30
- Moller, A. J.; Nielsen, G. S. & Petersen, B. R. 1997. Methods of raw meat for production of restructured raw meat by addition to the meat of transglutaminase. *United States of America*. 147-158 p.
- Moreno, H. M. 2010. Reestructuración en frío de músculo de pescado mediante la incorporación de alginato sódico y transglutaminasa microbiana. Universidad Complutense de Madrid. Madrid - España, para optar el grado de Doctor. 402 p.
- Moreno, H. M. 2010. Reestructuración en Frío de Músculo de Pescado Mediante la Incorporación de Alginato Sódico y Transglutaminasa Microbiana. Universidad Complutense de Madrid. Madrid, Facultad de Veterinaria, Departamento de Nutrición, Bromatología y Tecnología de los Alimentos; para optar el grado de Doctor. 402 p.
- Motoki, M.; Okiyama, A.; Nonaka, M.; Tanaka, H.; Uchio, R.; Matsuura, A.; Ando, H. & Umeda, K. 1990. Novel transglutaminase. Ajinomoto Co. Inc y Amano Pharmaceutical Co. Ltd. 265-675 p.
- Motoki, M. & Seguro, K. 1998. Transglutaminase and its use for food processing. *Trends Food Sciences Technology* 9(5): 204-210
- Muguruma, M.; Tsuruoka, K.; Katayama, K.; Erwanto, Y.; Kawahara, S.; Yamauchi, K.; Sathe, K. & Soeda, T. 2003. Soybean and milk proteins modified by transglutaminase improves chicken sausage texture even at reduced levels of phosphate. *Meat Sciences*. 63(2): 191-197
- Murra, J. V. 1965. Herds and Herders in the Inca State. *Culture and Animals*. American Association for the Advancement of Science . 78: 185-216

- Nio, N.; Motoki, M. & Takiami, K. 1986. Gelation mechanism of protein solution by transglutaminase. *Agriculture Biology Chemical* 115(2): 335-345
- Noguchi, K.; Ishika, K.; Yokoyama, K.; Ohtsuka, T.; Nio, N. & Suzuki, E. 2001. Crystal structure of red sea bream transglutaminase. *Biology Chemical* 276(15): 255- 259
- Nonaka, M.; Matsuura, Y. & Motoki, M. 1996. Incorporation of lysine-and lysine dipeptides into alpha-(S1)-casein by Ca²⁺ independent microbial transglutaminase. *Biosci Biotech Biochem* 60(1): 131-133
- Nonaka, M.; Tanaka, H.; Okiyama, A.; Motoki, M.; Ando, H.; Umeda, K. & Matsuura, A. 1989. Polymerization of several proteins by Ca²⁺ independent transglutaminase derived from microorganisms. *Agriculture Biology Chemical* 53(10): 619-623
- Novo-Nordisk, A. S. N.-C. 1995. Use of a transglutaminase modified protein-to replace fat in foods. 12 p.
- Novoa, C. 1991. Genetic Improvement of South American Camelids. *Revista Brasileira de Genetica* 12(3). 123-135
- Ogawa, T. 2008. Formulation for fish roe processing to prepare fish roe processed foods such as salted cod roe with red pepper, comprises transglutaminase and acid or alkali treated collagen of fish origin. Japan, JP2008008966-A. 4 p.
- Oh, J. H.; Field, P. D. & Aglan, H. A. 2004. Characteristics of edible films made from dairy proteins and zein hydrolysate cross-linked with transglutaminase. *Food Sciences Technology* 39(3): 287-294
- Ohrvall, M.; Sundlof, G. & Vessby, B. 1996. Gamma, but non alpha, tocopherol levels in serum are reduced in coronary heart disease patients. *Journal of International Medicine* 239: 111-117
- Paterson, B. & Parrish, F. 1986. A sensory panel and chemical analysis of certain beef chuck muscles. *Journal of Food Science* 51: 876
- Pedersen, M. H.; Hansen, T. K.; Sten, E.; Seguro, K.; Ohtsuka, T.; Morita, A.; Bindslev-Jensen, C. & Poulsen, L. K. 2004. Evaluation of the potential allergenicity of the enzyme microbial transglutaminase using the 2001 FAO/WHO Decision Tree. *Molecular Nutrition Food Res* 48(6): 434-440
- Pedrero, D. & Pangborn, R., Eds. 1996. Evaluación sensorial de los alimentos métodos analíticos Editorial Alhambra. 1a Ed. México. 104 p.

