



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**OPTIMIZACIÓN EN LA INCORPORACIÓN DE HARINA
EXTRUÍDA DE CAÑIHUA EN FORMULACIONES DE
HAMBURGUESAS DE ALPACA (*Vicugna pacos*)**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. JACQUELINE TALAVERA FLORES

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PUNO – PERÚ

2009



DEDICATORIA

A Dios, que me da fortaleza para seguir
adelante

A mi hijo Cristian, mi máspreciado regalo
de vida e inspiración.

A Zoila Flores ejemplo de madre, a mis hermanos:
Fany, Carlos W., Richard, Carlos A., por estar a mi
lado en todo momento

A mis amigos: Katherine, Elard, Romualdo, Walter,
Nercy, Fredy y Mirella, por su apoyo incondicional.

Jacqueline Talavera



AGRADECIMIENTOS

- Gracias, a ti Dios por la fortaleza que me has dado a través de todo el camino que he recorrido.
- A Romualdo Vilca, gracias por dedicarme tu tiempo, asesoramiento, tus palabras de aliento y apoyo incondicional.
- Al Ing. M.Sc. Roger Segura, por su cooperación y asesoramiento para el desarrollo, preparación y redacción de esta investigación. Gracias por brindarme el tiempo necesario y compartir su sabiduría.
- A la Dr. Betitt Salva Ruiz, por asesorarme en la metodología de esta investigación.
- A la Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, al personal docente y administrativo y a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por facilitarme el uso de laboratorio de Microbiología Molecular.
- Al Ing. M.Sc. Julio Choque Lázaro jefe del laboratorio Pastos y Forrajes, por su valioso apoyo en la ejecución de este proyecto.
- Al personal de laboratorios: Benito Fernández, Eloy Mamani, Cecilio Colque, Oswaldo Arpasi y Juan Chaiña, por haber apoyado para que este proyecto se ejecute satisfactoriamente.
- A los panelistas que participaron en las evaluaciones sensoriales, por su compromiso para que esta investigación se culminara. Ustedes fueron parte integral e importante en esta investigación.

Jacqueline Talavera



INDICE GENERAL

RESUMEN	14
ABSTRACT.....	15
CAPÍTULO I INTRODUCCION.....	16
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	18
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	18
1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.3.1. HIPÓTESIS GENERAL	19
1.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA	19
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
1.5.1. OBJETIVOS GENERALES	20
1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
CAPÍTULO II REVISIÓN LITERARIA.....	21
2.1. ANTECEDENTES.....	21
2.2. MARCO TEÓRICO.....	23
2.2.1. PRODUCTOS CÁRNICOS BAJOS EN GRASAS	23
2.2.2. REEMPLAZANTES DE GRASA- DEFINICIONES Y CLASIFICACIÓN	24
2.2.3. ESTRATEGIAS PARA REDUCCIÓN DE GRASA	25
2.2.4. REEMPLAZANTES DE GRASA BASADOS EN PROTEÍNAS	25
2.2.5. REEMPLAZANTES DE GRASA BASADAS EN CARBOHIDRATOS	26
2.2.6. ALPACA (vicugna pacos l.)	26
2.2.7. CAÑIHUA	32
2.2.8. PRODUCTOS CÁRNICOS PICADOS Y RE-FORMADOS CRUDOS	36
2.3 DISEÑO DE MEZCLAS.....	44
2.3.1 DEFINICIÓN.....	44
2.3.2 RESTRICCIONES	46



2.3.3	ASPECTO GENERAL SOBRE EL MÉTODO DE SUPERFICIE DE RESPUESTA	47
2.3.4	DISEÑO PARA EXPLORAR EL ESPACIO SIMPLEX FACTORIAL EN SU TOTALIDAD	48
2.3.5	RESTRICCIONES MÚLTIPLES SOBRE LAS PROPORCIONES DE LOS COMPONENTES.....	52
2.3.6	TÉCNICAS PARA MEDIR LOS EFECTOS DE COMPONENTES EN ZONAS EXPERIMENTALES DE MEZCLA CON RESTRICCIONES SOBRE LOS COMPONENTES.....	56
2.3.7	UTILIZACIÓN DEL MÉTODO MÍNIMO CUADRADO PARA LA ESTIMACIÓN DE LOS COEFICIENTES POLINOMIALES Y SUS VARIANZA: NOTACIÓN MATRICIAL.....	60
2.3.8	CRITERIOS PARA EL ESTABLECIMIENTO DEL DISEÑO EXPERIMENTAL DE LA MEZCLA	65
2.3.9	OPTIMIZACIÓN SIMULTANEA DE VARIABLES DE RESPUESTA.....	67
2.4.	MEDICIÓN DE COLOR.....	70
2.4.1	TÉCNICA PARA EVALUAR EL COLOR	70
2.5.	CARACTERIZACIÓN TEXTURAL.....	72
2.5.1	ANÁLISIS DE PERFIL DE TEXTURA (TPA).....	73
2.5.2.	PENETRÓMETRO.....	73
2.6.	COSTOS	74
2.6.1.	COSTOS DE PRODUCCIÓN	74
2.6.2.	COSTOS FIJOS	74
2.6.3.	COSTOS VARIABLES	74
CAPÍTULO III MATERIALES Y METODOS		75
3.1.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO	75
3.1.1	LUGAR DE ESTUDIO	75
3.2.	MATERIA PRIMA E INSUMOS	76
3.2.1	MATERIA PRIMA.....	76
3.2.2	INSUMOS.....	76
3.2.3	MATERIALES Y EQUIPOS.....	76



3.2.4	REACTIVOS	77
3.3.	MÉTODO DE ANÁLISIS	78
3.3.1.	MÉTODO DISEÑO DE MEZCLAS	78
3.3.2.	DETERMINACIÓN DE POLINOMIO CANÓNICO DE SCHEFFÉ Y EVALUACIÓN DEL EFECTO DE INGREDIENTES, PARA EL CASO DE CONTENIDO PROTEICO, CONTENIDO CALÓRICO Y NIVEL DE AGRADO DE HAMBURGUESA.	81
3.3.3.	OPTIMIZACIÓN SIMULTÁNEA DE RESPUESTAS	82
3.3.4.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	85
3.4.	MÉTODOS EXPERIMENTALES	86
3.4.1.	PRODUCCIÓN DE HAMBURGUESAS	86
3.4.2.	PREPARACION DE LA HARINA EXTRUIDA DE CAÑIHUA.....	91
3.4.3.	ANÁLISIS SENSORIAL	92
3.4.4.	DETERMINACIÓN DE COLOR.....	93
3.4.5.	ANÁLISIS DE PERFIL DE TEXTURA.....	94
3.4.6.	DETERMINACIÓN DE COSTOS DE PRODUCCIÓN.....	95
3.4.7.	CARACTERIZACIÓN DE LA FORMULACIÓN ÓPTIMA.....	95
	CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	96
4.1.	DETERMINACIÓN DEL POLINOMIO CANÓNICO DE SCHEFFÉ Y EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LOS INGREDIENTES, PARA EL CASO DEL CONTENIDO PROTEICO, CONTENIDO CALÓRICO Y NIVEL DE AGRADO.	96
4.1.1.	ESTABLECIMIENTO DE LOS MODELOS MATEMÁTICOS	96
4.1.2.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO CONTENIDO PROTEICO.....	98
4.1.3.	EFFECTOS DE LOS INGREDIENTES SOBRE EL CONTENIDO PROTEICO	100
4.1.4.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO CONTENIDO CALÓRICO.....	104
4.1.5.	EFFECTOS DE LOS INGREDIENTES SOBRE EL CONTENIDO CALÓRICO.	106
4.1.6.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO NIVEL DE AGRADO.	108
4.1.7.	EFFECTOS DE LOS INGREDIENTES SOBRE EL NIVEL DE AGRADO...	110



4.2.	OPTIMIZACIÓN SIMULTÁNEA DE RESPUESTAS.....	113
4.3.	CARACTERIZACIÓN DE LA FORMULACIÓN ÓPTIMA.....	117
4.3.1	CARACTERÍSTICAS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA PROXIMAL	117
4.3.2	CARACTERÍSTICAS DE COLOR	120
4.3.3	CARACTERÍSTICAS DE PERFILES DE TEXTURA.....	122
4.3.4	CARACTERÍSTICAS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN	124
	CONCLUSIONES	127
	RECOMENDACIONES	129
	BIBLIOGRAFÍA	130
	ANEXOS.....	140

Área: Mezclas Alimenticias

Tema: Optimización

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 07 DE MAYO DE 2009



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Contenido de colesterol en distintas sangres.	31
Tabla 2	Composición química de las carnes de principales especies de consumo (%)	31
Tabla 3	Valor calórico comparado de la carne de alpaca con las principales especies.	31
Tabla 4	Componentes nutritivos de la cañihua en base seca	34
Tabla 5	Elementos principales para la elaboración de hamburguesas.	44
Tabla 6	Formulación base para la producción de hamburguesa	86



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Población alpaquera en las principales regiones del Perú, año 2005	29
Figura 2:	Distribución de la población alpaquera por provincias de la Región Puno, año 2007	30
Figura 3:	Espacio factorial restringido para mezclas con tres componentes ($P=3$) ...	46
Figura 4:	Sistema coordenada trilineal	46
Figura 5:	Algunos arreglos simplex -enrejados $[3,m]$ y $[4,m]$, $m=2$ y $m=3$	50
Figura 6:	Diseño simples - centroide para (A) tres componentes y (B) cuatro componentes	51
Figura 7:	Dirección indicada por la línea discontinua para medir el efecto del incremento de la proporciones X_1 del componente 1.....	57
Figura 8:	Diagrama de cromaticidad de la CIE	72
Figura 9:	Representación grafica del diseño de mezcla axial con restricciones sobre harina extruida de cañihua, tejido adiposo de vacuno y carne de alpaca.....	80
Figura 10:	Flujo de operaciones para la elaboración de hamburguesa de carne de alpaca con harina extruida de cañihua	89
Figura 11:	Balace de masa en la elaboración de hamburguesas de carne de alpaca con incorporación de harina extruida de cañihua	90
Figura 12:	Procedimientos para la determinación de nivel de agrado de hamburguesa.	93
Figura 13:	Procedimientos para la determinación de los parámetros de color de hamburguesa optimizada y muestra comercial.....	94
Figura 14:	Procedimiento para la determinación de perfil de textura (TPA) de hamburguesa.	95



Figura 15: Superficie de respuesta para el contenido proteico de hamburguesa en función al porcentaje de harina extruida de cañihua hidratada (HECH) (X1) , carne de alpaca (X2) grasa de vacuno (X3).	101
Figura 16: Ploteo de contornos de la superficie de respuesta para el contenido proteico de hamburguesas de alpaca	101
Figura 17: Trazos de Cox para evaluación del efecto de cada ingrediente sobre el contenido proteico de las hamburguesas de carne de alpaca	103
Figura 18: Superficie de respuesta para el contenido calórico de hamburguesa en función al porcentaje de harina extruida de cañihua hidratada (HECH) (X1) , carne de alpaca (X2) grasa de vacuno (X3)	106
Figura 19: Ploteo de contornos de la superficie de respuesta para el contenido calórico de hamburguesas de alpaca.	107
Figura 20: Trazos de Cox para evaluación del efecto de cada ingrediente sobre el contenido calórico de las hamburguesas de carne de alpaca	108
Figura 21: Superficie de respuesta para el nivel de agrado de hamburguesa en función al porcentaje de harina extruida de cañihua hidratada (HECH) (X1), carne de alpaca (X2) grasa de vacuno (X3).....	111
Figura 22: Ploteo de contornos de la superficie de respuesta para el nivel de agrado de hamburguesas de alpaca.....	111
Figura 23: Trazos de Cox para evaluación del efecto de cada ingrediente sobre el nivel de agrado de las hamburguesas de carne de alpaca.	113
Figura 24: Zona de formulación factible obtenida a partir de las restricciones sobre las respuestas	115
Figura 25: Composición química proximal de hamburguesa óptima y muestrea comercial.....	117



Figura 26: Coordenadas $L^*a^*b^*$ de hamburguesa optimizada y muestra comercial .	120
Figura 27: Curva de fractura en hamburguesas comerciales y optimizadas.....	123
Figura 28: Costos de producción de las 16 formulaciones experimentales.....	124



INDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Producción de alpacas en las regiones del Perú (2000-2005).....	28
Cuadro 2 Producción de alpacas año 2007 en la provincia de Puno	29
Cuadro 3 Análisis de varianza	65
Cuadro 4 Composición de la masa principal experimental	78
Cuadro 5 Restricciones sobre los ingredientes de la masa principal	79
Cuadro 6 Formulaciones experimentales de la hamburguesa.....	80
Cuadro 7 Valores observados de contenido proteico, contenido calórico y nivel de agrado de las formulaciones experimentales.....	96
Cuadro 8 Análisis de varianza (ANVA) de la ecuación de regresión para el contenido proteico de hamburguesas.	99
Cuadro 9 Análisis de Varianza de los coeficientes de la ecuación de regresión para el contenido proteico de las hamburguesas.....	99
Cuadro 10 Análisis de varianza (ANVA) de la ecuación de regresión para el contenido calórico de hamburguesas	105
Cuadro 11 Análisis de varianza de los coeficientes de la ecuación de regresión para el contenido calórico de las hamburguesas	105
Cuadro 12 Análisis de varianza (ANVA) de la ecuación de regresión para nivel de agrado de hamburguesas	108
Cuadro 13 Análisis de varianza de los coeficientes de la ecuación de regresión para el nivel de agrado de las hamburguesas	110
Cuadro 14 Composición y características de la mezcla obtenida tras la optimización simultánea de respuestas	116
Cuadro 15 Composición química proximal de las muestras de hamburguesa de la formulación óptima y del producto comercial.	117



Cuadro 16	Valores de las coordenadas L^* , a^* , b^* de las hamburguesa optimizada y la hamburguesa comercial.....	120
Cuadro 17	Valores de penetración para la hamburguesa optimizada y hamburguesa comercial	122
Cuadro 18	Costos de producción de las 16 formulaciones experimentales.....	124



RESUMEN

La investigación, consistió en aplicar el método de diseño de mezcla, en formulaciones de hamburguesa de alpaca, con el objetivo de determinar el porcentaje óptimo, de incorporación de harina extruida de cañihua, carne de alpaca y tejido adiposo de vacuno; a dichos componentes se aplicó diseño axial con restricciones sobre los porcentajes de los mismos, determinándose dentro del triángulo simplex las formulaciones experimentales (16 en total), evaluando las características en contenido proteico, caloría y nivel de agrado. A partir de los valores obtenidos se estimaron los modelos polinomiales canónicos de Scheffé, se evaluó la influencia de cada componente sobre las características; utilizando “Trazos de Cox”, los modelos estimados se utilizaron simultáneamente para determinar la zona de formulación factible; obteniéndose la formulación óptima con 17 % harina extruida de cañihua, 80 % carne de alpaca y 3 % tejido adiposo de vacuno; caracterizado con contenido proteico 16.60 %, calórico 123.04 Kcal./100g y nivel de agrado de 8.86, en escala no estructurada; en el análisis proximal, la formulación óptima resultó con humedad de 73.59 %, proteína 16.51%, ceniza 1.99 % y grasa 5.08 %. El análisis de color CIE Lab, determinó que la formulación óptima, presenta valor L* (luminosidad) 15.4752 y b*(color amarillo) 0.3874, e igual a*(color rojo) 0.359, considerándose más oscuro, igual tono rojizo y menos amarillo en relación a la muestra comercial. Con respecto al análisis de textura (TPA), la formulación óptima presentó punto de quiebre máximo a una deformación de 560 mm en tiempo de 8 seg., la muestra comercial resultó con la misma deformación en tiempo de 7 seg. demostrándose que la formulación óptima tiene más dureza. Se determinó los costos de producción de las 16 formulaciones en muestras de 500 g; la formulación óptima resultó con costo de producción de S/ 4.3 mayor al comercial.

Palabras clave: Diseño de mezclas, optimización, caracterización.



ABSTRACT

The research consisted of the mix design method in alpaca hamburger formulations to determining the optimum percentage of incorporation of extruded cañihua flour, alpaca meat and beef adipose tissue; axial design was applied to these components with restrictions on their percentages, determining within the simplex triangle the experimental formulations (16 in total), evaluating the characteristics of protein content, caloric content and level of taste. From the values obtained, the canonical polynomial Scheffé models were estimated. The influence of each component on the characteristics was evaluated using "Cox traces". The estimated models were used simultaneously to determine the feasible formulation zone; obtaining the optimum formulation with 17 % extruded cañihua flour, 80 % alpaca meat and 3 % beef adipose tissue characterized with protein content 16.60 %, caloric 123.04 Kcal./100g and level of liking of 8.86, in unstructured scale; in the proximal analysis, the optimum formulation resulted in moisture 73.59 % ash 16.51 % protein, 1.99 % and fat 5.08 %. The CIE Lab color analysis determined that the optimum formulation presented L* value (lightness) 15.4752 and b*(yellow color) 0.3874, and equal a*(red color) 0.359, being considered darker, equal reddish tone, and less yellow concerning the commercial sample. For the texture analysis (TPA), the optimum formulation presented a maximum breaking point at a deformation of 560 mm in a time 8 sec. the commercial sample showed the same deformation at a time of 7 seconds. demonstrating that the optimum formulation has more hardness. The production costs for the 16 formulations in samples of 500 g were determined; the optimum formulation resulted in a production cost of S/ 4.3133 higher than the commercial one.

Key words: characterization, mix design, and optimization



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Instituciones como el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 1991), han promovido el consumo de productos cárnicos “bajos en grasa” como las carnes para hamburguesas con menos de 10% de grasa. Sin embargo, sus fabricantes han encontrado que la disminución drástica del contenido de grasa, altera sus características sensoriales y químicas, lo cual genera problemas de aceptabilidad por parte del consumidor. Con el propósito de retener los atributos sensoriales en este tipo de producto cárnico, se ha intentado sustituir la grasa por ingredientes no cárnicos (Jiménez, 2000).

El uso de la cañihua, por su alto valor nutricional, constituye una importante alternativa para enfrentar un déficit alimentario, no solo en lo que se refiere a nutrientes, sino a los llamados no nutrientes; es decir, a los alimentos o ingredientes alimentarios que producen un efecto fisiológico beneficioso con independencia de su valor nutritivo (Monreal-Revuelta *et al.*, 2002).

A pesar de la existencia de productos cárnicos regularizados denominados “ligeros” y/o “reducidos en grasa”, en el ámbito latinoamericano no se dispone de suficiente literatura científica que aborde la calidad nutricional y sensorial de los mismos. a la fecha, tampoco se hallaron estudios en la región Puno sobre elaboración de este tipo de producto cárnico con sustitución parcial de la grasa y con extruidos de cañihua.



1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente la producción de carne de alpaca en la región Puno, es una de las principales actividades generadoras de ingresos económicos, estos productos son destinados para la alimentación humana, en forma de carne fresca y charqui; el poco interés de los productores y la paupérrima tecnología hacen que la producción de carne de alpaca esté enfocada principalmente a esos dos productos, teniendo una limitada visión de diversificar procesos tecnológicos, en cuanto a la elaboración de productos alternativos, como son los productos cárnicos picados reformados crudos representados por las hamburguesas, utilizando no solo carne de alpaca sino adicionando al proceso productos de la región como la cañihua; la cual, sustituirá a la harina texturizada de soya, que es producto importado de Bolivia y Argentina..

En la actualidad la elaboración de hamburguesas utiliza como materia prima variedad de carnes como (vacuno, porcino) harina texturizada de soya, y otros insumos. Enfocándonos en el proceso podríamos decir que el uso de alguno de sus insumos como la harina texturizada de soya no son saludable como nos han hecho creer, debido a su gran cantidad de anti nutrientes en comparación a otras leguminosas. De continuar utilizando harina texturizada de soya, en productos cárnicos como las hamburguesas, se seguirán presentando problemas nutricionales. Que hacen ver al producto mencionado, nada mas como un producto de comida chatarra, no atribuyéndole ningún beneficio nutricional.

Dada la situación de las diferentes formas de elaboración e insumos de hamburguesas, las cuales causan variación en los componentes nutricionales del producto, especialmente en la composición de proteínas, valor calórico .Se propuso la



investigación titulada “optimización de la incorporación de harina extruida de cañihua en formulaciones de hamburguesa de alpaca” para la investigación se utilizara carne de alpaca de la región; pecho, piernas, brazuelo, y harina extruida de cañihua variedad cupi.

El propósito de esta investigación es obtener un producto con materia prima de la Región Puno, que contengan alto valor proteico con niveles calóricos bajos, características sensoriales aceptable, de bajo costo. Que no modifique los hábitos de consumo, con el fin de lograr un producto con calidades aceptables.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cómo influirá la incorporación de harina extruida de cañihua en la elaboración de hamburguesas de alpaca en cuanto a calidad sensorial, nivel proteico y calorías?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿Como obtener una formulación óptima en la elaboración de hamburguesas de alpaca incorporándole harina extruida de cañihua?

¿En que medida la incorporación de harina extruida de cañihua causa variación en las características fisicoquímicas de hamburguesa de alpaca?

¿En que medida la incorporación de harina extruida de cañihua afectara la calidad sensorial de las hamburguesas de alpaca?

¿La incorporación de harina extruida de cañihua en hamburguesas de alpaca causa variación en cuanto a costos de producción?



1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. HIPÓTESIS GENERAL

Al efectuar el proceso de optimización de incorporación de harina extruida de cañihua en la elaboración de hamburguesas de alpaca, se conocerá la mezcla óptima (harina extruida de cañihua, carne de alpaca, grasa de vacuno) con aceptable calidad.

1.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA

- Mediante la aplicación del método diseño de mezclas, se logrará obtener la formulación óptima en la incorporación de harina extruida de cañihua en formulaciones de hamburguesas de alpaca (*vicugna pacos* L.),
- Al realizar el análisis físico químico del producto final (hamburguesas de alpaca con incorporación de harina extruida de cañihua, carne de alpaca y tejido adiposo de vacuno), se conoce los valores de humedad, proteína, ceniza, grasas, .
- Al efectuar la evaluación sensorial de Las hamburguesas de alpaca con incorporación de harina extruida de cañihua, se conocerá características sensoriales como sabor, color y textura.
- Efectuado el proceso de elaboración de hamburguesa se podrá determinar los costos de producción del producto final.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación hizo uso de la cañihua, por su alto valor nutricional, constituye una importante alternativa para enfrentar un déficit alimentario. No solo en lo que se refiere a nutrientes, sino, a los llamados no nutrientes, es decir a los alimentos o ingredientes alimentarios que producen un efecto fisiológico beneficioso con independencia de su valor nutritivo (Monreal- Revuelta *et al.*, 2002),



La idea fue elaborar un producto de gran aceptación como es la hamburguesa, con materia prima peruana, rescatando no solo la crianza de camélidos como base de la industria de los tejidos sino también el aprovechamiento de su carne, incluyéndole cañihua como un sustitúyete de harina texturizada de soya. Y conocer las propiedades nutritivas que ofrecen.