- Pietrasik, Z. 2003. Binding and textural properties of beef gels processed with kappa-carrageenan, egg albumin and microbial transglutaminase. *Meat Sciences*. 63(3): 317-324
- Poulsen, L. K. 2004. Allergy assessment of food or ingredients derived from biotechnology, gene-modified, or level foods. *Molecular Nutrition Food Res* 48(6): 413-423
- Prändl, O.; Fischer, A.; Schimidhofer, T. & Sinell, H. J. 1994. *Fundamentos de la conservación de la carne en Tecnología e Higiene de la Carne*. Editorial Acribia España - Madrid: 230 p.
- Pszczola, D. E. 2002. Beefing up innovations for meat and poultry ingredients. *Food Technology* 53(3): 54-79
- Ramirez, A. 1991. *Enfermedades Infecciosas*. Fernandez-Baca S, ed. *Avances y Perspectivas del Conocimiento de los Camélidos Sudamericanos*. Santiago: FAO: 263
- Ramírez, J.; Uresti, R.; Téllez, S. & Vázquez, M. 2002. Using salt and microbial transglutaminase as binding agents in restructured fish products resembling hams. *Food Sciences* 67(5): 1779-1784
- Ramírez, J. A.; Santos, I. A.; Morales, O. G.; Morrissey, M. T. & Vázquez, M. 2006. Application of microbial transglutaminase to improve mechanical properties of surimi from silver carp. *Sciences Tech Aliment* 3(1): 21-28
- Redperuana. 2011. Fotos de Alpacas. Disponible en: <http://www.redperuana.com/fotos/llamas.asp>
- Rui Jiang, M. D.; JoAnn, E.; Manson, M. D.; Meir, J.; Stampfer, M. D.; Simin Liu, M. D.; Walter, C.; Willett, M. D. & Frank, B. H. 2002. Nut and Peanut Butter Consumption and Risk of Type 2 Diabetes in Women. *The Journal of the American Medical Association* 288 (20): 167-175
- Ruiz-Carrascal, J. & Regenstein, J. 2002. Emulsion stability and water uptake ability of chicken breast muscle proteins as affected by microbial transglutaminase. *Food Sciences* 67(2): 734-739
- Ruiz-Rejón, F.; Martín-Peña, G.; Granado, F.; Ruiz- Galiana, J. & Olmedilla, B. 2002. Plasma status of retinol, α - and γ -tocopherol and main carotenoids to first myocardial infarction: A case-control and follow-up study. *Nutrition* 18 (1): 26-31

- Ruiz, C.; Higginbotham, D.; Carpenter, J. & Lanier, T. 1993. Use of chuck muscles and their acceptability in restructured beef/surimi steaks. . Journal of Animal Science 71: 2654-2658
- Sabaté, J. 1999. Nut consumption, vegetarian diets, ischemic heart disease risk, and all cause mortality: evidence from epidemiologic studies. The American Journal of Clinical Nutrition, 70(500S-503S): 654-668
- Sabaté, J.; Fraser, G. E.; Burke, K.; Knutsen, S. F.; Bennet, H. & Lindstead, K. D. 1993. Effects of walnuts on serum lipid levels and blood pressure in normal men. New England Journal of Medicine 328 (9): 603-607
- Sakamoto, H.; Kumazawa, Y.; Toiguchi, S.; Seguro, k.; Soeda, T. & Motoki, M. 1995. Gel strength enhancement by addition of microbial transglutaminase during onshore surimi manufacture. Food Sciences 60(2): 300-304
- Saleh, N. T. & Ahmed, Z. S. 1998. Impact of natural sources rich in provitamin A on cooking characteristics, colour, texture and sensory attributes of beef patties. Meat Science 50 (3): 285-293
- Salvá, B. K. 2009. Caracterización de la carne y charqui de alpaca (*Vicugna pacos*). Universidad de León. León, para optar al grado de Doctor en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. 299 p.
- San Martín, F. 1991. Alimentación y Nutrición, en avances y perspectivas del conocimiento de los camélidos sudamericanos. Ed. Saúl Fernández-Baca. FAO. Santiago, Chile. : 213-262
- Schimid, A.; Collomb, M.; Sieber, R. & Bee, G. 2006. Conjugated linoleic acid in meat and meat products: A review. Meat Science 73: 29-41
- Seguro, K.; Motoki, M. D.; Kumazawa, Y.; Kurahisi, C.; Sakamoto, C.; Sakamoto, H.; Walter, C.; Willett, M. D. & Frank, B. H. 1996. The epsilon-(gamma-glutamyl)lysine in crosslinked casein is an available source of lysine for rats. Nutrition 126(10): 557-562
- Seki, N.; Uno, H.; Lee, N. H.; Kimura, I.; Toyoda, K.; Fujita, T. & Arai, K. 1990. Transglutaminase activity in alaska pollack muscle and surimi, and its reaction with myosin.B. Nippon Suissan Gakkaishi 56(1): 125-132
- Serrano, A. 2006. Desarrollo de reestructurados cárnicos potencialmente funcionales mediante la incorporación de nuez. Universidad Complutense de Madrid. Madrid, Grado de Doctor. 260 p.