Con el presente trabajo de investigación se identificó los niveles adecuados de incorporación de harina extruida de cañihua en productos cárnicos como las hamburguesas, con el fin de obtener un producto altamente proteico, con bajo valor calórico, aceptable calidad sensorial, producto de bajo costo, y alto valor nutritivo.

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. OBJETIVOS GENERALES

Determinar el nivel óptimo de incorporación de harina extruida de Cañihua, que permitan obtener hamburguesas de alpaca (*vicugna pacos l.*,.) con aceptable calidad.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obtener la formulación óptima en la incorporación de harina extruida de cañihua para la elaboración de hamburguesa de carne de alpaca, con aceptable calidad proteica, calorías y nivel de agrado, aplicando el método de diseño de mezclas.
- Determinar el análisis proximal (humedad, cenizas, grasas y proteínas) del producto final.
- Determinar color, textura y la evaluación sensorial mediante el atributo de sabor de la muestra optimizada.
- Determinar costos de producción en la elaboración de hamburguesa de las muestras.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

Canales (1982), realizó una investigación sobre formulaciones para una pasta de carne donde sustituye proteína cárnica por su similar vegetal “supro 620” nombre comercial de un aislado proteico de soya, apreciando sus efectos sensoriales y económicos teniendo como resultado un óptimo y mejor producto con una sustitución de 18% en base al peso de carne.

Cabrajos (1986), propuso la elaboración de hamburguesas utilizando carne de pollo, con el objetivo de sustituir las carnes rojas por la de ave, así también buscar una tecnología y parámetros de procesamiento. Obtuvo un producto de muy buenas características de calidad cuando se utilizó el 61.61 % de carne de pollo y el 8.81 % de grasa de porcino. En la evaluación sensorial se obtuvo como respuesta: bueno, y a los 8 días de almacenamiento no mostró cambios de consideración, con gran estabilidad y buena calidad.

Llaca (1994), elaboro y evaluó la calidad de embutidos tipo mortadela con sustitución de carne de cerdo por carne de alpaca al 50 %, de carne de vacuno por carne de alpaca al 100 %, de carne de vacuno y cerdo por el 100 % de carne de alpaca, comparando sensorialmente la muestra obtenida con una muestra comercial.

Torres et al. (1994), desarrollaron y formularon 2 tipos de embutidos en base a carne ovino, representando las cecinas escaldadas, y paté de hígado a las cecinas cocidas. Aplicaron el método científico de desarrollo y formulación de productos, “Diseños de Mezclas”, imponiendo restricciones de aporte proteico, calórico y



aceptabilidad sensorial. Tomando en cuenta estas restricciones, obtuvieron la zona de formulación óptima para los productos desarrollados; dentro de la cuál, cualquier mezcla que se tome en ella cumplirá con las restricciones impuestas. Finalmente, optimizaron la formulación con respecto al mínimo costo, analizando 10 mezclas de la zona de formulaciones óptimas, obteniendo así una formulación para cada producto que cumplía con las restricciones impuestas y además era la que tenía el menor costo. Considerando todos estos resultados, demostraron que es factible la incorporación de carne de cordero a productos de cecinaría.

Elías (2002), aplicó este diseño para la sustitución de carne por harina texturizada de soya en la elaboración de cabanossi, llegando a definir una sustitución máxima de 22.8 %; con la cual se da una formulación de mínimo costo que cumplía con restricciones sensoriales y proteíco

Zorogustua (2004), hizo un estudio donde determinó una formulación óptima para la elaboración de chorizo ahumado utilizando carne de alpaca y carne de cordero, siendo este un material de buena disponibilidad en el Región Puno, para dicho efecto se utilizó como herramienta base la evaluación del diseño de mezclas, en este modelo se impusieron restricciones de orden proteíco, calórico, y aceptabilidad sensorial estableciendo una zona óptima y zona de formulación factible, a partir de la cual se realizó una evaluación del costo obtenido de la formulación óptima.

Salazar (2005), realizó una investigación que consistió en aplicar el método de diseño de mezclas en formulaciones de un paté de hígado de cerdo, con la finalidad de determinar el porcentaje óptimo de sustitución de tejido graso, por inulina que permitió obtener un producto semejante, en cuanto a características físico químicas, sensorial y costo de producción a un paté comercial tomando como referencia, bajo en grasa y enriquecido con fibras solubles.



2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1.. PRODUCTOS CÁRNICOS BAJOS EN GRASAS

Existe una creciente demanda por parte de los consumidores respecto a los productos cárnicos bajos en grasas, esta situación se debe a que en los últimos años se han planteado una serie de cuestiones acerca de la seguridad o del consumo ilimitado de los derivados de la carne. Las cuestiones más significativas están relacionadas con la dieta y la salud, sin embargo, existen múltiples problemas asociados a la remoción de grasa en este tipo de producto, tales como disminución o alteración de la apariencia, sabor textura de los mismos (Xiong *et al.*, 1999)

Una reducción exitosa de grasa en productos cárnicos requiere de una adecuada comprensión de sus funciones, como estas propiedades pueden ser replicadas con ingredientes no grasos. Las propiedades más importantes que están influenciadas por las grasas incluyen la apariencia, sensación al morder, textura jugosidad, sabor y estabilidad en el almacenamiento (Pearson y Dutson, 1997).

La apariencia es el primer atributo que influenciará en la percepción de la calidad del consumidor, la grasa otorga a los productos cierto brillo, proporciona opacidad y contribuye al dorado (Pearson y Dutson, 1997).

La sensación al morder suministrada por la grasa es difícil de describir, dicha sensación en su forma grasosa o aceitosa, es considerada como una combinación de algunos parámetros básicos; los cuales incluyen viscosidad (densidad, cuerpo), lubricidad (cremosidad, blandura), absorción/absorción y otros, los cuales no están aun claramente definidos, tales como cohesividad (Glicksman, citado por Pearson y Dutson, 1997).



Con respecto al sabor, la grasa puede modificar el perfil tiempo intensidad de sabores. El revestimiento aceitoso de la lengua tiende a reducir la percepción del sabor. Al reemplazar grasa, los niveles incrementados de humedad dentro del sistema alimenticio pueden crear un sabor no balanceado, haciendo que la percepción del salado, acidez, dulzor y amargor sean más acentuadas (Yackel y Cox, citado por Pearson y Dutson 1997). Asimismo, una marcada reducción puede dar como resultado productos muy duros, elasticidad o harinosidad (Keeton, citado por Pearson y Dutson, 1997).

Desde un punto nutricional la grasa contribuye con 9Kcal/g de energía y aporta ácidos grasos esenciales y vitaminas liposolubles.

2.2.2. REEMPLAZANTES DE GRASA- DEFINICIONES Y CLASIFICACIÓN

Los términos reemplazantes, sustitutos y miméticos de grasa son usualmente utilizados indistintamente. Sin embargo, algunos autores dan diferentes descripciones para cada uno. Un reemplazante de grasa es un término general, el cual abarca a los sustitutos y miméticos de grasa. Los reemplazantes de grasa son ingredientes que contribuyen con pocas calorías, o nada de éstas en alimentos formulados, sin alterar el sabor, la sensación al morder, viscosidad u otra propiedad organoléptica. La mayoría de los reemplazantes de grasa son usados preferentemente para una sustitución parcial y no total de grasa (Keeton, citados por Pearson y Dutson, 1997).

2.2.2.1. SUSTITUTOS DE GRASA Y ANÁLOGOS

Los sustitutos y análogos de grasa son moléculas cuya propiedades físicas y térmicas son semejantes a esta última, pero aportan menos calorías, e incluso no las aportan. Los análogos de la grasa o sustitutos sintéticos pueden reemplazar a la grasa en



un alimento por sustitución directa, y en muchos casos puede ser usado para freír (Pearson y Dutson, 1997).

2.2.2.2. MIMÉTICOS DE GRASA

Calorie Control Council, citado por Pearson y Dutson (1997) los define como reemplazantes parciales debido a la imitación de una propiedad en particular. Son compuestos que ayudan a reemplazar las sensaciones al morder que imparte la grasa, pero no puede sustituir está en equivalencia de peso. Puede ser clasificado adicionalmente como mimético, basado en proteínas y miméticos basado en carbohidratos. Generalmente, los miméticos de grasa no son útiles como un medio para freír, debido al hecho de que imitan a la grasa atrapado agua en su estructura, son mejores utilizados cuando la aplicación tiene suficiente humedad.

2.2.3. ESTRATEGIAS PARA REDUCCIÓN DE GRASA

Las estrategias para la reducción o reemplazo de grasa en productos cárnicos incluyen el uso de carne magra, el reemplazo de grasa por agua, adicción de miméticos de grasa basados en proteínas o carbohidratos, y el uso de otras grasas o sustitutos sintéticos. Hoy en día, la estrategia más popular es la inmovilización de agua añadida como un mimético de grasa natural proteína o glúcido (Keeton citado por Pearson y Dutson, 1997).

2.2.4 REEMPLAZANTES DE GRASA BASADOS EN PROTEÍNAS

Los reemplazantes de grasa proteica son miméticos, y la mayoría aportan 4Kcal/g en base seca; pero cuando son hidratadas (con 3 o mas partes de agua), proveen 1 Kcal/g en base húmeda. Se emplean proteínas de origen vegetal y animal. Estas son



utilizadas como rellenos, retentores de agua, extensores para mejora el sabor, textura, apariencia, rendimiento y valor nutricional de la carne molida. Los concentrados y aislados de proteínas de soya, proteínas lácteas y otras proteínas no cárnicas pueden servir como reemplazantes de grasa, gracias a su habilidad para retener agua y formar geles (Keeton, citado por Pearson y Dutson, 1997).

2.2.5 REEMPLAZANTES DE GRASA BASADAS EN CARBOHIDRATOS

Los almidones, la celulosa y gomas polisacáridos son retentores de agua y agentes modificadores de textura muy efectivos; generalmente son componentes de sistemas reemplazantes de grasa para aplicaciones cárnicas. Con respecto a la selección del mejor hidrocoloide para una aplicación cárnica debe conocerse su funcionalidad dentro del sistema cárnico, es necesario comprender todo acerca de sus propiedades específicas. Los miméticos de grasa basados en carbohidratos son frecuentemente usados en productos cárnicos bajos en grasas. Estos miméticos logran un reemplazo de la grasa debido a la estabilización del agua añadida, en una matriz tipo gel, lo cual da como resultado una humedad y lubricidad similares a las de productos altos en grasa (Glicksman, Yackel y Cox, citado por Pearson y Dutson, 1997).

2.2.6 ALPACA (vicugna pacos L.)

2.2.6.1. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LAS ALPACAS

Estudios realizados por Wheeler (1995) al comparar la morfología de incisivos de restos arqueológicos de camélidos sudamericanos en la puna peruana, se detectó similitudes entre alpacas y vicuñas, lo que permitió concluir que las alpacas eran las formas domésticas de vicuñas. Asimismo, Kadwell *et al.* (2001) en estudios de ADN mitocondrial y nuclear en una muestra de más de 700 llamas, alpacas, vicuñas y



guanacos a nivel trasandino; demostraron que la alpaca es la forma doméstica de la vicuña y la llama del guanaco. Por otro lado, en estudios de variaciones cromosómicas y moleculares demostraron una alta similitud genética entre alpacas y vicuñas, así como entre llamas y guanacos, cuyos resultados apoyan fuertemente la hipótesis de que la llama se deriva de *L. guanicoe*, y la alpaca de *V. vicugna*, apoyando la reclasificación de la alpaca como *V. pacos*. (Marín et al., 2007). Por ello, se ha visto utilizar la siguiente clasificación taxonómica:

Reino	: Animal.
Tipo	: Mamífero herbívoro
Orden	: Artiodactyla
Suborden	: Tylópoda
Familia	: Camelidae
Genero	: Vicugna
Nombre Científico.	: <i>Vicugna pacos</i>
Nombre Vulgar	: Alpaca

2.2.6.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES

En la actualidad la alpaca esta distribuida desde la parte central de los andes del Perú hasta Argentina, pasando por toda Bolivia y también por parte de la zona norte de los andes de Chile. Su distribución está condicionada a las características del medio ecológico alto andino; alturas comprendidas entre 2300 a 4000 m.s.n.m. a los escasos y fibrosos pastos existentes en este nivel ecológico. Por ello, es que la alpaca es considerada como un animal extraordinariamente rústico. Próspera en ambientes completamente inhóspitos como en el de la Quiaca en Argentina o en ambientes de muy escasa vegetación, como en algunas zonas cordilleranas del Perú y Bolivia (Calle, 1982).

Se precisa que los camélidos que se crían en el país, representados por alpacas, guanacos, llamas, vicuñas y algunos híbridos entre ellos, constituyen una valiosa fuente



productora de carnes, como tal una excelente fuente de alimento proteico, es así que hoy en día la importancia de la cría de estas especies animales, no solamente debe ser por la fibra que producen, sino también como una gran fuente productora de carnes (Téllez, 1992).

2.2.6.3. PRODUCCIÓN ACTUAL DE LA ALPACA

La importancia de la crianza de alpaca en la región Puno, radica principalmente en la producción de fibra. El Perú cuenta con el 89 % de alpacas del mundo, la participación y sus productos derivados en la economía peruana es relativamente pequeña. El ramo productivo de la alpaca representa en promedio el 1,35 % de las exportaciones totales del Perú, y el 5 % de las exportaciones no tradicionales. En los últimos 10 años, la contribución al producto bruto interno en el sector manufactura, ha sido del 2 % y el 2 %. en el cuadro siguiente, se muestra la evolución de la producción de alpacas en las principales regiones del Perú, desde el año 1999 hasta el año 2005.

Cuadro 1: Producción de Alpacas en las regiones del Perú (2000-2005)

Región	Años					
	2000	2001	2002	2003	2004	2005
La Libertad	5,309	5,780	5,500	6,397	6,918	7,505
Cajamarca	5,365	5,380	5,380	1,265	1,285	1,285
Ancash	12,489	12,168	12,188	12,211	12,203	12,142
Lima	28,510	28,262	30,173	34,173	34,173	34,173
Huánuco	3,235	2,914	2,914	2,637	2,637	2,637
Pasco	28,472	28,757	29,045	29,332	30,555	31,823
Junin	27,800	31,400	33,500	34,680	35,440	41,120
Huancavelica	205,000	207,500	211,096	205,000	217,442	223,704
Arequipa	284,000	285,633	273,600	356,650	343,520	346,625
Moquegua	52,500	61,816	77,041	75,189	75,189	75,189
Tacna	32,370	38,281	33,100	45,600	44,680	40,000
Ayacucho	160,387	141,051	171,950	196,356	178,120	193,467
Apurímac	97,757	127,757	142,897	149,727	154,130	150,260
Cusco	412,905	425,294	438,051	451,190	451,190	451,190
Puno	1,712,110	1,780,380	1,869,400	1,832,150	1,832,150	1,986,790
Total Nacional	3,068,209	3,182,373	3,335,835	3,432,557	3,419,632	3,597,910

Fuente: MINAG-DGIA (Compendio Estadístico Agrario 1994-2005)

En el siguiente gráfico, se observa la población de alpacas de las principales regiones a nivel nacional, en el año 2005.

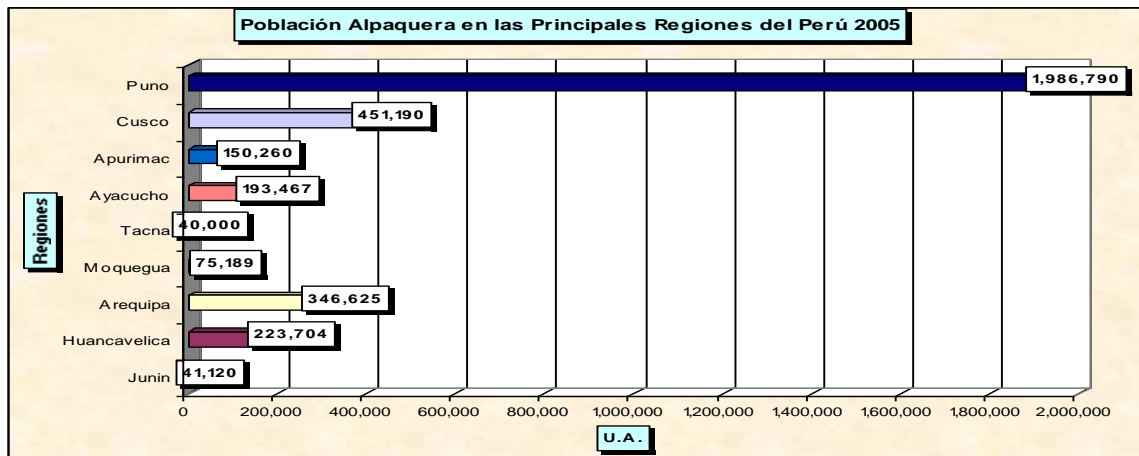


Figura 1: Población Alpaquera en las Principales Regiones del Perú, año 2005
(Compendio Estadístico Agrario 1994-2005)

En el Cuadro 2, se muestra la producción de alpacas, en el año 2007, a nivel de provincias de la región Puno.

Cuadro 2: Producción de Alpacas Año 2007 en la provincia de Puno

Provincia	Poblacion Promedio Año
Azangaro	188,950
Carabaya	259,430
Chucuito	197,840
El collao	151,460
Huancane	178,250
Lampa	343,730
Melgar	296,030
Moho	12,510
Puno	165,010
S.a. Putina	131,330
San roman	48,560
Sandia	51,010
Yunguyo	700
Total	2,024,810

Fuente: DRA-Dirección de Información Agraria 2007.

En el gráfico siguiente se muestra la distribución de la población alpaquera, por provincias de la región Puno, año 2007.

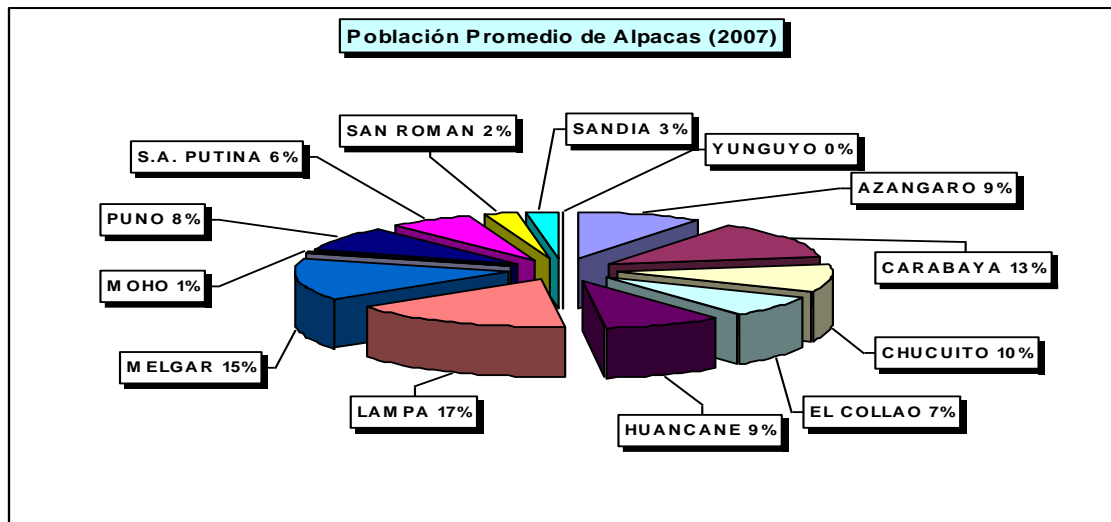


Figura 2: Distribución de la población alpaquera por provincias de la región Puno, año 2007 (DRA-Dirección de Información Agraria 2007)

2.2.6.4. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA CARNE DE ALPACA

La carne de alpaca se produce para el consumo familiar de los campesinos, es parecido a la carne de los porcinos y superior en calidad a la de la oveja. Los campesinos preparan el “charqui” en la temporada de las heladas, secando la carne al sol durante el día y someténdola a la acción de las heladas durante la noche (Calle, 1982). una de las ventajas que ofrece la carne de alpaca, desde el punto de vista químico nutricional, presenta un alto contenido de proteína, sobre todo un contenido bajo en grasa; sin embargo, un aspecto importante y complementario a ello constituye el conocimiento de la concentración de colesterol. existen estudios que precisan bajos niveles de colesterol sanguíneo en esta especie. En el cuadro 2, se compara la carne de alpaca con las demás especies domésticas cuyas carnes son consumidas (Garnica 1988). Además, en el cuadro 3, se reporta que el tenor proteico es notablemente superior al que tiene la carne de las otras especies, cuya producción cárnica forma parte de la dieta alimenticia humana (Calle 1982). Por otra parte, la cantidad de tejido graso en la alpaca es inferior a la carne de las demás especies.

Tabla 1: Contenido de colesterol en distintas sangres.

Animal	mg colesterol / dL de sangre
Alpaca	20,43
Ovino	200,00
Vacuno	300,00

Fuente: *Garnica (1988)*.

Tabla 2: Composición química de las carnes de principales especies de consumo (%)

Especies	Humedad	Proteína	Grasa	Cenizas
Alpaca	74,60	20,33	4,13	1,36
Vacuno	72,72	21,01	4,84	0,91
Ovino	72,24	18,91	6,53	2,16
Porcino	59,18	19,37	20,06	0,79
Caprino	73,80	20,65	4,30	1,25
Gallina	72,04	21,87	3,76	1,31
Pato	70,08	19,60	7,85	1,47
Pavo	70,04	22,16	5,22	1,37

Fuente: *Calle (1982)*

Tabla 3: Valor Calórico comparado de la carne de alpaca con las principales especies.

Carne	Nº de calorías/100 g
Carne de alpaca	101,0
Carne de vaca grasa	306,9
Carne de vaca semi grasa	141,4
Carne de vaca magra	100,59
Carne de cerdo grasa	384,0
Carne de cerdo magra	137,6
Carne de cordero grasa	377,1
Carne de cordero semi grasa	123,3
Carne de cordero magra	100,9
Carne de liebre	103,7

Fuente: *Calle (1982)*.