- Serrano, A.; Cofrades, F. & Jiménez C., F. 2004. Transglutaminasa como agente aglutinante en reestructurado de carne fresca con adición nueces Food Chemistry 85: 423-429
- Serrano, A.; Cofrades, F.; Ruiz, C.; Olmedilla, B.; Herrero, C. & Jiménez C., F. 2005. Perfil nutricional del reestructurado de filete de carne con nueces añadido. Meat Science 70: 647-654
- Shao, C. H.; Avens, J. S.; Schmidt, G. R. & Maga, J. A. 1999. Functional, sensory and microbial properties of restructured beef and emu steak. Journal of Food Science 64 (6): 1052-1054
- Sharma, R.; Zakora, M. & Qvist, K. B. 2002. Susceptibility of an industrial alphas-lactalbumin concentrate to cross-linking by microbial transglutaminase International Dairy Journal 12(12): 1005-1012
- Shimada, M. 1985. Continuities and Changes in Pattern of Faunal Resource Utilization: Formative through Cajamarca Periods. Excavations at Huacaloma in the Cajamarca Valley, Peru, 1979. Tokyo: University of Tokyo 303-336
- Shimada, T.; Aratake, T. & Niwano, Y. 2008. Fat substitute used in gel-form for livestock meat (containing cow, pig, and chicken meat) or fish-meat processed food, e.g. hamburger, boiled fish paste, ground fish cake, and Chinese dumpling, contains alginic acid or alginate. 8 p.
- Shivar, W. 1988. The use of surimi as a binding mechanism in the production of structured beef steaks. . The University of Georgia, Athens. USA, Mg.Sc. Thesis. . 269 p.
- Soto, H. 1989. Respuesta comparativa en el engorde estabulado del ovino, la alpaca y la llama. Univ Nac Agraria La Molina. . Lima, Ing Zoot. 200 p.
- Souci, S. W.; Fachman, W. & Kraut, H. 1989. Food Composition and Nutrition Tablas 1989/1990. Germany: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart.: 190
- Takagaki, Y.; Norakawa, K. & Uchio, R. 1991. Coating of vegetables and fruits with transglutaminasa and proteins for preservation. kokai Tokkyo koho. Japan JP 03272639. 7 p.
- Téllez-Luis, S. J.; Uresti, R. M.; Ramírez, J. A. & Vázquez, M. 2002. Low-salt restructured fish products using microbial transglutaminase as binding agent. Sciences. Food Agriculture 82(9): 953-959