Su valor calórico es bajo debido a su mínimo contenido graso, esto se puede observar en la Tabla 3. la alpaca debido a su extraordinaria rusticidad y su notable sobriedad alimenticia, puede ser explotada en aquellas zonas marginales de escasos recursos alimenticios donde no prosperan otras especies domésticas (Calle, 1982). Por consiguiente, sin que la alpaca interfiera en la dieta alimenticia de otras especies, la alpaca es una especie doméstica, que oferta un considerable potencial cárnico para el consumo humano.

2.2.7 CAÑIHUA

2.2.7.1 NOMBRE CIENTÍFICO Y FAMILIA

Chenopodium pallidicaule Aellen. CHENOPODIACEAE

2.2.7.2 NOMBRE COMÚN

“Kañihua”, “cañihua”, “cañahua”, “quinua silvestre”, “cañiwa”.

2.2.7.3 VARIEDAD GENÉTICA

La cañihua (*Chenopodium pallidicaule* aellen) es una planta que tendría su origen alrededor de la hoya del lago Titicaca, la enorme cantidad de formas botánicas, tanto cultivadas como silvestres encontrados en inundaciones del lago Titicaca prueba que el origen de esta especie es el altiplano Peruano – Boliviano; además una de las bases para tal afirmación, es el hecho que encontraron con muchas variedades cultivadas que muestran un mayor grado de domesticación, esto se ha iniciado antes de la época del incanato. Se parece a la quinua y se ha confundido por mucho tiempo con esta planta, hasta que Aellen la clasifico en 1929 como una especie propia y no contiene saponina (Tapia, 1968).



2.2.7.4 . VARIEDADES

INIA, ha realizado esfuerzos y aportes en la obtención de variedades de cañihua a través de métodos de selección y estudios de estabilidad de rendimiento, logrando obtener: la variedad Cupi y Ramis que se están multiplicando en semilleros (Mujica *et al.*, 2002).

2.2.7.5 . PROPIEDADES NUTRITIVAS

Entre las Chenopodiaceas, la cañihua es un grano que tiene alto valor nutricional, por su elevado contenido de proteínas (que varia entre 15 y el 19 %) y lípidos, ha sido identificado como un cultivo alimenticio provisorio por su composición de aminoácidos esenciales con un alto contenido de lisina (Gross, citados por Rastrelli *et al.*, 1996). al igual que la quinua y la kiwicha tiene una proporción importante de aminoácidos azufrados, con la ventaja de poseer menor contenido de saponina (Mújica *et al.*, 2002). las semillas de cañahua ofrecen un alto contenido proteico para las dietas escasas en carnes. Además, poseen un balance de aminoácidos de primera línea siendo particularmente rica en lisina, isoleucina y triptófano; esta calidad proteica en combinación con un contenido de carbohidratos del orden del 60 % y aceites vegetales del orden del 8 %, la hacen altamente nutritiva (Sonco, 2005).



Tabla 4: Componentes nutritivos de la cañihua en base seca

Componentes	Porcentaje (%)
Humedad	-
Carbohidratos totales	63.4
Proteínas (N x 6.25)	18.8
Grasa (soluble en éter)	7.6
Ceniza	4.1
Saponinas	-
Carbohidratos	
Almidón (método polarimétrico)	
Almidón (método pancreatin)	6.1
Azúcares reductores (monosacáridos)	
Azúcares no reductores (disacáridos)	
Fibra cruda	
Pentosas	

Fuente: *Repo-Carrasco et al. (2003)*.

2.2.7.6 . PROTEÍNAS DE CAÑIHUA

La quinua y cañihua sirven como sustituto de la escasa proteína animal y una de las principales fuentes de proteína de la región, la importancia de estas proteínas está basada en su calidad y con una composición balanceada de aminoácidos esenciales similar a la composición de caseína (proteína de la leche). De acuerdo a los estudios realizados por la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM), la quinua y cañihua tienen un alto score químico. La importancia de las proteínas de las especies andinas está basada en su calidad. Las proteínas de quinua y cañihua pertenecen principalmente albúmina y globulina, los cuales tienen una composición balanceada de aminoácidos esenciales, similar a la composición de la caseína (*Repo-Carrasco et al., 2003*).

2.2.7.7 FIBRA DIETARIA DE CAÑIHUA

El “Codex Comité on Nutrition and Food for Specialty Dietary Uses” propuso en 2004, que la fibra dietaria consistía en el material disponible no digerible compuesto



de polímeros de carbohidratos, con un grado de polimerización (DP) no menor de 3, ó de polímeros de carbohidratos (DP>3) procesados por medios físicos, enzimáticos o químicos o sintéticos. La fibra dietaría no es digerida ni absorbida en el intestino delgado y tiene al menos una de las siguientes propiedades: incrementa la producción fecal, estimula la formación de bacterias en el colon, reduce los niveles de colesterol rápidamente, reduce los niveles del azúcar y/o insulina (Duxbury, 2004).

2.2.7.8 . LA CAÑIHUA EN LA EXTRUSIÓN

El contenido de proteína en productos extruidos de cañihua, se observó una disminución de proteínas, lo cual se atribuyó a la formación de la reacción de Maillard como consecuencia de las altas temperaturas, presencia de azúcares libres y proteínas, evidenciado por la formación de polímeros pardos en la cañihua extruida (Luna, 2005). Asimismo, los cambios químicos durante la extrusión de proteínas son muy variados y dependen del material a extruir, pero ya se vio que el principal efecto es el desdoblamiento y exposición de los sitios activos, permitiendo complejas uniones entre componentes; además, como ya se indicó se favoreció la reacción de Maillard produciendo otros compuestos pardos, con la consecuente degradación de las proteínas que se habría visto favorecida por la alta presencia de azúcares libres, en la variedad Ramis y en el caso de la variedad ILLPA INIA 406, al existir menor contenido de azúcares libres siendo la reacción menor; en cambio, la variedad cupi no se ha observado el mismo comportamiento al parecer por su alto porcentaje de grasa, que minimizó el efecto del proceso, disminuyendo la exposición de grupos activos, lo que no habría favorecido las reacciones de pardeamiento no enzimático (Luna, 2005).



2.2.8 PRODUCTOS CÁRNICOS PICADOS Y RE-FORMADOS CRUDOS

La tecnología básica común consta de:

- a. Picado y molido.
- b. Mezclado.
- c. Formación de copos.

El ingrediente utilizado en mayor proporción en la formulación es la carne, se usan mucho las piezas menos caras como la carne del cuarto delantero y los recortes de los procesos, junto con carne recuperada mecánicamente y cortezas, nervios, etc. (Varnam y Sutherland, 1995).

2.2.8.1. HAMBURGUESAS

El nombre de “hamburguesa” sin ningún calificativo, se reserva para la elaborada a base de carne de vacuno, además precisa que se ha hecho conocida otras hamburguesas como: hamburguesa de pollo, hamburguesa de bacón, hamburguesa de cordero, hamburguesa vegetal, etc; según los ingredientes utilizados en la elaboración, pero manteniendo siempre la misma forma (Ranken, 2003). La hamburguesa también esta definida como un gran embutido de vacuno que se corta en lonchas antes de ser cocinado (Varnam y Sutherland, 1995).

Las hamburguesas son productos cárnicos crudos de picado grueso (5 mm. de diámetro), que presenta variaciones en su composición dependiendo de su forma de elaboración. La proporción de carne en la masa puede contener solo carne de vacuno en una alta proporción o recortes de carnes, ambos en porcentajes entre 70 – 80 % del peso total de la hamburguesa. En general la carne puede ser una mezcla de carnes de diferentes especies como: pavo, pollo, bovino, etc. Existen fluctuaciones en las



formulaciones ya que se desarrollan de acuerdo a los objetivos y calidad final del producto que se desea (Elías et al., 2005).

2.2.8.2. TECNOLOGÍA DE ELABORACIÓN

La elaboración de hamburguesas puede obtenerse en dos partes: la primera formación de emulsión con el uso de proteína de soya, agua, hielo y piel o pellejo de pollo (hamburguesas de pollo o pavo), y grasa de porcino (hamburguesa de carne); la segunda parte corresponderá al formado amasado y mezclado de la masa cárnica (Elías et al., 2000).

En la elaboración de hamburguesas debe usarse carne fresca para optimizar el color, la temperatura de la carne también es muy importante, para la extracción de la miosina es de -2 a -1 °C. Si la carne esta dura, muy congelada, puede inhibir la hidratación apropiada del concentrado de proteína de soya. La carne se prepara mediante picado o molienda, puede añadirse un poco de sal, condimentos y luego se mezcla todo en condiciones cuidadosamente controladas; el grado de troceado y de mezcla, controlan en gran medida las propiedades de cohesión y la calidad comestible de la hamburguesa acabada (Elías et al., 2002).

Al mezclar por demasiado tiempo el producto, la temperatura puede aumentar más de 4 °C y producir un producto blando, que no da muy buen resultado al cocinarlo. La mezcla pasa entonces a alimentar un formador de hamburguesas en el que recibe la forma adecuada mediante presión o compresión. Algunas de estas máquinas tienden a orientar las fibras de la carne en una dirección, hecho que puede provocar diferencias de encogimiento al cocinarlas y su consiguiente deformación. Esto puede superarse, en el caso de las hamburguesas que se pretende sean circulares, dándoles en principio una forma ligeramente elíptica.



Algunas veces se presentan problemas para mantener el color rojo brillante en las hamburguesas de carne de vacuno, la causa suele deberse frecuentemente a una calidad microbiológica defectuosa de la carne u otros ingredientes, o bien al enranciamiento oxidativa de la grasa que provoca el oscurecimiento de los pigmentos de la carne (Elías *et al.*, 2002).

Hay que tomar en cuenta algunas consideraciones importantes, tales como lo señalado por Elías *et al.* (2002):

- Determinar el tipo de producto que se desea producir, generalmente una extensión menor está asociada con un nivel de calidad superior.
- Determinar el porcentaje de hidratación, se recomienda que el contenido de la proteína sea de por lo menos un 18 % al hidratarse. En el caso del concentrado de proteína de soya, se calcula que es de 2.6: 1, aproximadamente.
- Determinar el porcentaje de ingredientes que no tienen valor como las especias.
- Determinar el porcentaje de proteína de soya hidratada.
- Determinar el porcentaje en seco del concentrado de proteína de soya:

$$\% \text{Proteína de soya} = (\% \text{de extensión del producto} / \% \text{de hidratación}) + 1$$

- Determinar la cantidad de agua que se agrega.

$$\% \text{agua} = \% \text{de extensión} - \% \text{soya concentrada}$$

Se puede mejorar la textura y la forma de las hamburguesas agregando 1-2 % de concentrado funcional, en combinación con texturizados de soya (Elías, 2000).



2.2.8.3. INGREDIENTES

Los ingredientes básicos de las hamburguesas son los mismos que las salchichas, pero el contenido de carne es mayor; el contenido mínimo de carne en Reino Unido es del 80 % y los productos con un 100 % de contenido de carne no son raros. El contenido de grasa es bajo, aunque las reglamentaciones del Reino Unido permiten que el 40 % del producto cárnico sea grasa, este nivel es raro en la práctica (Varnam y Sutherland, 1995).

El sulfito esta permitido como conservante en Reino Unido, en otros lugares no se usan conservantes, aunque ha habido interés por el lactato sódico. El nitrito está permitido en las hamburguesas de beicon, hechas con carne previamente curada (Varnam y Sutherland, 1995).

2.2.8.4. PICADO Y MOLIENDA

El picado juega un papel importante en la reducción de tamaño de las piezas de carne, esté proceso es importante en la extracción de las proteínas solubles con sal, esto permite a los componentes de la mezcla cárnica unirse entre sí. El picado también reduce los procesos de obturación por la grasa y el tejido conjuntivo en el molido. Las propiedades para la cocción también mejoran con la rotura del tejido conectivo. Se pueden aplicar numerosos métodos diferentes de picado. La naturaleza de la carne picada varía en cierta forma según el método usado, se pueden usar diferentes métodos de picado para diferentes productos finales (Varnam y Sutherland, 1995).

Ranken (2003) menciona diversos procesos de división en el picado, así esto se puede hacer por:



- Troceado (virutas), utilizando una máquina troceadora rotatoria, o troceadora de bloques (guillotina).
- Picado; también se puede utilizar un procedimiento de “picado – mezcla – picado”.
- Picado – amasado, que tiende a dar un producto muy dividido, especialmente si se precisa una alta calidad (esto es textura no desintegrada).

Las hamburguesas tienen un picado grueso para producir una textura fibrosa y desmenuzable. Idealmente, la acción mecánica, junto con el NaCl, debería ser suficiente para ligar el producto antes y después de cocinado. En la práctica, la necesidad de romper el tejido conectivo hace que sea necesario un picado más intenso. El uso de carne de baja calidad que contiene grandes cantidades de tejido conectivo puede hacer que una hamburguesa tenga una textura no deseable, muy cohesiva (Varnam y Sutherland, 1995).

La temperatura de la carne es importante en cualquiera de los dos procesos que se utilicen para preparar la carne, encontrándose la óptima entre -2 a -1 °C (Elías *et al.*, 2005). La temperatura de la carne en el picado es importante, requiriéndose atemperarlo para asegurar una temperatura inicial -2 a -4 °C. Las temperaturas fuera de este intervalo llevan a defectos de calidad, debidos al desgarro de la carne a temperaturas superiores a -2 °C, y el desmenuzado a temperaturas inferiores a -4 °C. Durante la formación de los copos debería producirse solo un aumento de temperatura muy pequeño aproximadamente 1 °C (Varnam y Sutherland, 1995).

El molido como un proceso similar al picado, con la diferencia que el material es troceado más finamente; la ventaja del molido es que se puede introducir fácilmente



ingredientes adicionales con la carne, que se incorporan completamente mientras atraviesan el molino. Esto tiene ventajas en términos de tecnología, siendo la más importante la dispersión de NaCl (cloruro de sodio) en la carne magra y el trabajo consiguiente de la carne en presencia de NaCl. Esto mejora la extracción de las proteínas solubles, lo que favorece las propiedades ligantes, el rendimiento, etc.; obteniéndose así la denominada carne molida (Varnam y Sutherland, 1995).

2.2.8.5. MEZCLADO

Este proceso ayuda a obtener partículas homogéneas de las materias primas principales (carne de alpaca y grasa de vacuno) a utilizar, para posteriormente realizar el re-formado, la función de esta operación es la homogenización de la mezcla (Varnam y Sutherland, 1995). El tiempo de mezclado demasiado prolongado hará que la temperatura pueda aumentar más de 4 °C, y se produzca un producto blando, que no da muy buen resultado al cocinarlo (Elías et al., 2005). Generalmente la adición de los condimentos y aditivos se realiza durante los primeros cinco minutos del mezclado, dándole el siguiente orden (Quevedo, 1977).

- Agua.
- Sal.
- Mezcla de condimentos (especias).
- Colorante.
- Concentrado funcional de soya.
- Cebolla.
- Ajo deshidratado.

Los sazónadores más utilizados en la elaboración de hamburguesas son: pimienta, comino, ajo, sal, glutamato monosódico y cebolla (Varnam y Sutherland, 1995). La pimienta y comino son sustancias aromáticas de origen vegetal, deshidratadas



y empleadas para sazonar o mejorar el sabor de los alimentos (Reglamento Sanitario de Alimentos, 1986); el ajo es un condimento vegetal de picante olor y fuerte sabor (Quevedo, 1977).

2.2.8.6. MOLDEADO

El método más simple de moldeado de las hamburguesas es la prensa manual, este método es lento y sólo adecuado para la elaboración a pequeña escala (Varnam y Sutherland, 1995).

Una vez efectuada la molienda final, se da forma al producto de acuerdo a las especificaciones del cliente en cuanto a espesor, tamaño y textura (Quevedo, 1977). Se afirma que un tamaño de hamburguesa apropiado es de 200-500 g. (Varnam y Sutherland, 1995). Por otro lado, se sugiere un tamaño de hamburguesa de 70 +/- 2 g. (Elías et al., 2005).

En cuanto a la forma, es variada, incluyendo redondas, ovaladas, cuadradas, o de otros tipos (Elías et al., 2005). En el caso de hamburguesas que se pretenden sean circulares, debe dárseles a los copos de mezcla, en principio, una forma ligeramente elíptica (Varnam y Sutherland, 1995). Asimismo, se menciona que la pasta que se obtiene del mezclado, se coloca sobre un molde de aluminio para ser formada la hamburguesa mediante presión o compresión (Elías et al., 2005).

2.2.8.7. ENVASADO

El envasado de las hamburguesas es simple, las hamburguesas refrigeradas se colocan en bandejas de polietileno, separadas por papel para evitar a la adhesión, se envuelven con una película permeable al aire (Varnam y Sutherland, 1995).



2.2.8.8. CONTROL DE CALIDAD DE HAMBURGUESAS A NIVEL INDUSTRIAL

Mediante un control de calidad en las diferentes etapas del procesamiento, se pretende lograr lo siguiente:

- a. Una calidad constante en los que afecta a:
 - Composición.
 - Consistencia y color.
 - Olor y sabor.
 - Inocuidad en el aspecto higiénico – sanitario.
- b. Valorización exacta del producto.
- c. Garantía de los métodos de fabricación
- d. Seguridad desde el punto de vista de la higiene de los alimentos.

La eficiencia y el valor de un control de calidad dependen en primer lugar, del personal que han de cumplir esa misión en la empresa, motivo por el cual deben estar convencidos de la importancia de su misión. La necesidad de organizar un control de calidad depende también del volumen de la empresa, del programa de producción y de los conocimientos de las distintas personas encargadas de los departamentos (Elías *et al.*, 2005).

También prestarán atención a la preparación de la masa (se debe realizar a bajas temperaturas: 5 °C o menos), fundamentalmente para que el producto final no presente efectos de trabazón o desprendimiento en la grasa. Los controles de peso verificados durante la fabricación son de gran importancia, los pesos después de moldear, después de algunos días de almacenamiento, deben determinarse regularmente (Elías *et al.*, 2005).

Los componentes más usados para la elaboración de hamburguesas, se muestran en el Tabla 5:

Tabla 5: Elementos Principales para la elaboración de hamburguesas.

Componente	Característica
Picado	El picado se efectúa mediante una picadora de carne, normalmente con un disco de 5 mm. de diámetro y a fin de tener un igual de carne y grasa, de tal forma que sea el producto lo más uniforme posible.
Mezclado	Generalmente, se efectúa en forma manual, durante 10 minutos y a una temperatura aproximada de 12 °C. Se mezcla los ingredientes en forma homogénea y manteniendo la misma temperatura. En esta operación deben tomarse medidas de limpieza é higiene extremas.
Moldeado	Se efectúa en forma manual utilizando un molde de aluminio, de forma circular, aproximadamente de 1 cm. de espesor y 7 cm. de diámetro.

Fuente: *Cabrejos (1986)*.

DISEÑO DE MEZCLAS

2.3.1 DEFINICIÓN

En el problema general de mezclas, se asume que la respuesta media es dependiente solamente de la proporción de los ingredientes presentes en la mezcla y no en la cantidad de esta última (Cornell, 2002).

La característica distintiva de una mezcla, en cuanto a los factores controlables o independientes representa cantidades proporcionales de la mezcla, en vez de cantidades no circunscritas a ella, donde la proporción son los volúmenes por peso o fracción molar (Cornell, 2002). En los experimentos de mezcla, los factores son los componentes o ingredientes de una mezcla (Montgomery 2002); en consecuencia, sus niveles no son independientes. Por ejemplo, si X_1, X_2, \dots, X_q denota las proporciones de p componentes de una mezcla, entonces:

$$\sum_{i=1}^q X_i \leq 1 \quad i = 1, 2, \dots, q \quad (1)$$



$$\sum_{i=1} X_i = X_1 + X_2 + \dots + X_q = 1 \text{ (es decir, 100\%)} \quad (2)$$

En realidad, dado la ecuación (2) una proporción individual X_i puede ser uno, una mezcla podría ser solo un ingrediente o constituyente, tal mezcla se llama 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 la ecuación (1) y (2), la descripción geométrica del espacio factorial que contiene a los q componentes estará compuesto por todos los puntos ubicados dentro y sobre los límites (vértice, lado, caras, etc.) de una figura geométrica regular, de “ q ” vértices (denominado simples), de $(q-1)$ dimensiones (Cornell, 2002).

En la figura 3, se puede observar que con tres componentes el espacio muestral es un triángulo, cuyos vértices corresponden a formulaciones que son componentes puros (“mezclas” consistentes en 100 % de un solo componente). Cuando hay tres componentes de una mezcla, la región experimental restringida puede presentarse de manera conveniente en papel de coordenadas trilineales, como se muestra en la Figura 4. Cada uno de los tres lados de la gráfica de esa figura representa una mezcla que carece en absoluto de uno de los tres componentes (el componente indicado en el vértice opuesto). Las nueve líneas de malla en cada dirección indican incrementos de 10 % en los componentes respectivos (Montgomery, 2002).

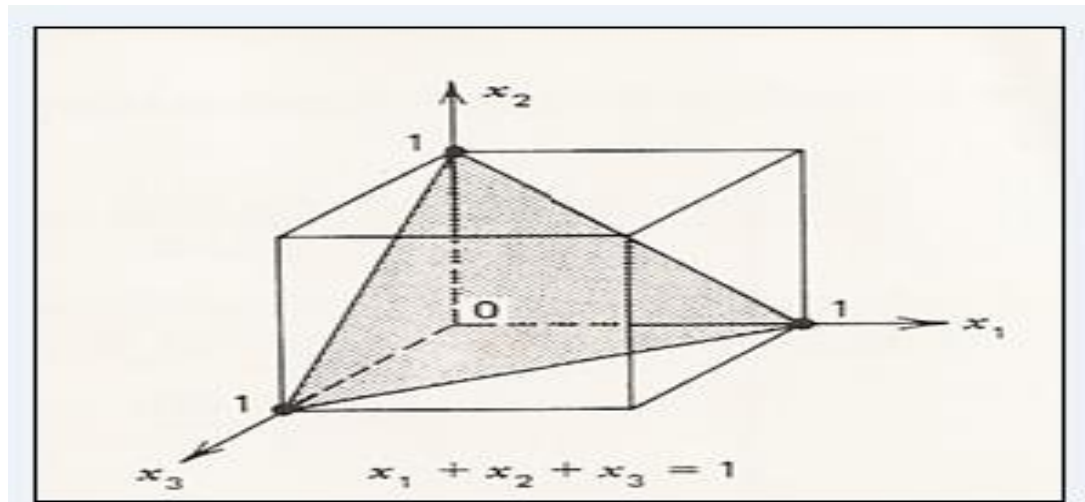


Figura 3: Espacio factorial restringido para mezclas con tres componentes (P=3) (Montgomery, 2002).

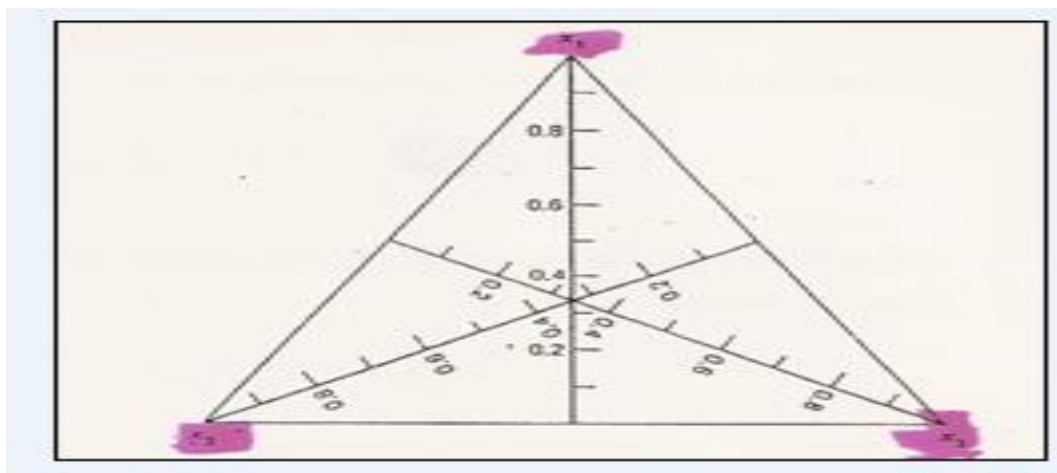


Figura 4: Sistema coordenada trilineal (Montgomery, 2002).

2.3.2 RESTRICCIONES

Las restricciones que se presentan en el diseño de mezclas son:

- Una de las restricciones que está implícita en el modelo de Diseño de Mezclas, es que la sumatoria de los componentes es igual a 1 ($\sum x_i = 1$) (Montgomery, 1991).
- En algunas mezclas no es factible obtener el producto con todos sus componentes al 100 %.



c. El desarrollo de formulaciones para la elaboración de vienasas y paté de hígado de cordero, establecieron funciones de restricción que delimitaron una zona factible (superficie de respuesta) dentro de la cual, cualquier punto (mezcla) que se tome en ella cumplía con las restricciones impuestas. Así, para ambos casos determinaron funciones de restricción de aceptabilidad sensorial, de aporte proteico y calórico (Torres et al., 1994).

2.3.3 ASPECTO GENERAL SOBRE EL MÉTODO DE SUPERFICIE DE RESPUESTA

La metodología de superficie de respuesta (MSR) o Resource Surface Method (RSM), es un conjunto de técnicas matemáticas y estadísticas útiles para modelar y analizar problemas, en los cuales una respuesta de interés es influida por varias variables, con el objetivo de optimizar la respuesta (Montgomery, 2002).

El MSR se define, como un método estadístico que usa datos cuantitativos del diseño experimental apropiado para determinar simultáneamente ecuaciones multivariadas. Estas ecuaciones pueden ser gráficamente representadas como superficie de respuesta, las que pueden ser usadas de tres maneras (Cornell, 2002):

- Describir como las variables a probar afectan la respuesta.
- Determinar las interrelaciones entre las variables a probar.
- Describir el efecto combinado de todas las variables a probar en la respuesta o variable control.

En muchos de los trabajos experimentales que envuelven mezclas, el énfasis está dado sobre las características físicas de la superficie de respuesta medida, tales como la forma o punto máximo de la misma (Cornell 2002).



2.3.4 DISEÑO PARA EXPLORAR EL ESPACIO SIMPLEX FACTORIAL EN SU TOTALIDAD

a) Diseños axiales

Son diseños que consisten principalmente en mezclas completas o combinaciones de componentes, donde la mayoría de los puntos están posicionados dentro del simplex. Estos diseños han sido recomendados, cuando se quiere medir efecto de los componentes y en experimentos de screening. Particularmente, cuando usa modelos de primer o segundo grado para el ajuste de medidas (Cornell, 2002).

Para definir el modelo axial, se debe considerar que el eje del componente y es la línea imaginaria que se extiende desde el punto de referencia $x_i = 1, x_j = 0$ para toda $j \neq i$. (Cornell, 2002).

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

Los puntos de un diseño axial, están posicionados solamente sobre los ejes de los componentes. La forma mas simple de un diseño axial es aquella cuyos puntos están posicionados equidistante dentro 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 , es denotada por Δ y su máximo valor es $(q-1)/q$ (Cornell, 2002).



b) Los diseños simplex-enrejado

Estos diseños fueron introducidos por Sheffe en los primeros años (1958-1965) del periodo en el cual la investigación sobre experimentos de mezcla estaba siendo desarrollada. Estos diseños son considerados por muchos investigadores como la base sobre la cual la teoría de los diseños experimentales para mezclas fue edificada; aún hoy en día se utiliza con muchísima frecuencia (Cornell, 2002).

Para ajustar la ecuación polinomial a la representación de la superficie respuesta sobre la región simplex completa, una elección lógica para el diseño experimental será aquella cuyo punto está distribuido proporcionalmente sobre el espacio simplex factorial su totalidad. Un arreglo ordenado constituido por una distribución espacial uniforme de puntos sobre el simplex se conoce con el nombre de enrejado (el nombre enrejado es usado para hacer referencia a un ordenamiento de puntos) (Cornell, 2002).

Un diseño enrejado puede tener una correspondencia especial con una ecuación polinomial específica. Por ejemplo, para justificar un modelo polinomial de grado m es q componentes sobre el simplex, el enrejado, referido como un diseño simplex enrejado $[q, m]$, debe estar compuesto de puntos cuyas coordenadas están definidas por la combinación de la siguiente proporción de los componentes:

$$X_i = 0, 1/m, 2/m, \dots, 1 \dots, (3)$$

Como se puede apreciar, las proporciones asumidas para cada componente toman los $m+1$ valores especiales iguales, desde 0 a 1. El numero de puntos

experimentales es un simplex enrejado $[q, m]$ es $\left[\frac{q+m-1}{m} \right] = (q+m-1)! / m!$

(Cornell 2002).

Por ejemplo, en el simple enrejado $[3,2]$, el numero de puntos es $\left[\frac{3+2-1}{2} \right] =$

$4!/2!(2!) = 6$. Dicho diseño experimental es mostrado en la Figura 5.

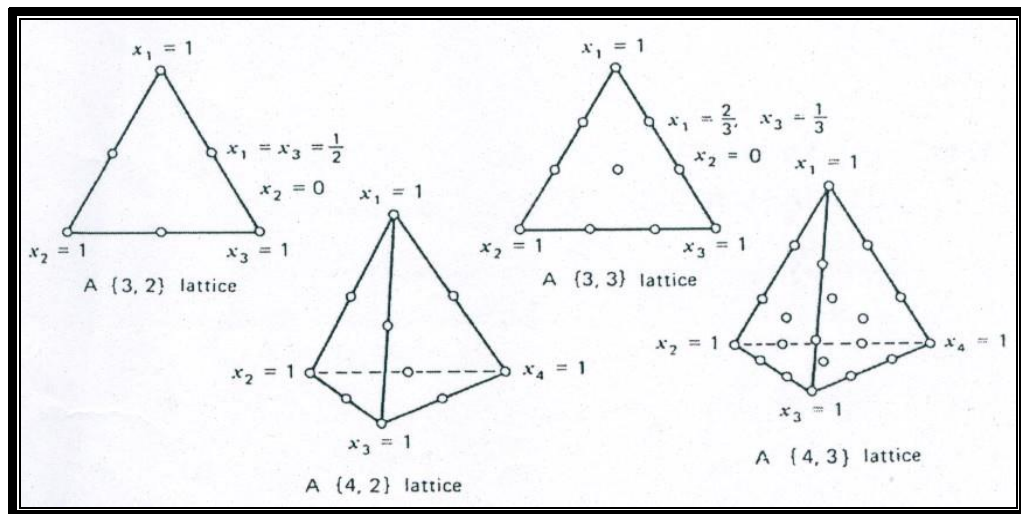


Figura 5: Algunos arreglos simplex -enrejados $[3,m]$ y $[4,m]$, $m=2$ y $m=3$ (Cornell, 2002).

c) Diseño simplex- centroide y el modelo polinomial asociado

El número de puntos diferentes es $q-1$ estos puntos corresponden a las q permutaciones de $(1, 0, 0, \dots, 0)$ ó q mezclas en solo componente, las $(q/2)$ permutaciones de $(1/2, 1/2, 0, \dots, 0)$, o todas las mezclas binarias, las $(q/3)$ permutaciones de $(1/3, 1/3, 1/3, 0, \dots, 0)$, así sucesivamente hasta contar finalmente con $(1/q, 1/q, \dots, 1/q)$, que representa el punto central o centroide de todo los diseños y mezclas q -narias. En otras palabras, el diseño consiste en todas las disposiciones de los q componentes, considerando, además de las mezclas puras, solamente a aquellas en las cuales los componentes que están presentes aparezcan en proporciones iguales. Tales mezclas están localizadas en

le centroide del simplex ($q-1$)- dimensional y el centroide de todos los lados, caras, etc. De dimensiones menores, que están contenido en el simple ($q-1$)- dimensionales (Cornell, 2002).

En la Figura N° 6 se presentan los diseños simplex-centroide para tres y cuatro componentes.

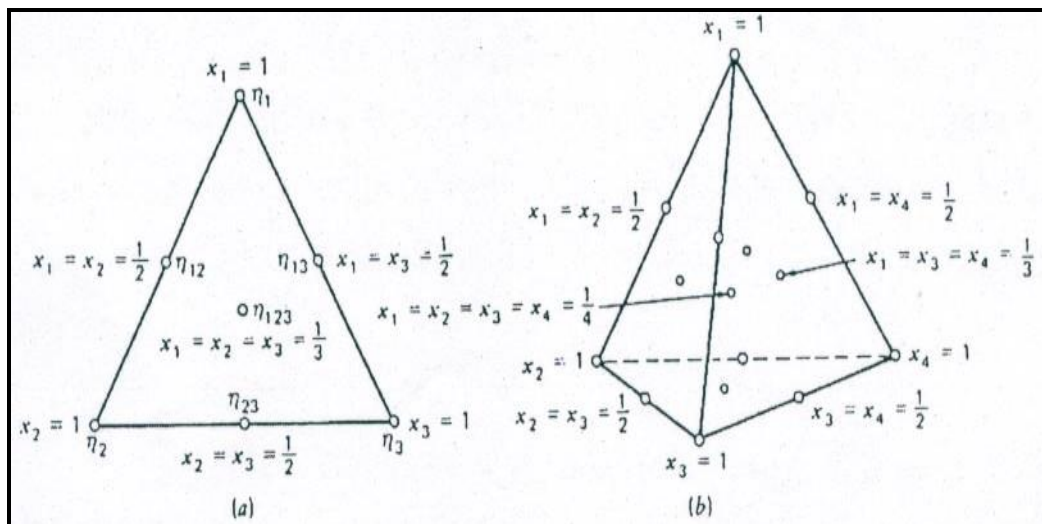


Figura 6: Diseño Simplex - Centroide Para (A) Tres Componentes Y (B) Cuatro Componentes (Cornell, 2002).

Los valores de las respuestas de interés que son colectadas en los puntos de los diseños simplex-centroide, son ajustados mediante un polinomio que tiene el mismo numero de términos (o parámetros a ser estimados), que el numero de puntos del diseño asociado. La ecuación polinómica según Cornell (2002) es la siguiente:

$$\eta = \sum_{i=1}^q \beta_i x_i + \sum_{i < j} \sum_{i=1}^q \beta_{ij} x_i x_j + \sum_{i < j < k} \sum_{i=1}^q \beta_{ijk} x_i x_j x_k + \dots + \beta_{12\dots q} x_1 x_2 \dots x_q \quad (4)$$



2.3.5 RESTRICCIONES MÚLTIPLES SOBRE LAS PROPORCIONES DE LOS COMPONENTES

Las únicas restricciones reales sobre los componentes fueron:

$$0 \leq x_i \leq 1, i = 1, 2, \dots, q; \quad y \quad x_1 + x_2 + \dots + x_q = 1.0$$

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 algunas sub-regiones del simplex, puede darse considerando restricciones relacionadas con los niveles mínimos para cada componente (limite inferior), restricciones relacionadas con los niveles máximos (limite superior), inclusive restricciones de ambos tipos, que es el caso que se presenta con mayor regularidad en la practica. En cualquiera de estas situaciones, si alguna parte del simplex es la región a la que uno se confina, si es capaz de escoger el diseño y modelo adecuado para dicha sub-región, es claro que existirá una disminución de costos y tiempos de experimentación; así como el incremento en la predicción de los estimados del modelo (Cornell, 2002).

a.- 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 presenta, por ejemplo, para formar una mezcla se requiere y se necesita como mínimo L_i , pero no mas de U_i del componente i y así sucesivamente con alguno o todo 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:

$$0 \leq L_i \leq x_i \leq U_i \leq 1; \quad i = 1, 2, \dots, q \quad (5)$$

Cuando solamente uno o dos de las proporciones de los componentes están restringidos en valores, la apreciación de las formas del espacio factorial resultante no ofrece mayor dificultad. Sin embargo, si casi toda las proporciones de los componentes están restringidos, tanto inferior como superiormente, el espacio factorial resultante toma la forma de un hiperpoliedro convexo; que por lo general es considerablemente más complicado en forma que el simplex (Cornell, 2002).

Muchas veces, para la localización de los puntos del diseño experimental se requiere al menos alguno de los vértices extremos de la región; así como también los puntos medios y centroides de alguno de los lados, y caras bidimensionales respectivamente. Generalmente, el grupo de puntos experimentales consistiría de al menos q vértices extremos, los puntos medios de al menos $q(q-1)/2$ lados, y un subgrupo de los centroides de las caras existentes (Cornell, 2002).

b.- Algoritmos o procedimientos para calcular las coordenadas de los vértices extremos de una región restringida

-Algoritmo de los vértices extremos de McLean y Anderson.

Las coordenadas de algunos de los vértices extremos del hiperpoliedro específicamente, aquellos vértices que están definidos por la combinación de los límites mínimos, máximos señalados en la ecuación (1.8) puede ser obtenidos directamente mediante el uso de los límites mínimos y máximos del $q-1$ componentes (McLean y



Anderson 1966, citado por Cornell, 2002). A continuación, se presenta los pasos para el cálculo de coordenadas:

Paso1: Hacer un listado de todas las posibles combinaciones (como en un arreglo factorial de dos niveles) de los valores de L_i y U_i para $q-1$ componentes dejar en blanco el valor de componentes restantes, este procedimiento produce 2^{q-1} combinaciones. Con tres componentes, por ejemplo, donde $L_1, L_2,$ y L_3 son los límites mínimos y U_1, U_2, U_3 son los límites máximos, las combinaciones de los niveles de los componentes son $L_1L_2 _$, $L_1U_2 _$, $U_1L_2_$, $U_1U_2_$; donde se aprecia que la proporción de los componentes 3 se deja en blanco. El procedimiento es repetido q veces, permitiendo que cada componente sea aquel cuyo nivel es dejado en blanco. Este listado consistirá de $q \times (2^{q-1})$ posibles combinaciones.

Pasó 2: Evaluar todas las posibles combinaciones generadas en el paso 1 y completar aquellos espacios en blanco que están disponibles; esto es, para una combinación determinada, completar con el nivel (necesariamente esta debe encontrarse dentro de las restricciones del componente ausente) que haga que el total de los niveles implicados en dichas combinaciones sumen uno. Cada combinación admisible de los niveles de los q componentes define un vértice extremo.

Luego de realizar los pasos anteriores, se procede a definir una variedad puntos centralmente posicionados sobre las caras, lados y demás; que será referido como

centroide; así como también el centroide “total” del hiperpoliedro. Este último punto es combinación de componentes obtenida mediante el promedio de todos los niveles de los factores que definen los vértices extremos existentes, puede coincidir con el verdadero centroide del hiperpoliedro (es por esta razón que se utiliza las comillas) (Cornell, 2002).

- Otros procedimientos

Un método, para elegir un subgrupo de puntos a partir de un diseño de vértices extremos que se utilizan cuando se realiza el ajuste; sobre una región restringida dentro de un simplex con un modelo de primer grado (Snee y Marquardt 1974, citado por Cornell, 2002).

En un artículo posterior, se discute diseño para ajustar modelos cuadráticos en regiones de mezclas restringidas. En este trabajo, el autor señala, basado en trabajos previos de otros autores, que los puntos que constituyen un óptimo diseño sobre el hiperpoliedro y que permite realizar el ajuste con el modelo cuadrático de Sheeffé (Snee 1975, citado por Cornell, 2002). Pertenece a cada uno de los siguientes grupos:

- Los vértices.
- Los centroides de los lados o centroides de las caras bidimensionales (si $q \geq 7$).
- Los centroides c -dimensionales ($2 \leq c \leq q-1$ si $3 \leq q \leq 6$, y $3 \leq c \leq q-1$ si $q \geq 7$).

Snee (1975), citado por Cornell (2002) ha utilizando estos principios y arribó a las siguientes recomendaciones; las mismas que permiten realizar el ajuste mediante modelos cuadráticos de Scheeffé:

1. Un subgrupo de los vértices extremos, centroides de los lados, centroides de los planos de restricción, y el centroide total.



2. Para $q = t$, usar los vértices extremos y el centroide total. Si el número de vértices extremos es menor a $q (q+1)/2$, entonces se debe adicionar los centroides de los lados con mayor longitud.
3. Para $q = 4$, usar los vértices extremos, los centroides de los planos restricción, el centroide total, los centroides de los lados de mayor longitud.
4. Para $q = 5$, seleccionar un subgrupo de los vértices extremos, los centroides de los planos de restricción, el centroide total. Para $q = 6$, adicionar el sub grupo descrito para $q = 5$ los centros de los lados de mayor longitud.

2.3.6 TÉCNICAS PARA MEDIR LOS EFECTOS DE COMPONENTES EN ZONAS EXPERIMENTALES DE MEZCLA CON RESTRICCIONES SOBRE LOS COMPONENTES

Cuando las proporciones de los componentes de las mezclas 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 del 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 , se usa una mezcla de referencia diferente al centroide del simplex, es más apropiado una dirección alternativa las definidas al eje del i -ésimo componente. Esta dirección alternativa es una línea imaginaria proyectada desde la mezcla de referencia (la cual es usualmente en el centroide de las regiones restringidas) hacia el vértice $x_i = 1$. Tal dirección que es usada para medir los efectos de los componentes i , está representado por las líneas discontinuas, las mezclas de

referencia es el centroide $(x_1, x_2, x_3) = (0,25; 0,70; 0,05)$ de la región definida por las restricciones $0,1 \leq x_1 \leq 0,4; 0,5 \leq x_2; x_3 \leq 0,1$.

A lo largo de la línea discontinua en la figura 7, conforma el valor de x_i 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 sugirió que se podía utilizar una forma de modelo alternativo a los de Scheffe, para medir los efectos de los componentes. Por tal motivo, esta nueva dirección es denominada “dirección o trazo de Cox”.

Una medida de la cantidad de cambio en cada uno de los componentes restantes, cuando se realiza un cambio de tamaño Δ_i en la proporción del componente i es determinado como sigue. Denótese la proporción de los q componentes en la Figura 7.

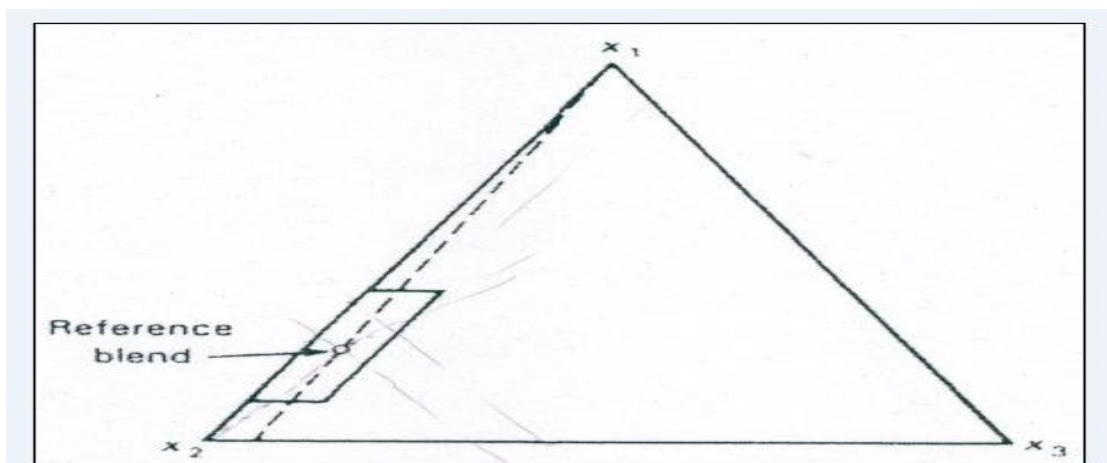


Figura 7: Dirección indicada por la línea discontinua para medir el efecto del incremento de la proporciones X_1 donden componente 1(Cornell, 2002).