- Téllez, J. 1992. Tecnología e industrias cárnicas. Tomo I. Ed. Acribia. Zaragoza.: 162-167
- Tsai, G. J.; Lin, S. M. & Jiang, S. T. 1996. Transglutaminase from *Streptovercillium ladakanum* and application to minced fish products. *Food Sciences* 61(6) 234-238
- Turín, C.; Osoreo, G.; B., S.; Gamarra, J. & J., G. 1999. Influencia de la alimentación con pastos naturales y cultivados sobre la ganancia de peso, peso vivo al beneficio y peso de carcasa en alpacas. Cusco, Perú. . 110 p.
- Uresti, R. M.; Ramírez, J. A.; López-Arias, N. & Vázquez, M. 2003. Negative effect of combining microbial transglutaminase with low methoxyl pectins on the mechanical properties and colour attributes of fish gels. *Food Chemical* 80(4): 551-556
- Uresti, R. M.; Velázquez, G.; Vázquez, M.; Ramírez, J. A. & Torres, J. A. 2006. Effects of combining microbial transglutaminase and high pressure processing treatments on the mechanical properties of heat-induced gels prepared from arrowtooth flounder (*Atheresthes stomias*). *Food Chemistry* 94(2): 202-209
- USDA - Department of Agriculture USA. 2004. Composition of Foods Raw, Processed, Prepared Reference, Release 16. 250 p:
- Vidal-Rioja, L.; Semorile, L.; Bianchi, N. & Padron, J. 1987. DNA Composition in South American Camelids 1. Characterization and in situ hybridization of Satellite DNA Fractions. *Genetica* 72: 137-146
- Walnuts, C. 2005. <http://www.walnut.org>. Consultado el 30/03/2011. 2 p.
- Wheeler, J. 1991. Origen, evolución y status actual de los camélidos sudamericanos. Avances y perspectivas del conocimiento, Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, Santiago, Chile.: 11-48
- Wilhelm, B.; Meinhard, A. & Seitz, J. 1996. Transglutaminases: Purification and activity assays. *J Chromatography B Biomedical Applications* 684(1-2): 163-177
- Wing, E. 1972. Utilization of Animal Resources in the Peruvian Andes Seiichi I, Terada K, eds. *Andes 4: Excavations at Kotosh*, Tokyo University of Tokyo 327-352
- Wood, J. D.; Richardson, R. J.; Nute, G. R.; Fisher, A. V.; Campo, M. M.; Kasapidou, E.; Sheard, P. R. & Enser, M. 2003. Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Science* 66: 21-32

- Yi, J. B.; Kim, Y. T.; Bae, H. J. & Park, H. J. 2006. Influence of transglutaminase-induced cross-linking on properties of fish gelatin films. *Food Sciences* 71(9): 376-383
- Zambón, D. S., J. ; Muñoz, S. ; Campero, B. ; Casals, E. ; Merlos, M. ; Laguna, J. C. & Ros, E. . 2000. *Annals of Internal Medicine* 132: 538-546
- Zambón, D. S.; Muñoz, S.; Campero, B.; Casals, E.; Merlos, M.; Laguna, J. C. & Ros, E. 2000. Substituting walnuts for monounsaturated fat improves the serum lipid profile of hypercholesterolemic men and women. *Annals of Internal Medicine* 132: 538-546
- Zhu, Y.; Bol, J.; Rinzema, A. & Tramper, J. 1995. Microbial transglutaminase :A review of its production and application in food processing. *Appl. Microbiology Biotechnol* 44(3-4): 277-282
- Zorosgastúa, J. 2004. Aplicación del diseño de mezclas en la elaboración de chorizo ahumado utilizando carne de alpaca y carne de cordero. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú, Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. 120 p.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1 Prueba a Nivel de Consumidor

Nombre:

Fecha:/...../..... (día / mes / año)

Instrucciones:

Deguste las muestras de reestructurado cárnico que se le entregan. Previo a cada degustación, realizar un enjuague bucal con el agua proporcionada. Indique su nivel de satisfacción con un trazo vertical "I" que corte a la línea horizontal de la escala. Conteste las preguntas de acuerdo a su criterio personal.

a) Marque con una línea vertical el grado de satisfacción de la muestra A

Aceptabilidad General:

Me disgusta | | Me gusta
Mucho Indiferente Mucho

b) Marque con una línea vertical el grado de satisfacción de la muestra B

Aceptabilidad General:

Me disgusta | | Me gusta
Mucho Indiferente Mucho

c) Marque con una X si encontró diferencia entre las muestras al degustarlas?