Mezcla de referencia por $s = (s_1, s_2, \dots, s_q)$, donde $s_1 + s_2 + \dots + s_q = 1$. Supóngase que la proporción de los componentes i , en si es ahora cambiada por una cantidad Δ_i (Donde

Δ_i puede ser > 0 ó < 0) en la dirección de Cox, entonces la nueva proporción se convierte en:

$$X_i = s_i + \Delta_i$$

Luego, las proporciones de los $q-1$ componentes restantes, resultante del cambio presentado por la ecuación (6) a partir de s_i en el i -ésimo componente son:

$$X_j = s_j \left[\frac{1 - s_i - \Delta_i}{1 - s_i} \right], j = 1, 2, \dots, q; j \neq i \quad (6)$$

La cantidad $1 - s_i$, en el denominador de la ecuación es el máximo valor positivo que Δ_i pueda tomar. El cambio Δ_i puede ser negativo, lo cual ocurre en el caso de que el cambio se de desde la mezcla de referencia hacia el punto mas lejano del vértice $x_i = 1$; cuando esto ocurre el máximo valor de Δ_i es $-s_i$. Nótese que la razón de la proporción de los componentes j y k , de x_j y x_k son definidas por la ecuación anterior:

$$\frac{x_j}{x_k} = \frac{s_j(1 - s_i - \Delta_i)}{s_k(1 - s_i - \Delta_i)} \quad (7)$$

$$\frac{x_j}{x_k} = \frac{s_j(1 - x_i)}{s_k(1 - x_i)} = \frac{s_j}{s_k} \quad (8)$$

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 i y k ; $j, k \neq i$, continúa siendo la misma que la de las mezclas s .



a.- Ploteo del trazo de respuesta

El trazo de respuesta es un ploteo de los valores estimados respuesta utilizando el modelo ajustado, a lo largo de la dirección definida por la ecuación (5) y (6) los pasos considerados para la construcción del trazo de respuesta son los siguientes:

1. Seleccione el modelo ajustado a partir del cuál, se realiza las predicciones de las respuestas sobre la región experimental.
2. Seleccione una mezcla de referencia, generalmente esta será el centroide de la región experimental.
3. Sobre el rayo x_i , incremente el componente i en una cantidad Δ_i utilizando la dirección de Cox, moviéndose desde la mezcla de referencia hacia el vértice $x_i = 1(\Delta_i > 0)$, así como también lejos del vértice ($\Delta_i < 0$), mantener la proporción de los otros componentes en la misma razón que la de la mezcla de referencia s . para cada valor de Δ_i , un grupo de coordenadas definen una mezcla sobre el rayo x_i . escoja algún número de mezcla sobre el rayo x_i , en las cuales se harán las predicciones de las respuestas, recordando que solamente aquellos que se encuentran dentro de la región experimental son validas.
4. Sustituya las coordenadas de cada mezcla generada en el paso 3 en el modelo ajustado; para obtener los valores pre dicho de la respuesta a lo largo del rayo x_i . Repita el paso 3 y 4 sobre otro x_j rayos, $j = 1, 2, \dots, q; j \neq i$.
5. Plotee los valores predichos de la respuesta versus los cambios hechos en x_i para cada $i = 1, 2, \dots, q$. esto dará lugar a q ploteos.

2.3.7 UTILIZACIÓN DEL MÉTODO MÍNIMO CUADRADO PARA LA ESTIMACIÓN DE LOS COEFICIENTES POLINOMIALES Y SUS VARIANZA: NOTACIÓN MATRICIAL

En notaciones matriciales, la forma general del modelo de mezclas es la siguiente:

$$y = X\beta + \varepsilon \quad (9)$$

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 mezclas y funciones de estas; β es un vector $p \times 1$ de parámetros, ε es un vector $N \times 1$ de errores aleatorios. De esta manera se tiene:

$$Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ y_N \end{bmatrix}, \quad X = \begin{bmatrix} X_{11} X_{12} \dots X_{1q} \\ X_{21} X_{22} \dots X_{2q} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ X_{N1} X_{N2} \dots X_{Nq} \end{bmatrix}, \quad \beta = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \beta_N \end{bmatrix}, \quad \varepsilon = \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ e_N \end{bmatrix} \quad (10)$$

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

Asúmase una variable aleatoria y_u , tal que esta tenga un esperado $E(y_u)$

$= \mu_u$ donde $\mu_u = \beta_1 X_{u1} + \beta_2 X_{u2} + \beta_q X_{uq}$, $u=1,2,\dots, n$. entonces:

$$E(y) = E \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ y_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \mu_N \end{bmatrix} = \mu \quad (11)$$

Por lo tanto, el vector esperado de las varianzas y covarianzas de y_u esta dado por $\text{var}(y_u) = E(y_u - \mu_u) = \sigma_u^2$, $\text{cov}(y_u, y_{u'}) = E(y_u - \mu_u)(y_{u'} - \mu_{u'}) = \sigma_{UU}$, respectivamente, con $u \neq u'$; entonces, la matriz simétrica varianza- covarianza ($N \times N$) estará dado por:

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

Si las variables y_u , $u = 1, 2, \dots, N$, esta normalmente distribuida con una vector μ y una matriz de varianza – covalente V , esto esta escrito como $y \sim N(\mu, V)$.

Cuando el modelo de la ecuación (9) es de primer grado, $p = q$. cuando el modelo es segundo grado, entonces $p = q(q+1)/2$.

Las ecuaciones normales que se utilizan para estimar los elementos del vector de parámetros β de la ecuación (13) son:

$$X'Xb = X'y \quad (13)$$

Donde la matriz $p \times p$ $X'X$ consiste en la suma de cuadrados y suma de productos cruzados de las proporciones de mezclas, el vector $p \times 1$ $X'y$ consisten en la suma de los productos cruzados de las x_{ui} e y_u . Los estimados de los mínimos cuadrados de los elementos de β son:

$$b = (X'X)^{-1} X'y \quad (14)$$

Donde la matriz $p \times p$ $(X'X)^{-1}$ es la inversa de $X'X$ es simétricos $(X'X)^{-1}$

a.- Propiedades de los parámetros estimados

Las propiedades estadísticas del estimador b son fácilmente verificados, considerando cierta asunciones sobre los elementos de ε . Escribiendo el esperado de los elementos del vector de errores aleatorios de la ecuación (9) como $E(\varepsilon) = 0$ y $\text{var}(\varepsilon) = E(\varepsilon \varepsilon') = \sigma^2 I_N$, donde I_N es la matriz identidad de orden N ; entonces. El esperado de b es:

$$\begin{aligned} E[b] &= E[(X'X)^{-1} X'y] \\ &= E[(X'X)^{-1} X'(X\beta + \varepsilon)] \\ &= \beta + E[(X'X)^{-1} X'\varepsilon] \\ E[b] &= \beta \end{aligned} \quad (15)$$

De esta forma si el modelo de la ecuación (9) es correcto b es un estimador no sesgado de β

La variación – covarianza de los elementos de b es expresada como:

$$\begin{aligned} \text{var}(b) &= \text{var}[(X'X)^{-1} X'y] \\ &= (X'X)^{-1} X' \text{var}(y) X (X'X)^{-1} \\ &= (X'X)^{-1} X' V X (X'X)^{-1} \end{aligned}$$

Donde que $\text{var}(\varepsilon) = \sigma^2 I_N$, entonces $V = \sigma^2 I_N$, y

$$\text{Var}(b) = (X'X)^{-1} \sigma^2 \quad (16)$$

A lo largo de la diagonal principal de la matriz $p \times p (X'X)^{-1} \sigma^2$, el i -ésimo elemento es la varianza de b_i , el i -ésimo elemento de b . El ij -ésimo elemento de $(X'X)^{-1} \sigma^2$ es la covarianza entre los elementos b_i y b_j de b . Además, si los errores ε están normalmente distribuidos, entonces las propiedades de b definidas en las ecuaciones (15) y (16) son escritas como:

$$b = N(\beta, (X'X)^{-1}\sigma^2) \quad (17)$$

b.- Valores predichos de la respuesta

Una vez que los vectores estimados b es obtenido mediante la ecuación (14), se puede predecir el valor de la respuesta en cualquier punto x (x_1, x_2, \dots, x_q) de la región experimental, se expresa como:

$$\hat{Y}(x) = x'_p b \quad (18)$$

Donde x'_p es un vector $1 \times p$, cuyo elemento corresponde a los elementos en una fila de la matriz X de la ecuación (9). Específicamente, si se desea el valor predicho de la propuesta correspondiente a la u -ésima observación, entonces $\hat{y}(x) = x'_p b$; donde x'_p es la u -ésima columna de X .

Una medida de la precisión del estimador $\hat{y}(x)$ es definida como la varianza de $\hat{y}(x)$, y es expresada como:

$$\begin{aligned} \text{var}(\hat{y}(x)) &= \text{var}(X'_p b) \\ &= X'_p \text{var}(b) X'_p \\ &= X'_p (X'X)^{-1} X'_p \sigma^2 \end{aligned} \quad (19)$$

La matriz inversa $(X'X)^{-1}$, usada para obtener b en la ecuación (14) también determina la varianza y covarianza de los elementos de b ; así como la varianza de $\hat{y}(x)$.

c.- Análisis de varianza

Los resultados del análisis de un conjunto de datos, previos de un experimento de mezclas pueden ser presentados en forma de una tabla. Dicha tabla se llama una

“Tabla de análisis de varianza”. La entrada en la tabla representa; medidas de información acerca de las fuentes de varianza en los datos.

La variación total en un conjunto de datos, es llamada la “Suma total de cuadrados” (SST), es calculada mediante, la suma de los cuadrados de las diferencias entre los valores observados y_u respecto a la media y $(y_1 + y_2 + \dots + Y_N)/N$

$$SST = \sum_{u=1}^N (y_u - \hat{y})^2 \quad (20)$$

La cantidad de SST tiene asociada con ella N-1 grados de libertad, dado que existen solamente N-1 desviaciones independientes y_{u-y} en la suma. La suma de cuadrados de las desviaciones de los valores observados y_u respecto de sus valores predichos es:

$$SSE = \sum_{u=1}^N (y_u - \hat{y}_u)^2 \quad (21)$$

La diferencia entre las cantidades suma de cuadrados es:

$$SSR = SST - SSE = \sum_{u=1}^N (\hat{y}_u - \hat{y})^2 \quad (22)$$

SSR representa porción de SST atribuible sobre la ecuación de regresión ajustada. La cantidad SSR es llamada suma de cuadrados debido a la regresión. En notación matricial, la formulas para SST, SSE, son considerados a $1'$ como un vectores $1'$ s:

$$SST = y'y - \frac{(1'y)^2}{N}$$

$$SSE = y'y - b'X'y$$

$$SSR = b'X'y - \frac{(1'y)^2}{N}$$

La participación total de la suma de cuadrados es resumida con la tabla de análisis de varianza, como se muestra en el cuadro 3, donde se asume que el modelo de la ecuación (18) que contiene p términos.

Cuadro 3: Análisis de varianza

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio
Regresión (modelo ajustado)	$p-1$	$SSR = \sum_{iU=1}^N (\hat{y}_u - \bar{y})^2$	SSR (P-1)
Residuo	$N-p$	$SSE = \sum_{iU=1}^N (Y_u - \hat{y}_u)^2$	SSE (N-p)
Total	N-1	$SST = \sum_{iU=1}^N (y_u - \bar{y})^2$	

Fuente: *Cornell (2002)*.

d.- Trazo de Cox

(Cornell, 2002) menciona que aquellos ingredientes con un Trazo de Cox inclinado hacia la derecha o izquierda, tienen un efecto positivo o negativo, respectivamente sobre el contenido proteico; siendo mayor la magnitud del efecto conforme el grado de inclinación sea mayor. Asimismo, aquel ingrediente con un trazo de Cox horizontal, no tiene influencia alguna sobre el contenido proteico; siendo clasificado como ingrediente inactivo.

2.3.8 CRITERIOS PARA EL ESTABLECIMIENTO DEL DISEÑO EXPERIMENTAL DE LA MEZCLA

Para describir con más detalle los criterios de establecimiento de diseño de mezclas, primero supóngase la formula para estimación del modelo lineal general, en

base a la respuesta sobre N observaciones, usando la notación matricial de la ecuación (1); donde la matriz X es $N \times p$ ($p \geq q$). Las disposiciones de los q componentes para los N tratamientos experimentales están especificados por los elementos en la primera q columnas de la matriz X . si $p > q$, la restante $p - q$ columnas de X corresponden a los términos resultantes del producto cruzado de las proporciones de las componentes.

Cuando los elementos de los vectores $N \times 1$ de los errores en la ecuación (1) son independientes e idénticamente distribuidos con varianza común σ^2 , los elementos de b , los cuales son estimados de los elementos del vector $p \times 1$ β , y la matriz varianza – covarianza de los elementos de b , están dados por:

$$b = (X'X)^{-1} X'y, \text{ var}(b) = (X'X)^{-1} \sigma^2$$

Donde la matriz $p \times p$ $X'X$ es considerado el rango completo. La respuesta producida en algún punto de composición x es $\hat{y}(x) = x'b$

$$\text{var}(\hat{y}(x)) = x'(X'X)^{-1} x \sigma^2 \quad (23)$$

Donde el lado derecho de la ecuación (23), el vector $1 \times p$ x' contiene los valores de la proporción de los q componentes y los $p - q$ términos productos cruzados en los puntos de composición.

El contenido de optimización del diseño A-,D-, G-, y V- esta relación con la elección de los elementos en la primera q columnas de X , las cuales por supuesto repercuten en $p - q$, columnas remanente de X , que minimiza varias funciones de $(X'X)^{-1}$. Específicamente:

1. Optimalidad A es cuando la traza de $(X'X)^{-1}$ es minimizada, con la cual la varianza promedio de los elementos de b es minimizada



2. Optimalidad D es cuando la determinante del $(X'X)^{-1}$ es maximizada, o cuando la $\det(X'X)^{-1}$ es minimizada, con lo cual se minimiza la varianza generalizada de los elementos de b .
3. Optimalidad G busca minimizar la máxima varianza de predicción, $\max(d = x'(X'X)^{-1}x\sigma^2)$, sobre un grupo específico de puntos del diseño.
4. Optimalidad V busca minimizar el valor promedio de d sobre un grupo específico de puntos de diseño.

En otras palabras, los criterios de optimalidad A y D están directamente relacionados con la varianza de los parámetros estimados; mientras que los criterios óptimos G y V están relacionados con la varianza de la ecuación de predicción. (Montgomery, 2002)

2.3.9 OPTIMIZACIÓN SIMULTANEA DE VARIABLES DE RESPUESTA

Un problema común en el desarrollo de un producto, es aquel que envuelve la determinación de la combinación o mezcla optima de la proporción, de componentes para dos o más características de dicho producto (Cornell, 2002).

Cuando existe solamente tres o cuatro componentes como máximo, es posible resolver este problema mediante la inspeccion de ploteo de contorno de superficie estimadas; los mismos, que podrán estar asociados con cinco o seis características o respuestas diferentes como máximo. Cuando el problema consiste en maximizar o minimizar la respuesta, sujeta a restricciones ubicadas sobre los valores de otras, se puede utilizar algunas veces métodos de programación lineal (del Castillo y Motgomery, citado por Cornell, 2002). Sin embargo, un procedimiento que ha ganado popularidad con los creadores de programas, consiste en introducir una medida total de

la deseabilidad (d_i) asociado con las diferentes mezclas, en un esfuerzo para encontrar la “mejor”, dicho procedimiento ha sido discutido por Derringer y Suich, citado por Cornell (2002).

Cuando varias características o respuestas $y_1, y_2 \dots y_k$ ha 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 $y_i < A_i$ ó $y_i > C_i$. Además, en algunos puntos B_i entre A_i y C_i , la deseabilidad del producto se incrementa entre A_i y B_i ; y decrece entre B_i y C_i , de esta manera se puede definir que:

$$d_i = \begin{cases} \left[\frac{y_i - A_i}{B_i - A_i} \right]^r & \text{para } A_i \leq \hat{y}_i \leq B_i \\ \left[\frac{y_i - C_i}{B_i - C_i} \right]^s & B_i < \hat{y}_i < C_i \\ 0 & \hat{y}_i < A_i \text{ ó } \hat{y}_i > C_i \end{cases} \quad (24)$$

Donde A_i y C_i son los valores mínimos aceptables y máximos aceptables, respectivamente; para \hat{y}_i , seleccionado, determinados valores para las potencias r y s , se puede atribuir varios niveles de deseabilidad para varios valores de \hat{y}_i . tal como se muestra en la figura 8. Esta es una selección de dos lados, teniendo a B_i como el valor más deseable de \hat{y}_i .

Para el caso de un solo lado, d_i se incrementa conforme y_i también se incrementa y se emplea cuando \hat{y}_i es maximizada (se supone $B_i = C_i$ y se define $d_i = 1$ cuando $y_i \geq B_i$). La expresión para maximizar y_i es:

$$d_i = \begin{cases} 0 & \hat{Y}_i \leq A_i \\ \left[\frac{y_i - A_i}{B_i - A_i} \right]^t & A_i < \hat{y}_i < B_i \\ 1 & \hat{y}_i \geq B_i \end{cases} \quad (25)$$

El procedimiento 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 $-y_i$, esto es, suponer que $A_i = B_i$ y definir $d_i = 1$ para $y_i \leq B_i$.

La función de deseabilidad envuelve inicialmente la transformación de cada respuesta estimada \hat{y}_i , $i = 1, 2, \dots, q$, a un valor de deseabilidad d_i donde $0 \leq d_i \leq 1$. Los valores individuales de deseabilidad son luego combinados utilizando la media geométrica.

$$D = (d_1 \times d_2 \times \dots \times d_k)^{1/k} \quad (26)$$

El valor de D brinda una estimación total de la deseabilidad de los niveles de respuesta combinados. Claramente, el rango de los valores de D estará dentro del intervalo (0 a 1), y D se incrementa conforme el balance de las características o respuestas se haga más favorables. El máximo de valor de D puede ser considerado como el punto más deseable en la región de mezcla para todas las características a la vez. D también tiene la propiedad de que si algún $d_i = 0$ (es decir, si alguna de las características es inaceptable), entonces $D = 0$, lo cual significa que el producto total es inaceptable. Esta es la razón por la cual se utiliza la media geométrica, en vez de alguna otra función de d_i , tal como la media aritmética (Cornell, 2002).



2.4. MEDICIÓN DE COLOR

El color se considera una de las características sensoriales más importante, en la apariencia de un alimento. Se determina por el largo de onda entre 380 y 770 nm, se puede definir como la energía radiante que el ojo humano detecta a través de sensaciones visuales recibidas por la estimulación de la retina (Kramer, 1976).

2.4.1 TÉCNICA PARA EVALUAR EL COLOR

2.4.1.1 MÉTODOS FÍSICOS

Se basan en la medición directa del color en la carne mediante instrumentos físicos como reflectrómetros, colorímetros y espectrofotómetros. Son métodos que representan mejor, la percepción visual del color que los métodos químicos, no son destructivos lo que permite evaluar los cambios de color a largo del tiempo sobre la misma superficie, permite cuantificar el porcentaje relativo de mioglobina reducida, oximioglobina y metamioglobina en la superficie de la carne (Hunt et al., 1991).

Los espectrofotómetros son equipos precisos. La sistemática de la medición y la descripción de color son similares, excepto que mide la reflexión de la luz a numerosas longitudes de onda del espectro visible (380-770nm), a partir de ello se calcula todas las coordenadas de color.

La estructura física del objeto, tanto como la naturaleza química de sus componentes afectan a reflectancia (VanLaack y Solomon, 1995). La luz reflejada que proviene del objeto es un estímulo visual, y es la que se emplea para efectuar la medición objetiva del color (Jacobson, 1972).



La comisión internacional de la iluminación (comisión internacional de L'Eclairage- CIE), modificó los cálculos escogidos como estímulos luminosos fundamentales tras estímulos X,Y,Z., cuya suma permite reconstruir por el ojo. El color de una cantidad energética unitaria de cada onda monocromática del espectro (Giese, 1995).

El estímulo fundamental Y fue escogido por la C.I.E de tal manera que el valor Y , corresponde exactamente a la curva de visibilidad del ojo, de esta forma el valor Y da directamente su intensidad luminosa fisiológica (para el ojo) con referencia a un blanco perfecto. La evaluación de un color (romaticidad) se consigue definiendo tres valores nuevos los coeficientes tricromaticos x , y , z . (Giese, 1995).

$$x = \frac{X}{X + Y + Z}$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

$$z = \frac{Z}{X + Y + Z}$$

La suma de $x+y+z$ es, necesariamente, igual a la unidad; por lo tanto, para determinar la cromaticidad de un color basta con especificar 2 coeficientes, por ejemplo x , y así, especificando x , y e Y se caracteriza a la vez cromaticidad e intensidad luminosa fisiológica de un color (Cheftel y Cheftel, 2000). A partir de ellos, la comisión internacional de L'Eclairage- CIE a denominado a Y como L^* (luminosidad), x como a^* (rojo -verde), como b^* (amarillo azul) para el espacio del color CIE_Lab (Giese, 1995). Este método presenta gran similitud con la uniformidad visual humana, donde las distancias

equitativas en el sistema representan aproximadamente las distancias equitativas visuales (Warris, 1995).

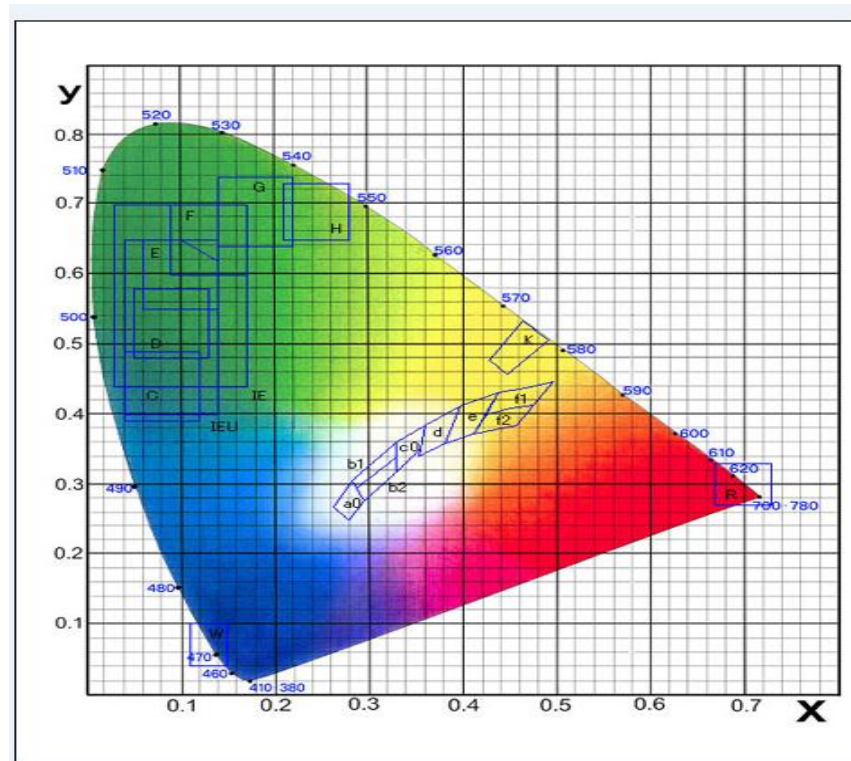


Figura 8: Diagrama de cromaticidad de la CIE (Hardy, 1936; citado por Cheftel y Cheftel , 2000).

2.5. CARACTERIZACIÓN TEXTURAL

La textura es el conjunto de propiedades físicas y de estructura (geométricas y de superficie) de un producto, perceptibles por los mecanorreceptores, los receptores táctiles y en ciertos casos, por los visuales y los auditivos (Costell, 1994). Se define como los atributos que tiene un alimento, resultado de la combinación de las propiedades físicas y las percibidas por los órganos sensoriales (Chand, 1986). Es muy importante en la selección y preferencia de los alimentos, además es reconocida como el mayor atributo de su calidad. (Bourne, 2002).



2.5.1 ANÁLISIS DE PERFIL DE TEXTURA (TPA)

Fellows (2000) menciona que es un procedimiento instrumental para medir, cuantificar y desarrollar nuevos parámetros relacionados con la textura. Asimismo, El análisis de perfil de textura (TPA) como una prueba imitativa, en la cual se pretende reproducir el masticado de un producto, siendo útil en el proceso de control de calidad y manufactura de alimentos; sin embargo, no determina sus propiedades reológicas (Tunick, 2000).

Las propiedades texturales de los alimentos son aquellas que están relacionadas con el flujo, deformación y desintegración del producto, las cuales pueden ser evaluadas mediante un Análisis de Perfil de Textura (TPA), cuya prueba consiste en una prueba de doble compresión, donde se someten muestras del producto a una compresión de 80 a 90 % con respecto a su altura inicial (Demonte, 1995).

2.5.2. PENETRÓMETRO

Representa una de las más viejas técnicas de medición de textura, en la cual una sonda o penetrómetro de geometría dada es conducida en un material y la fuerza requerida para una dada penetración o la profundidad de penetración total es medida, ha sido ampliamente utilizada en la caracterización textural para frutas, vegetales, geles, mayonesas, grasas y en la cuantificación de la terneza de carnes. El penetrómetro que es la base de la técnica de la Penetrometría, es un instrumento diseñado para medir una característica mecánica relacionada con la firmeza, dureza o rigidez de diferentes productos. Se basa en la medida de la resistencia que opone un alimento a que una pieza determinada penetre en él, es decir mide la distancia o fuerza de penetración de un vástago cilíndrico, aguja, cono o bola en el alimento, en un intervalo de tiempo. Lewis



(1993) señala que la profundidad de penetración dependerá del peso del cono y del ángulo del cono, del tipo de material, su temperatura y el tiempo de penetración.

2.6. COSTOS

2.6.1 COSTOS DE PRODUCCIÓN

El costo de producción esta constituido por el total de los costos referidos a una función o a un objetivo y/o prestación de servicios, sin considerar los gastos de administración ni los de distribución. El costo de producción, comprende la inversión de las materias primas, el gasto de la mano de obra directa y los gastos de fabricación imputables al producto obtenido, entre los gastos de fabricación (Giraldo, 1999). Son los que permiten obtener determinados bienes a partir de otros, mediante el empleo de un proceso de transformación (Backer y Jacobson, 1995).

2.6.2 COSTOS FIJOS

Son aquellos costos cuyo importe permanece constante, independiente del nivel de actividad de la empresa. Se pueden identificar y llamar como costos de "mantener la empresa abierta", de manera tal que se realice o no la producción, se venda o no la mercadería o servicio, dichos costos igual deben ser solventados por la empresa (Gimenez, 1995).

2.6.3 COSTOS VARIABLES

Son aquellos costos que varían en forma proporcional, de acuerdo al nivel de producción o actividad de la empresa. Son los costos por "producir" o "vender" (Gimenez, 1995).



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO

3.1.1 LUGAR DE ESTUDIO

La ejecución del presente trabajo de investigación, se llevó a cabo en las siguientes instalaciones:

- Laboratorio de pastos y forrajes de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno (Elaboración del producto).
- Laboratorio de aguas y control de calidad de los alimentos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno (Análisis proximal de las 16 formulaciones).
- Laboratorio de biología molecular de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno (Determinación de color).
- Laboratorio de pastas y harinas de la escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno (Determinación de textura).
- Laboratorio de procesamiento de productos agrícolas de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno (determinación de nivel de agrado).



3.2. MATERIA PRIMA E INSUMOS

3.2.1 MATERIA PRIMA

- Carne fresca de alpaca de la raza huacaya de 3 años de edad, adquirida en el mercado central de la ciudad de Puno.
- Tejido adiposo de vacuno, adquirido en el mercado central de la ciudad de Puno.
- Cañihua variedad Cupi, adquirida de INIA –Puno.

3.2.2 INSUMOS

- Sal.
- Orégano molido.
- Pimienta, comino.
- Ajo deshidratado.
- Glutamato monosódico.
- Cebolla en polvo.
- Agua/ hielo.
- Agua destilada.

3.2.3 MATERIALES Y EQUIPOS

- Cuchillo.
- Tabla de picar.
- Recipientes de plástico.
- Moledora manual.
- Balanza digital con 4 dígitos (0.1 – 303 g.), marca Sartorius, modelo BP301S.
- Estufa marca Tabof, modelo LP302



- Mufla (T° max 1200 $^{\circ}$ C), Marca Thermoline, modelo F-01520M,
- Crisoles de porcelana.
- Luna de reloj (PIREX), 10 y 15 cm de diámetro.
- Campana de desecación, con sales de cloruro de calcio.
- Refrigeradora de 14 pies 3, marca Coldspot.
- Espectrofotómetro
- Penetrómetro, Tabof Weighof Drod Boy
- Bolsas de polietileno

3.2.4 REACTIVOS

- Acido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado.
- Sulfato de potasio (K_2SO_4) y sulfato de cobre ($CuSO_4$): (cada 10 g de K_2SO_4 agregar 0,3 g de $CuSO_4$).
- Hidróxido de sodio (NaOH) al 60 %.
- Acido clorhídrico (HCl) 0.02 N
- Acido bórico (H_3BO_3) al 4 % con 1 % v/v de solución indicadora.
- Solución indicadora (mezcla en 2 partes de solución alcohólica de Rojo de Metilo: 0.2 % y una parte de solución alcohólica de Azul de Metileno: 0.2 %).
- Éter de petróleo.
- Hidrogeno sulfato potásico.
- Metanol amoniaco.

3.3. MÉTODO DE ANÁLISIS

3.3.1. MÉTODO DISEÑO DE MEZCLAS

Con la finalidad de estudiar el efecto simultáneo de la harina extruida de cañihua, tejido graso de vacuno y carne de alpaca sobre el contenido proteico, calórico y nivel de agrado, para su posterior optimización; en base a valores específicos de las características antes mencionada. Se aplicó un diseño de mezclas axial para tres componentes, con restricciones mínimas y máximas sobre estos últimos.

Cuadro 4 : Composición de la masa principal experimental

Masa principal	Porcentaje en función de masa total (%)	Porcentaje en función de la masa principal (%)
Tejido adiposo de vacuno	19.99	24.98
Carne de alpaca	60.03	75.02
HECH	0.00	0.00
TOTAL	80.02	100.00

*HECH: harina extruida de cañihua hidratada

Del cuadro 4, se puede inferir que las proporciones de los demás ingredientes representan en su conjunto un 19.08 % de la masa total.

Considerando que el objetivo del presente trabajo, es obtener una formulación para hamburguesa de carne de alpaca, se consideró las restricciones mostradas en el Cuadro 10. Cabe mencionar que en el caso de la harina extruida de cañihua (HECH), el límite superior fue determinado restando la suma de los límites inferiores de carne de alpaca, y grasa de vacuno del 100 % de la masa principal; pues de esta forma, el grupo de restricciones es “consistente”.

Cuadro 5: Restricciones sobre los ingredientes de la masa principal

PORCENTAJE DE MASA PRINCIPAL (%)
$0 \leq \text{harina extruida de cañihua} \leq 30$
$67 \leq \text{carne} \leq 80$
$3 \leq \text{grasa} \leq 20$

Posteriormente, se aplicó el software estadístico Design- Expert 7.1 (trial versión); considerando la masa principal y restricciones determinadas anteriormente. Dicho software utiliza el criterio de ubicar puntos experimentales dentro del espacio factorial de mezclas conocido como Optimalidad D (D-Optimality); el mismo que se basa en la maximización de la determinante de matriz cuadrada $(X^T X)$, ó en la minimización de la determinante de la matriz inversa $(X^T X)^{-1}$, es decir, en la minimización de las variables generalizadas de los elementos de la matriz b (matriz de los estimados de los coeficiente β). De esta manera, el diseño experimental o grupo de mezclas consideradas para el presente trabajo de investigación fueron (16); las mismas que se muestra en el cuadro N° 6.

Cabe señalar que las formulaciones F1, F2, F3, F16, F8, F10 y F14; representarán los puntos experimentales con el cual se estimará los modelos matemáticos para cada respuesta. Mientras que las repeticiones F4, F7, F9, F11 y F15; fueron utilizadas para la mejor estimación de varianza del error (S^2). Por otro lado, las formulaciones F5, F6, F12 y F13; fueron consideradas para el análisis de falta de ajuste de los modelos antes mencionados. La representaciones graficas de este modelo de presentan en la Figura 9.

Cuadro 6: Formulaciones experimentales de la hamburguesa

Formulaciones	HECH	Carne de alpaca	Tejido adiposo de vacuno
1	0.00	80.000	20.000
2	23.500	73.500	3.00
3	10.75	73.500	15.750
4	13.00	67.000	20.000
5	15.00	73.500	11.500
6	6.500	73.500	20.000
7	0.000	80.00	20.000
8	30.000	67.00	3.000
9	21.500	67.000	11.500
10	21.500	67.000	11.500
11	17.00	80.00	3.000
12	19.250	73.500	7.25
13	8.500	80.000	11.500
14	13.000	67.00	20.000
15	30.00	67.000	3.000
16	17.000	80.000	3.000

*HECH: Harina extruida de cañihua hidratada.

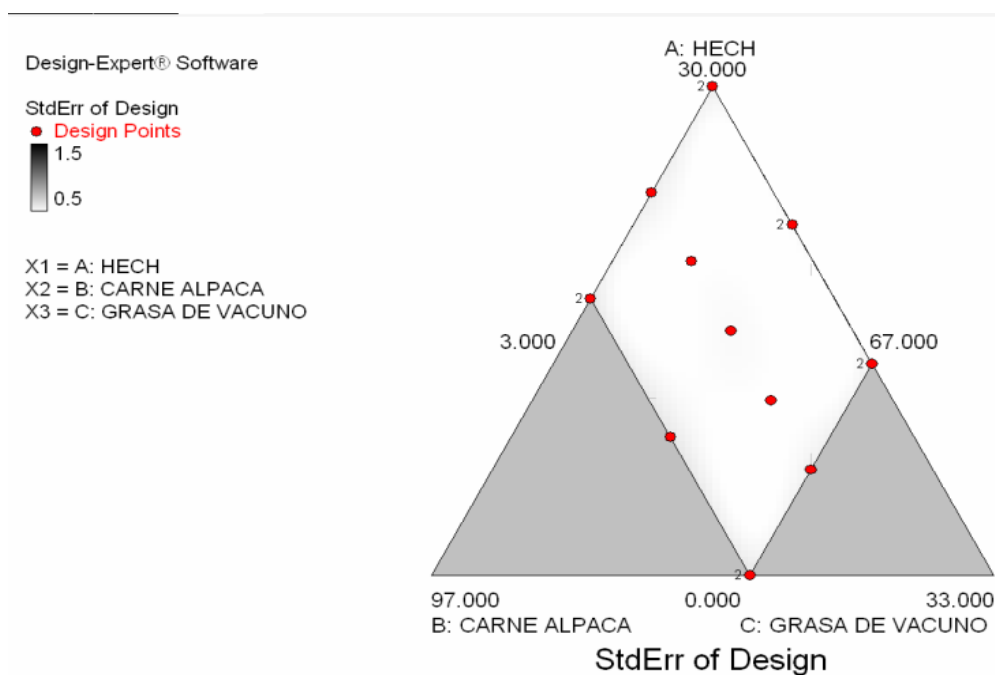


Figura 9: Representación gráfica del diseño de mezcla axial con restricciones sobre harina extruida de cañihua, tejido adiposo de vacuno y carne de alpaca



3.3.2. DETERMINACIÓN DE POLINOMIO CANÓNICO DE SCHEFFÉ Y EVALUACIÓN DEL EFECTO DE INGREDIENTES, PARA EL CASO DE CONTENIDO PROTEICO, CONTENIDO CALÓRICO Y NIVEL DE AGRADO DE HAMBURGUESA

a) Establecimiento de los modelos matemáticos y análisis estadístico

Los valores promedio de contenido proteico, contenido calórico y nivel de agrado observados en las formulaciones experimentales, fueron sometidos a un análisis de regresión múltiple (mínimos cuadrados); con la finalidad de obtener polinomios canónicos de Scheffé, que describan la dependencia de las características en función de los ingredientes (harina extruida de cañihua, tejido adiposo de vacuno y carne de alpaca) en estudio, dicho polinomio correspondió a la siguientes ecuaciones de segundo grado:

- Contenido proteico

$$\hat{y}_1 = b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 \quad (18)$$

- Contenido calórico

$$\hat{y}_2 = b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 \quad (19)$$

- Nivel de agrado

$$\hat{y}_3 = b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 \quad (20)$$

Donde :

\hat{y}_1 : Contenido proteico estimado (%)

\hat{y}_2 : Contenido calórico estimado (Kcal/100 g hamburguesa)

\hat{y}_3 : Nivel de agrado estimado

b_1, b_2, b_3 : Coeficiente lineal

b_{12}, b_{13}, b_{23} : Coeficiente cuadrático



x_1 , x_2 , x_3 : Porcentaje de harina extruida hidratada de cañihua, tejido adiposo de vacuno y carne de alpaca presentes en masa principal (%).

Posteriormente, se realizó el análisis de varianza y la prueba de significancia de los coeficientes de los modelos estimados.

b) Efectos de los ingredientes sobre el contenido proteico, calórico y nivel de agrado de hamburguesas

Mediante la aplicación del programa estadístico Design – expert[®], versión 7.1 (trial versión), se graficaron las superficies de respuesta (gráfico tridimensional), ploteos del contorno de la misma (grafico bidimensional) y el grafico denominado “Trazo de Cox” correspondiente a los modelos de las ecuaciones (18, 19,20) respectivamente El objetivo de los dos primeros gráficos fue, brindar una visión panorámica de la variación de contenido proteico, calórico y nivel de agrado en función a los ingredientes estudiados; mientras que con el tercero se pudo establecer el efecto de cada ingrediente sobre el contenido proteico, calórico y nivel de agrado respectivamente

3.3.3. OPTIMIZACIÓN SIMULTÁNEA DE RESPUESTAS

Luego de obtenido los modelos matemáticos para cada una de las respuestas estudiadas, se procedió a la optimización simultanea de las mismas; con el objetivo de encontrar aquella mezcla que cumpliera de la mejor forma con las restricciones. Para ello, se tuvo en cuenta la metodología de la deseabilidad global D. de acuerdo con esta, se tuvo una función de deseabilidad para cada repuesta implicada; asignándole un valor de 1 para el exponente t . Asimismo, las restricciones sobre cada respuesta, necesarias para la optimización, fueron establecidas en base a los resultados observados para una hamburguesa comercial de composición similar a la formulación base, que dio

origen al diseño experimental del presente trabajo (carne, tejido adiposo y harina texturizada de soya). Según la opinión del personal que labora en las tiendas (negolatina, mercado central de la ciudad de Puno,) el producto (hamburguesa) que tiene mayor venta es la Segoviana. En tal sentido las restricciones consideradas fueron las siguientes:

- Contenido proteico: mayor ó igual al producto comercial.
- Contenido calórico: menor ó igual al producto comercial
- Nivel de agrado: mayor ó igual al producto comercial.

Dichas restricciones fueron graficadas en forma de contornos sobre el espacio factorial de las mezclas (grafico bidimensional), con fines ilustrativos. La intersección de dichos contornos definió la denominada “zona de formulación factible”, la misma que estuvo constituida por todas aquellas mezclas que cumplan con las restricciones impuestas y sobre la cual se realizo la optimización. De esta manera, las funciones de deseabilidad utilizadas fueron:

$$\text{Maximizando el contenido proteico. } d_1 = \begin{cases} 0 & \hat{y}_1 \leq CP_{COM} \\ \left[\frac{y_1 - CP_{COM}}{CP_{MAX} - CP_{COM}} \right]^t & CP_{COM} < \hat{y}_1 < CP_{MAX} \\ 1 & \hat{Y}_1 \geq CP_{MAX} \end{cases} \quad (21)$$

$$\text{Minimizando el contenido calórico. } d_2 = \begin{cases} 0 & \hat{y}_2 \geq CC_{COM} \\ \left[\frac{y_2 - CC_{COM}}{CC_{MIN} - CC_{COM}} \right]^t & CC_{MIN} < \hat{y}_2 < CC_{COM} \\ 1 & \hat{Y}_2 \leq CC_{MAX} \end{cases} \quad (22)$$

$$\text{Maximizando el nivel de agrado. } d_3 = \begin{cases} 0 & \hat{y}_3 \leq NA_{COM} \\ \left[\frac{y_3 - NA_{COM}}{NA_{MAX} - NA_{COM}} \right]^t & NA_{COM} < \hat{y}_3 < NA_{MAX} \\ 1 & \hat{Y}_3 \geq NA_{MAX} \end{cases} \quad (23)$$



Donde:

d_1 : Función de deseabilidad para el Contenido proteico de hamburguesa.

d_2 : Función de deseabilidad para el Contenido calórico de hamburguesa.

d_3 : Función de deseabilidad para el nivel de agrado de hamburguesa.

\hat{y}_1 : Contenido proteico estimado.

\hat{y}_2 : Contenido calórico estimado.

\hat{y}_3 : Nivel de agrado estimado.

(CP_{COM}): Contenido proteico de hamburguesa comercial (%).

(CP_{MAX}): Máximo contenido proteico observado (%).

(CC_{COM}): Contenido calórico de hamburguesa comercial (Kcal/100g).

(CC_{MIN}): Mínimo contenido calórico observado (Kcal/100g).

(NA_{COM}): Nivel de Agrado de hamburguesa comercial.

(NA_{MAX}): Máximo Nivel de Agrado observado.

El valor denominado deseabilidad global (D) representó la media geométrica de los valores de las deseabilidad individual; es decir:

$$D = (d_1 \times d_2 \times d_3)^{1/4} \quad (24)$$

La mezcla o formulación seleccionada como óptima es aquella que tiene el mayor valor D ; o aquella que tenga un menor valor D que representen una buena alternativa al considerar los factores adicionales.



Para realizar la optimización simultanea se utilizo el programa estadístico Design - Expert[®], versión 7.1 (trial versión).

Por ultimo, con fines de verificar, los valores observados de cada respuesta para la formulación óptima, fueron determinados y comparados con los respectivos valores estimados.

3.3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La producción de hamburguesas para cada formulación estudiada, fue repetida tres veces. Los resultados correspondientes a los contenidos proteicos y calóricos, fueron expresados como el promedio de las observaciones registradas. Por otro lado, los resultados del nivel de agrado, representaron el promedio de 25 observaciones por cada formulación.

Con los resultados obtenidos en las formulaciones experimentales de los contenidos proteico, calórico y nivel de agrado, se realizó un análisis de regresión múltiple (método de mínimos cuadrados). Con la finalidad de obtener el Polinomio Canónico de Scheffé que describe la dependencia de los contenidos (proteico, calórico y nivel de agrado) en función de los ingredientes bajo estudio. La determinación de dichos polinomios; así como su respectivo análisis de varianza (ANVA) y prueba de significancia de coeficientes (nivel de significancia $\alpha = 0.05$) fueron llevados a cabo mediante la utilización del programa estadístico Design- Expert[®] 7.1 (trial versión).

El análisis de varianza consistió en establecer la significancia estadística de los modelo y coeficientes, además de una falta de ajuste (Lack of fit). La significancia estadística del modelo y de los coeficientes se estableció mediante la prueba de F de Fischer. Adicionalmente la bondad de ajuste de la ecuación de regresión de las

observaciones experimentales, fue establecida mediante el Coeficiente de Determinación (R^2) y Coeficiente de Determinación Ajustada (R^2_{adj}).

3.4. MÉTODOS EXPERIMENTALES

3.4.1. PRODUCCIÓN DE HAMBURGUESAS

Para la producción de hamburguesas se utilizó la formulación que se muestra en el cuadro 12, la misma que fue denominada “Formulación base”.

Tabla 6 Formulación Base para la Producción de Hamburguesa

Ingredientes	Porcentajes (%)
Carne de vacuno	60.03
Tejido adiposo de vacuno	19.99
Harina texturizada de soya	3.19
Condimentos	16.79
Total	100

Fuente: *Elías et al. (2000)*.

El flujo de operaciones se presenta en la Figura 10, el balance de materia se da a conocer en la Figura 11, la misma que es descrita a continuación:

a) Materia prima.

La materia prima para el trabajo de investigación fue carne de alpaca adulto (< 3 años de edad), región pierna en buenas condiciones, cañihua (lavada y limpia) variedad cupi (extruida a una humedad de 11%) y tejido adiposo de vacuno.

b) Recepción

La carne de alpaca de la región anatómica pierna, se encuentra en buenas condiciones, así como la harina extruida cañihua y tejido adiposo de vacuno; fueron pesados en balanza electrónica, con la finalidad de determinar su rendimiento.



c) Desgrasado y deshuesado

La carne de alpaca de la región anatómica pierna, fue desgrasada, deshuesada y se separaron los tendones, nervios y otros cuidadosamente sin dañar los paquetes musculares; esta operación se realizó con la ayuda de cuchillo y hacha. La grasa, huesos, tendones, nervios y otros fueron depositados en recipientes independientes. El desgrasado y deshuesado se realizó con la finalidad de evitar la formación de niveles elevados de oxidación de lípidos.

d) Picado y molienda

El picado se realizó en un picador de carne, con disco de 5 mm de diámetro a fin de tener un tamaño igual de carne y grasa, de tal forma que sea el producto lo más uniforme posible.

Luego, se procedió a acondicionar la harina extruida de cañihua con agua (HECH). Con el fin de hidratar las proteínas de cañihua, en proporción cañihua: agua (3:1) respectivamente. Posteriormente, se incorporó esta mezcla en la molienda de la carne de alpaca, tejido adiposo de vacuno y hielo.