Si..... No.....

d) Indique cual de las muestras degustadas es de su preferencia, marque con una X:

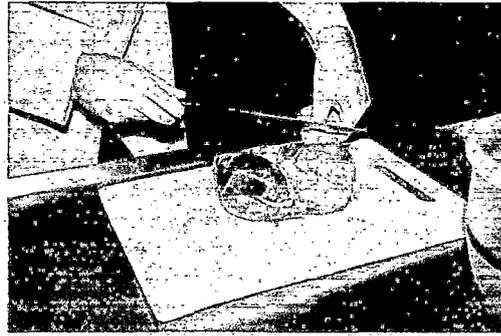
A..... B..... Ninguna.....

e) Observaciones:

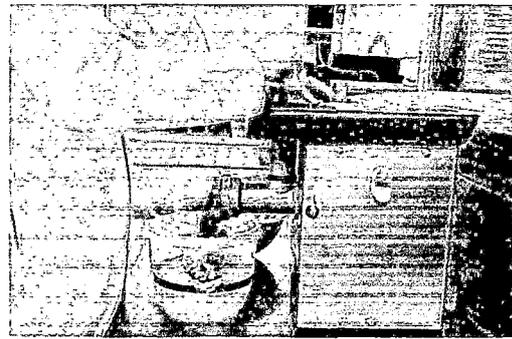
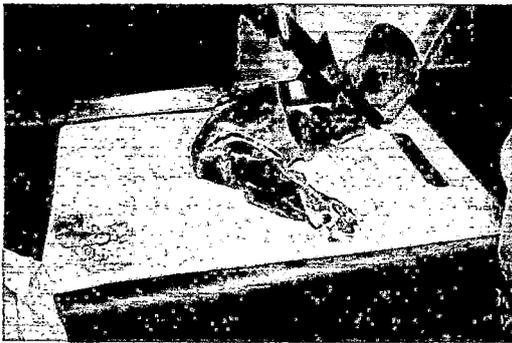
.....

Muchas Gracias.

ANEXO 2 Operaciones para elaboración de reestructurado

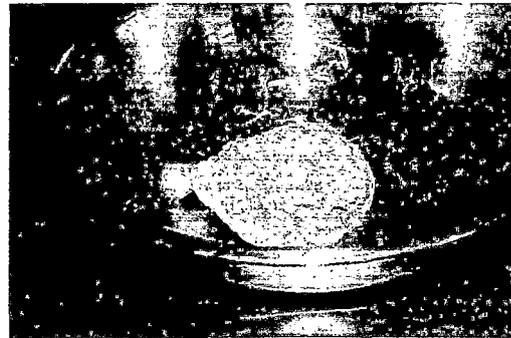
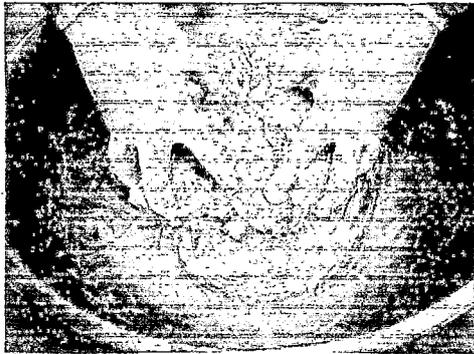


Ingredientes (carne de alpaca, nuez, MTGasa, sal y STP)

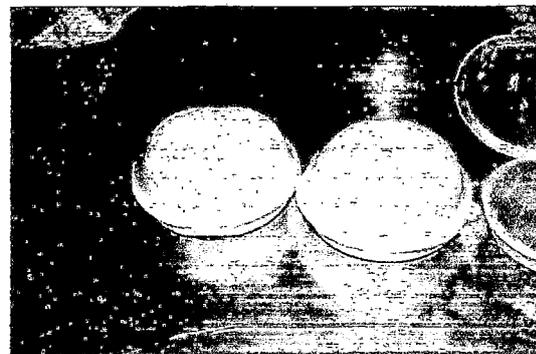
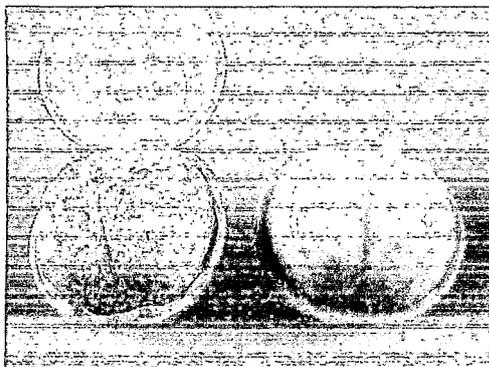


Limpieza y deshuese de la carne de alpaca

Molido de la carne de alpaca



Mezclado de los ingredientes



Moldeado