Este proceso se realiza con el fin de homogenizar la materia prima (carne de alpaca y tejido adiposo de vacuno), para posteriormente realizar el mezclado.

e) Mezclado

El mezclado se realizó en forma manual, durante 10 minutos y a una temperatura de 12 °C. La mezcla se realizó incorporando los ingredientes en forma homogénea y manteniendo la misma temperatura.

La forma de incorporar los ingredientes fue en el siguiente orden:



- Agua.
- Condimentos (sal, comino, pimienta, orégano glutamato monosódico (E621).
- Cebolla.
- Ajo deshidratado.

f) Moldeado

Se efectuó en forma manual utilizando un molde de plástico de forma circular, de 1 cm. de espesor y 7 cm. de diámetro, aproximadamente. La cantidad de mezcla moldeada con un peso de 70 +/- 2.0 g por unidad.

g) Empacado

El empacado de hamburguesas, se realizó en bolsas de polietileno para su mayor conservación, con un peso de 70 +/- 2.0 g. por unidad

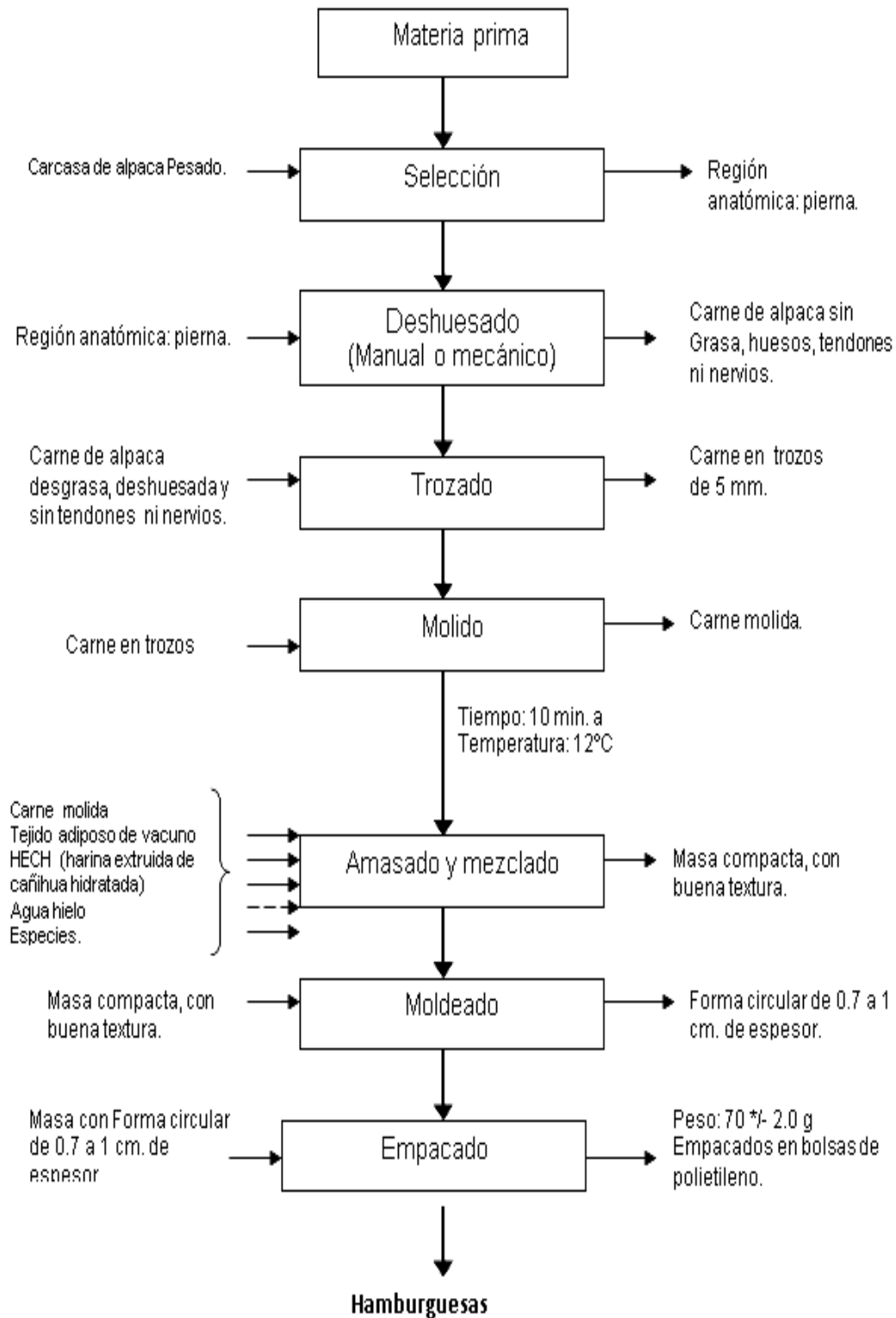


Figura 10: Flujo de operaciones para la elaboración de hamburguesa de carne de alpaca con harina extruida de cañihua

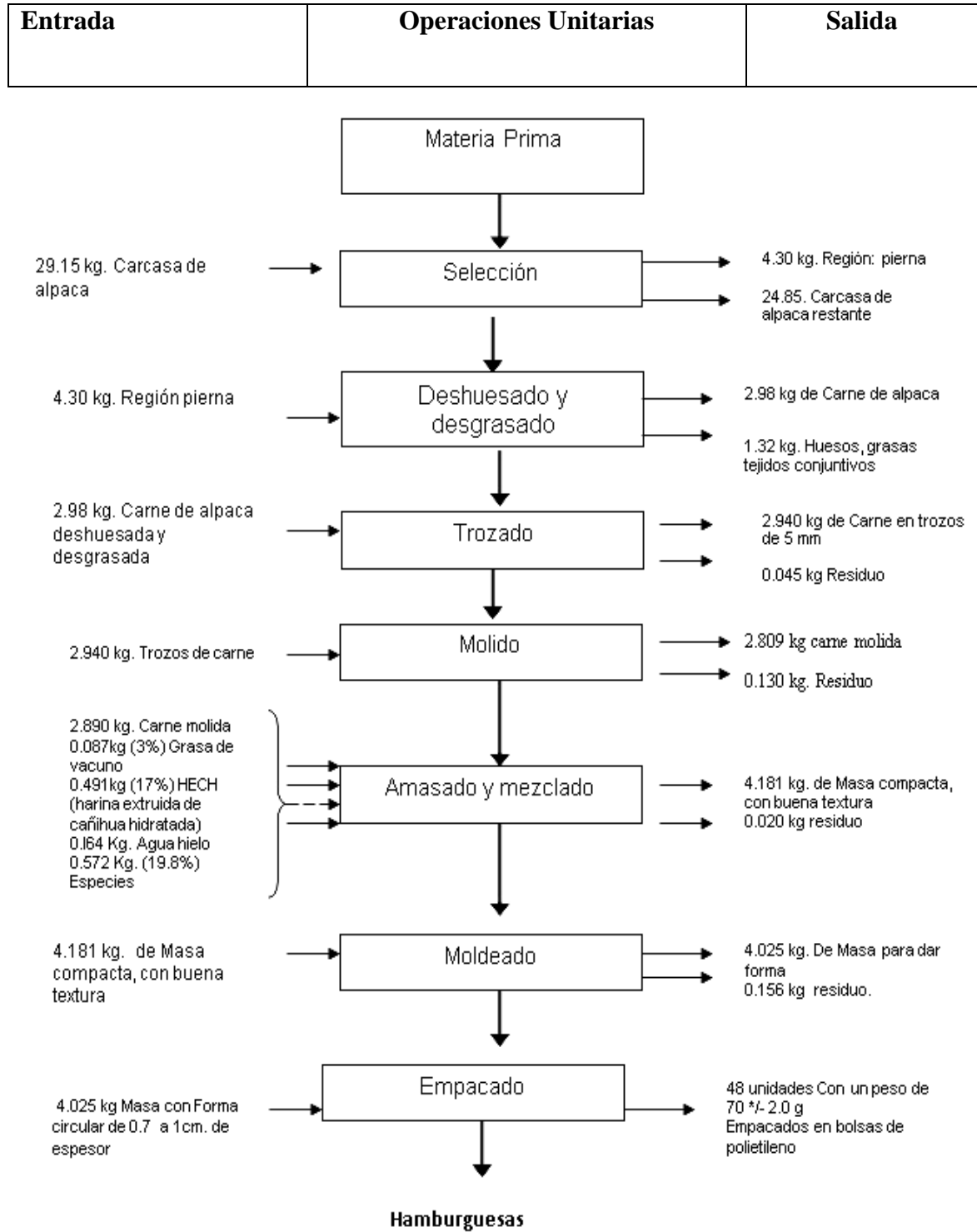


Figura 11: Balance de masa en la elaboración de hamburguesas de carne de alpaca con incorporación de harina extruida de cañihua

3.4.2. PREPARACION DE LA HARINA EXTRUIDA DE CAÑIHUA

a) Acondicionamiento de la cañihua variedad cupi para el proceso de cocción extrusión

El acondicionamiento de la cañihua adquirida de Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA), consistió: en el seleccionado, clasificado, lavado y secado del grano. Posteriormente para el extruido de la cañihua se adicionó agua, con el fin de estandarizar la humedad a 11%. usando la metodología descrita por Willm (2002), que consiste, en el acondicionamiento del grano de cañihua y el porcentaje de agua que se debe agregar corresponde al aplicar la formula siguiente:

Donde:

$$\text{Agua (\%)} = 100(H_f - H_i) / (100 - H_f)$$

H_f : Humedad final (humedad al que se desea llegar)

H_i : Humedad inicial (humedad del grano)

Luego proceder a la cocción extrucción.

b) Condiciones de extrusión de cañihua:

- Velocidad de rotación del tornillo. : 290 rpm
- Temperatura de extrusor. : 140 -150 °C
- Alimentación promedio. : 70 Kg/h
- Diámetro de orificio de dado. : 2 mm
- Humedad de la materia prima. : 11 %
- Capacidad del extrusor : 60 kg.



Fueron determinados mediante la metodología AOAC (1990), 24.003, 24.027, 24.005 y 24.009; respectivamente. El valor calórico de las diferentes formulaciones fue determinado mediante los factores específicos Kcal/g para calcular valores energéticos de los alimentos, detallados en tablas peruanas de composición de alimentos (DIRESA, 2005). En el Anexo 1, se detalla las diferentes metodologías usadas para el análisis proximal.

3.4.3. ANÁLISIS SENSORIAL

Las muestras de hamburguesas formuladas, se cocinaron siguiendo la metodología descrita por AMSA (1995), en una plancha de teflón sobre una cocina eléctrica, estas muestras son cocidas hasta completar un tiempo total de cocción de 7 min. Efectuado esta operación se procedió a evaluar el nivel de agrado ó grado de satisfacción de acuerdo a Pedrero y Pangborn (1996). Para ello se utilizó una escala horizontal no estructurada de diez centímetros de largo (escala hedónica), en la cual el juez identificaba, a través de una raya vertical, su nivel de agrado con respecto al sabor. Esta escala contiene descriptores solamente en los extremos y cuenta con un indicador de punto medio, para facilitar al juez la localización del punto de indiferencia para la muestra. El tamaño de consumidores por cada formulación evaluada fue de 25 personas (entre edades 17 y 35 años). Cada consumidor evaluó una muestra correspondiente a una formulación de hamburguesa, previamente cocidas, la misma que estuvo a una temperatura ambiente (12 °C aproximadamente), codificado con un número aleatorio de 3 dígitos, el formato de evaluación utilizado y los resultados se detallan en el Anexo 03.

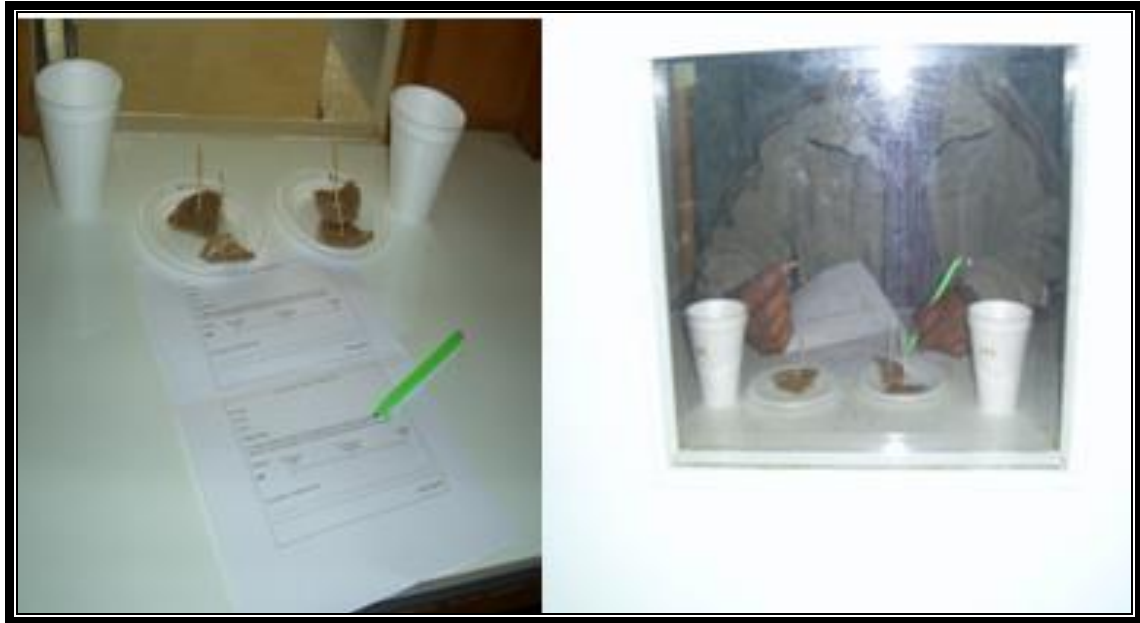


Figura 12: Procedimientos para la determinación de nivel de agrado de hamburguesa.

3.4.4. DETERMINACIÓN DE COLOR

La metodología para la determinación de color se detalla en el Anexo 2, las coordenadas CIE Lab (L^* , a^* , b^*) de la formulación de hamburguesa óptima y muestra comercial, fueron determinadas según el procedimiento señalado por Cheftel y Cheftel (2000). Una pequeña cantidad de muestra de hamburguesa, fue colocada dentro de una celda de medición de color y para el análisis se utilizó un espectrofotómetro, los resultados fueron expresados como coordenadas de cromaticidad y luminosidad, el procedimiento se muestra en la Figura 13.



Figura 13: Procedimientos para la determinación de los parámetros de color de hamburguesa optimizada y muestra comercial.

3.4.5. ANÁLISIS DE PERFIL DE TEXTURA

El análisis de perfiles de textura, fue realizada de acuerdo a la metodología descrita por Espinoza (2003) para tal fin se utilizó un penetrómetro, Las muestras de hamburguesa analizadas, fueron elaboradas con un diámetro de 10 cm. y un espesor de 7 mm, estas muestras fueron expuestas a una fuerza de 7.5 N de donde se obtuvo la

profundidad de penetración en la muestra expresada en mm. Los resultados para este análisis se detallan en el Anexo 07.



Figura 14: Procedimiento para la determinación de perfil de textura (TPA) de hamburguesa.

3.4.6. DETERMINACIÓN DE COSTOS DE PRODUCCIÓN

Se determinó mediante el método descrito por Barfield y Kinney (2006) donde se determinan los costos directos, indirectos, variables y fijos; a partir de ello se determinó los costos de producción y costo unitario de las 16 muestras experimentales propuestas e esta investigación. En el Anexo 08

3.4.7. CARACTERIZACIÓN DE LA FORMULACIÓN ÓPTIMA

Los resultados del análisis proximal y color de la muestra optimizada y comercial, fueron comparadas y evaluadas mediante el modelo estadístico diseño completo al Azar. En el caso de perfiles de textura, se realizó una regresión simple para ver las diferencias entre muestras. Los costos de producción de las 16 muestras de hamburguesa planteadas en esta investigación fueron comparadas numéricamente.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DETERMINACIÓN DEL POLINOMIO CANÓNICO DE SCHEFFÉ Y EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LOS INGREDIENTES, PARA EL CASO DEL CONTENIDO PROTEICO, CONTENIDO CALÓRICO Y NIVEL DE AGRADO.

4.1.1 ESTABLECIMIENTO DE LOS MODELOS MATEMÁTICOS

Los valores del contenido proteico, contenido calórico y nivel de agrado observado para cada formulación estudiada, son presentados en el Cuadro 7.

Cuadro 7 : Valores observados de contenido proteico, contenido calórico y nivel de agrado de las formulaciones experimentales.

Formul.	x ₁ HECH* (%)	x ₂ Carne de alpaca (%)	x ₃ Tejido adiposo de vacuno (%)	Contenido proteico (y ₁)** (%)	Contenido calórico observado (y ₂)** (Kcal/100g de hamb.)	Nivel de agrado (y ₃ ***)
F1	0.00	80.00	20.00	11.750	204.50	8.00
F2	23.50	73.50	3.00	18.073	131.65	7.00
F3	10.75	73.50	15.75	12.607	188.49	7.14
F4	13.00	67.00	20.00	14.587	177.44	7.04
F5	15.00	73.50	11.50	15.293	159.12	6.96
F6	6.50	73.50	20.00	12.033	197.38	7.00
F7	0.00	80.00	20.00	11.390	204.05	7.04.
F8	30.00	67.00	3.00	20.240	124.57	6.88
F9	21.50	67.00	11.50	17.693	158.77	7.94
F10	21.50	67.00	11.50	17.633	159.40	7.92
F11	17.00	80.00	3.00	16.513	123.04	8.86
F12	19.25	73.50	7.25	14.867	143.54	8.66
F13	8.50	80.00	11.50	13.717	168.81	8.00
F14	13.00	67.00	20.00	14.404	163.34	7.00
F15	30.00	67.00	3.00	19.17	124.04	6.90
F16	17.00	80.00	3.00	16.68	123.32	9.18

*Harina extruida de cañihua hidratada.

**Valores que representan el promedió de tres repeticiones.

*** Cada valor representa el promedio de 25 repeticiones.



Usando el método de mínimos cuadrados, el análisis de los datos experimentales, sugiere el modelo para describir los resultados entre las relaciones: contenido proteico e ingredientes en estudio, contenido calórico e ingredientes y nivel de agrado e ingrediente (harina extruida de cañihua, carne de alpaca y tejido adiposo de vacuno). Siendo éstas las ecuaciones polinomiales siguientes:

$$\hat{Y}_1 = 1.7401x_1 + 0.28987x_2 + 1.399x_3 - 0.0253x_1x_2 - 3.77E-004x_1x_3 - 0.025x_2x_3 \quad (25)$$

$$\hat{Y}_2 = -4.296x_1 + 0.155x_2 - 18.399x_3 + 0.11x_1x_2 + 0.081759x_1x_3 + 0.35x_2x_3 \quad (26)$$

$$\hat{Y}_3 = 0.609x_1 + 0.1996x_2 + 0.5753x_3 - 0.01215x_1x_2 + 6.966E-003x_1x_3 - 0.0126x_2x_3 \quad (27)$$

Donde:

\hat{y}_1 : representa el contenido proteico estimado cuyas unidades están dadas en porcentaje (%).

\hat{y}_2 : representa el contenido calórico estimado (Kcal/100g de hamburguesa)

\hat{y}_3 : representa el nivel de agrado.

x_1 : porcentajes de harina extruida de cañihua (HECH),.

x_2 : porcentajes carne de alpaca.

x_3 : porcentajes tejido adiposo de vacuno.

Las aplicaciones del método de diseño de mezclas, fue utilizando en diferentes estudios Elías (2002) determino el nivel de sustitución de carne de porcino por harina texturizada de soya en la elaboración de cabanossi, al igual que, Zorogastua (2004) utilizo el mismo método en la elaboración de chorizo ahumado utilizado con carne de alpaca y carne de cordero.



Doval et al. (2000), Gutiérrez et al. (2008) y Pérez et al. (2008) basados en mezclas alimenticias, utilizaron métodos de mínimos cuadrados donde obtuvieron un modelo de predicción para cada Variable de respuesta.

Salazar (2005) aplico diseño de mezclas para la optimización de nivel de sustitución de tejido graso de cerdo por inulina en la formulación de pate bajos en grasa

4.1.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO CONTENIDO PROTEICO

Los resultados del análisis de varianza (ANVA), describe una relación estadística significativa entre el contenido proteico y los ingredientes (harina extruida de cañihua hidratada (HECH), carne de alpaca y tejido adiposo de vacuno).

Como se puede apreciar, el modelo propuesto fue altamente significativo al 95 % de nivel de confianza, debido a que su valor F calculada (53.80) resultó elevada en comparación con los valores F tabulados (3.33). De igual forma, este modelo mostró una falta de ajuste resultando no significativo ($P < 0.05$); dado que para esta fuente de variación se registró un valor F (4.96) bajo, en comparación con los valores F tabulados (5.05). Asimismo, considerando la suma de cuadrados del error puro, se puede inferir que debido a su bajo valor en comparación con la suma de cuadrados total el experimentó tuvo buena reproducibilidad. De acuerdo al coeficiente de determinación (R^2) el 96.42 % de la variación de la respuesta, fue explicada por el modelo seleccionado.

Cuadro 8: Análisis de varianza (ANVA) de la ecuación de regresión para el contenido proteico de hamburguesas.

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Valor F	Prob > F
Modelo	107.23	5	21.45	53.80	< 0.0001
Falta de ajuste	3.32	5	0.66	4.96	0.0518
Error puro	0.67	5	0.13		
Total	111.22	15			

C.V= 4.102, Desviación estándar (SD)=0.63, $R_2=0.9642$ $R_{2adj} = 0.9462$

En referencia a los coeficientes de cuadro N° 9 del modelo estimado, dice que los coeficientes lineales (x_1 , x_2 y x_3) y las interacciones x_1x_2 y x_2x_3 son los que tienen mayor influencia en el contenido proteico, resultaron altamente significativos al 95 % de nivel de confianza, en cambio las interacciones x_1x_3 describen poca influencia en el contenido proteico resultando no significativo al 95% de nivel de confianza.

Cuadro 9: Análisis de varianza de los coeficientes de la ecuación de regresión para el contenido proteico de las hamburguesas

Termino del modelo	Coefficiente estimado	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor F	Prob > F
Lineales	$x_1 = 1.74$ $x_2 = 0.29$ $x_3 = -0.017$	103.25	2	51.63	129.50	< 0.0001
x_1x_2	-0.025	3.68	1	3.68	9.24	0.0125
x_1x_3	-0.377E-004	2.23E-003	1	2.23E-003	5.6E-003	0.9419
x_2x_3	-0.025	2.71	1	2.71	6.81	0.0261

x_1 = harina extruida de cañihua hidratada (HECH), x_2 = carne de alpaca, x_3 = tejido adiposo de vacuno.

Experimentos realizados por Desmond et al. (1998); Vtroy et al. (1999) en las que utilizaron ligantes de origen proteico, encontraron mayor contenido proteico en carne para hamburguesas, encontrando coincidencia con los valores reportados en este estudio. Valores por encima del 20 % de proteínas se han observado al añadir una mayor porción de carne (90 %) en las formulaciones (Hoelscher et al., 1987; Manssur y Khalil, 1999; Troutt et al., 1992). por otro lado, Estudios realizados por Piñero et al. (2005) donde realizan diferentes formulaciones de carnes para hamburguesas con fibra



soluble de avena, diseñadas con cantidades constantes de carne de res, resultaron isoproteicas, según lo demuestra la ausencia de variación en contenido proteico ($P > 0,05$). Así mismo, los estudios realizados por Miller et al. (1993) en carne para hamburguesas bajas en grasa, con adición de agua y polifosfatos. Resultó con menores valores de proteína a los valores reportados por otros experimentos

4.1.3 EFECTOS DE LOS INGREDIENTES SOBRE EL CONTENIDO PROTEICO

En Figura 15, se representa la superficie de respuesta (gráfico tridimensional) correspondiente a la ecuación (25) donde el contenido proteico se graficó en relación a los niveles de los ingrediente: harina extruida de cañihua (x_1), carne de alpaca (x_2) y tejido adiposo de vacuno (x_3). Se puede observar una aproximación adecuada de la verdadera relación funcional de la respuesta (contenido proteico) y el conjunto de variables independientes que esta constituido por los ingredientes ya mencionados.

Para visualizar la forma de una superficie de respuesta, se graficó el ploteo del contorno de la superficie respuesta (graficó bidimensional) muestra las líneas de respuesta (contenido proteico) en el plano x_1 , x_2 y x_3 . Cada contorno corresponde a una altura particular de la superficie de respuesta.

En la Figura 16, realizando el ploteo de contorno de la superficie de respuesta del contenido proteico, se observa que la formulación de hamburguesas de carne de alpaca que tiene mayor valor proteico, es aquel cuya mezcla tiene como componentes principales carne de alpaca y HECH en un porcentaje elevado.

Pérez *et al.* (2008) utilizó el método de superficie de respuesta para analizar la influencia de los factores sobre cada una de las respuestas evaluadas. (Contenido de

Harina de Soja, Contenido de CPSC y Contenido de Agua) tomando como base 100, la mezcla harina de trigo harina de soja-concentrado proteico de suero.

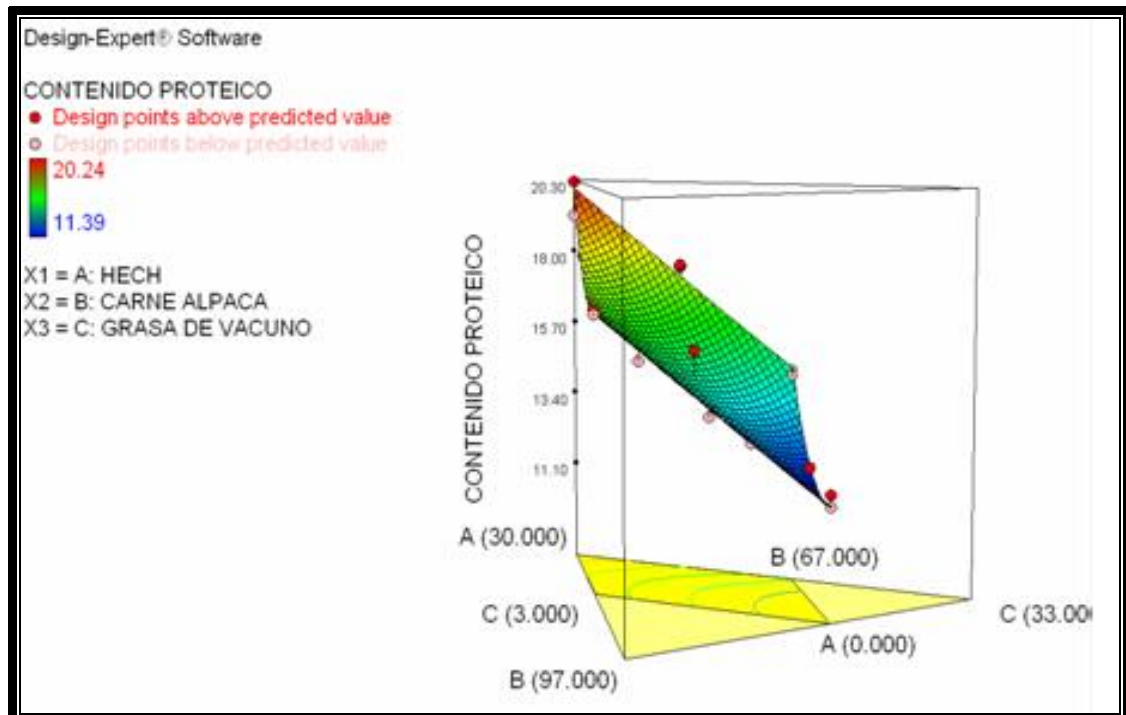


Figura 15: Superficie de respuesta para el contenido proteico de hamburguesa en función al porcentaje de harina extruida de cañihua hidratada (HECH) (X1), carne de alpaca (X2) grasa de vacuno (X3).

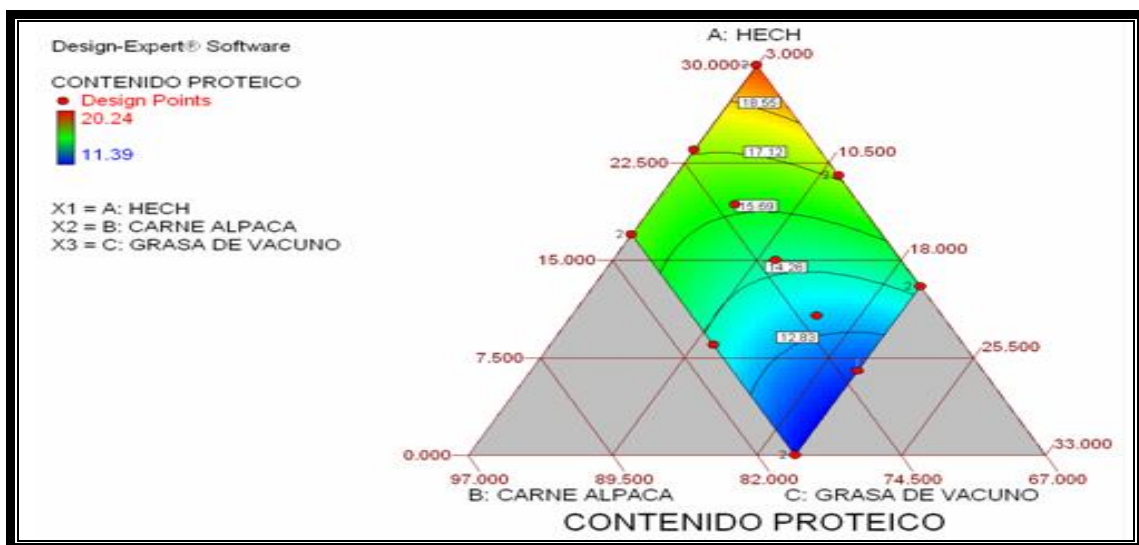


Figura 16: Ploteo de contornos de la superficie de respuesta para el contenido proteico de hamburguesas de alpaca



En la Figura 17, se muestra el trazó de Cox, correspondiente a la ecuación (25) donde se establece el efecto de cada ingrediente sobre el contenido proteico:

1.- Con respecto a la harina extruida de cañihua (HECH), la influencia que ejerce sobre el contenido proteico es positiva, provocando un incremento en el valor de la misma. A medida que la harina extruida de cañihua (HECH), aumenta su porcentaje en la mezcla el Trazo tiene mayor inclinación hacia la derecha. ya que el proceso de extrusión no altera el contenido proteico de la cañihua variedad Cupi como lo demuestra los estudios realizados por luna (2005) sobre efectos de proceso de cocción extrusión de cañihua variedad Cupi, demostraron que dicha variedad no sufría disminución de proteínas en el proceso de cocción extrusión por tener un mayor contenido de grasa, resultando elevada con respecto a otras variedades. Por otro lado, en estudios realizados por Gutiérrez et al. (2008) y Bello-Pérez *et al.*, (2002) para harinas de maíz en comparación con la harina de garbanzo extruido presentó un contenido mayor de proteínas aplicados a una mezcla alimenticia. Pero no mayor que el de la harina de cañihua extruida.

Piñero et al. (2005) demostró en el estudio donde utilizo fibra soluble de avena, no hubo ningún efecto en cuanto el contenido proteico.

2.- En el caso de la carne de alpaca el efecto que ejerce sobre el contenido proteico es también positivo, su trazo de Cox es inclinado hacia la derecha. Porque dicho incremento de carne aumento la composición proteica de la hamburguesa pero no más que la que ejerce la harina extruida de cañihua. Además, se reporta que la carne de alpaca posee un tenor proteico notablemente superior al que tiene la carne de las otras especies (Calle, 1982). Así mismo, en estudio realizada por Piñero et al. (2005) en diferentes formulaciones propuesta en este estudio de carne para

hamburguesas, diseñadas con cantidades constantes de carne de res, resultaron isoproteicas, según lo demuestra la ausencia de variación en contenido proteico ($P > 0.05$). En otro estudio realizado por Egbert et al. (1991) se observó mayor contenido de proteína al añadir mayor cantidad de carne en formulaciones de carne para hamburguesas hasta el 90%.

3.- La grasa de vacuno ejerce menos influencia que la carne, su incremento no es importante en el aporte proteico, pero sí ejerce una influencia positiva aplicada en la mezcla, porque la mayor cantidad de grasa es emulsificada, por la proteína hepática tal como menciona Schiffner et al. (1996). Así mismo, Jiménez (2000) Al reducir los niveles de tejido grasa utilizando fibras ligantes, alteran las propiedades físicas más que las químicas.

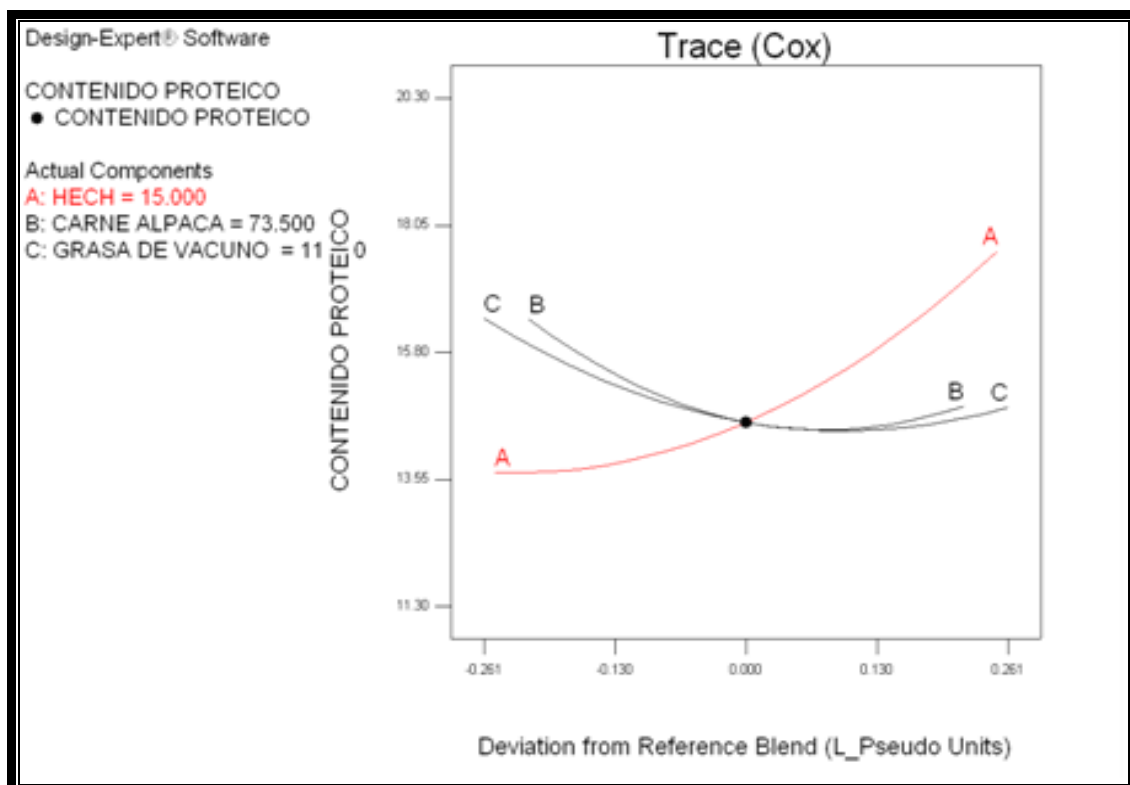


Figura 17: Trazos de cox para evaluación del efecto de cada ingrediente sobre el contenido proteico de las hamburguesas de carne de alpaca



4.1.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO CONTENIDO CALÓRICO

En el cuadro 10, se observa que el valor F calculado (80.05) para el modelo es alto en comparación con los valores F tabulados (3.33), esto implica que el modelo es altamente significativo al 95% de nivel de confianza. Dicho modelo mostró también una falta de ajuste, no significativo al 95% de nivel de confianza, dado que, para esta fuente de variación, se registró un valor bajo (2.13) en comparación con los valores F tabulados (5.05). Así mismo, con respecto al error puro de su suma de cuadrados (99.97) en comparación con la suma de cuadrados total (12855.48), se puede inferir el experimento tuvo buena reproducibilidad. Salazar (2005) propone la misma interpretación para esta fuente de variabilidad.

Considerando el coeficiente de determinación (R^2), se puede establecer que el 97.56% de variación de la respuesta es explicada por el modelo seleccionado. Dado que este valor es cercano al 100%, se puede afirmar nuevamente que el modelo es altamente significativo, siendo además suficiente para representar la relación existente entre las respuestas (contenido calórico) y las variables estudiadas (% harina extruida de cañihua, tejido adiposo de vacuno y carne de alpaca).

Corzo y Centeno (2003) Considerando el coeficiente de determinación (R^2), Por lo tanto se puede considerar que los modelos obtenidos sirven para predecir.

Esta interpretación coincide con la presentada por Salazar (2005) para dicho coeficiente con referencia al coeficiente de determinación ajustada (R^2_{adj}), cabe mencionar que algunos autores tales como Yu-Long y Han-Hu (2004), lo utilizaron en lugar de R^2 como una medida de la bondad de ajuste de la ecuación de regresión a las observaciones experimentales, mencionado que cuando su valor es cercano a 1, el grado de correlación entre los valores observados y los predichos por el modelo es alto.

Cuadro 10: Análisis de Varianza (ANVA) de la Ecuación de Regresión para el Contenido Calórico de Hamburguesas

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Valor F	Prob > F
Modelo	12542.13	5	2508.43	80.05	< 0.0001
Falta de ajuste	213.37	5	42.67	2.13	0.2125
Error puro	99.97	5	19.99		
Total	12855.48	15			

C.V=3.51, desviación estándar (SD)=5.60, $R^2=0.9756$; $R^2_{adj}=0.9634$

Con respecto al coeficiente de la ecuación, estos fueron analizados mediante la prueba de F de Fischer, con la finalidad de eliminar aquellos que no presentan significancia estadística (nivel de significancia $\alpha = 0.05$), los resultados se muestran en el Cuadro 11.

Se puede afirmar que todo los coeficientes del término lineales x_1 , x_2 , x_3 y las interacciones x_2x_3 , fueron significativos al 95% de nivel de confianza siendo estas de influencia en el contenido calórico de la mezcla; en cambio, los términos x_1x_2 y x_1x_3 no son significativos al 95 %.

Montgomery (2002) utilizo modelos cuadráticos que se ajustaron muy bien a las diferentes respuestas.

Cuadro 11: Análisis de varianza de los coeficientes de la ecuación de regresión para el contenido calórico de las hamburguesas

Término del modelo	Coefficiente estimado	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor F	Prob > F
Lineales	$x_1 = -4.296$ $x_2 = 0.155$ $x_3 = -18.399$	11699.38	2	5849.69	186.69	< 0.0001
x_1x_2	0.110	69.89	1	69.89	2.23	0.1662
x_1x_3	0.08176	104.97	1	104.97	3.35	0.0971
x_2x_3	0.35033	539.85	1	539.85	17.23	0.0020

$x_1 = \text{HECH}$, $x_2 = \text{carne de alpaca}$, $x_3 = \text{tejido adiposo de vacuno}$

4.1.5 EFECTOS DE LOS INGREDIENTES SOBRE EL CONTENIDO CALÓRICO

La Figura 18 representa la superficie de respuesta. Correspondiente a la ecuación (26) donde el contenido calórico se grafica en relación a los niveles de los ingrediente x_1 , x_2 , x_3 . Siendo el objetivo brindar una visión panorámica de la variación de contenido calórico en función a los ingredientes (harina extruida de cañihua (x_1), carne de alpaca (x_2) y tejido adiposo de vacuno (x_3)). Para ayudar a visualizar la forma de una superficie de respuesta, con frecuencia se grafica los contornos de la superficie respuesta (Figura 19) el ploteo del contorno de la superficie respuesta muestra las líneas de respuesta (contenido calórico) en el plano x_1 , x_2 y x_3 . Cada contorno corresponde a una altura particular de la superficie de respuesta.

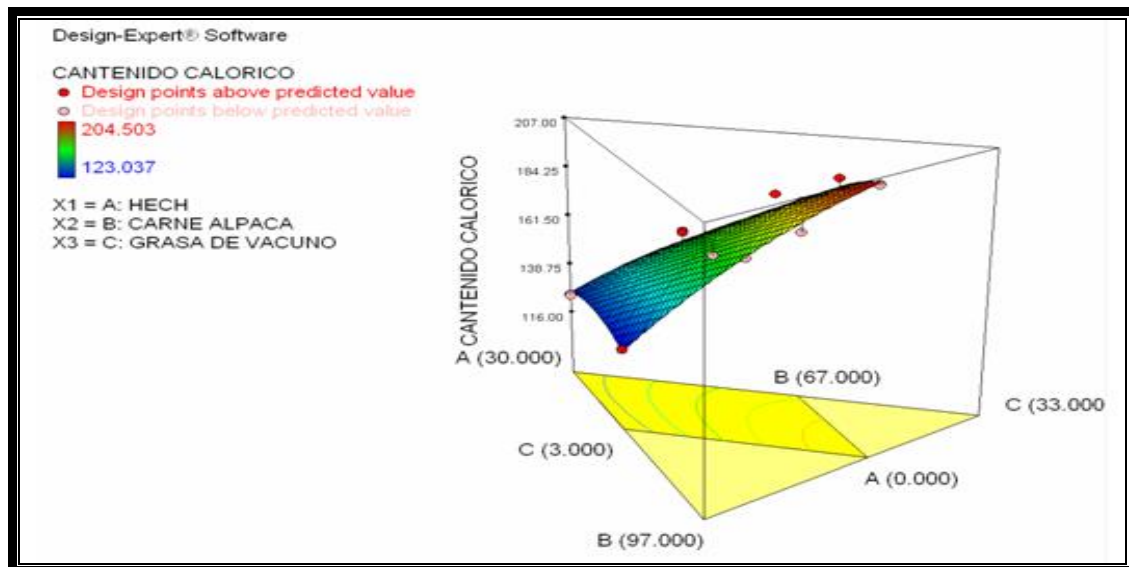


Figura 18: Superficie de respuesta para el contenido calórico de hamburguesa en función al porcentaje de harina extruida de cañihua hidratada (HECH) (X1), carne de alpaca (X2) grasa de vacuno (X3)

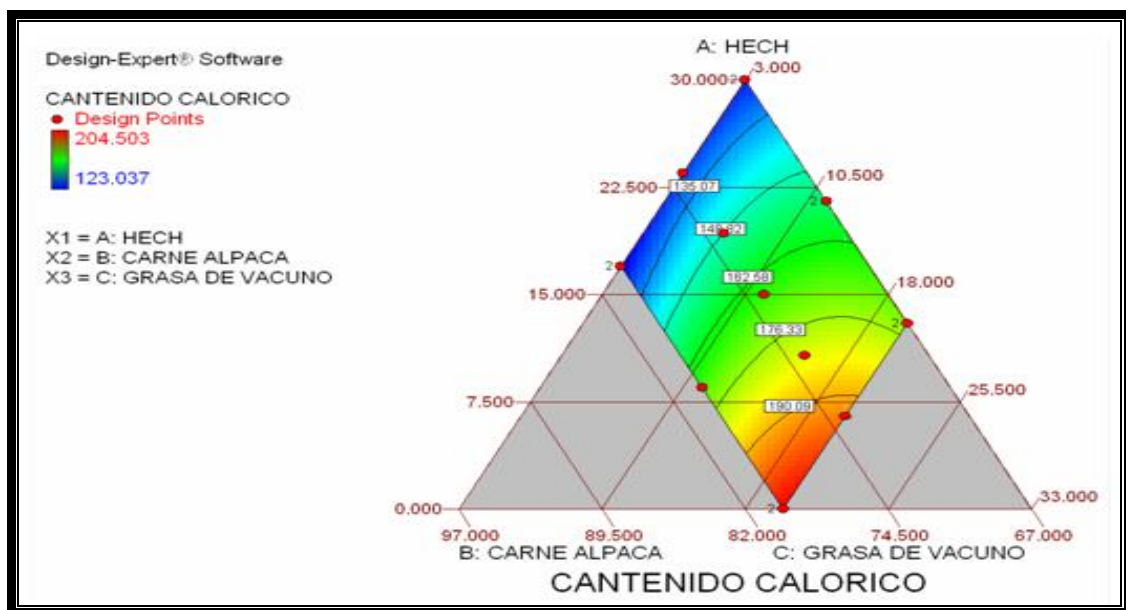


Figura 19: Ploteo de contornos de la superficie de respuesta para el contenido calórico de hamburguesas de alpaca.

En la figura 20, con la finalidad de analizar detalladamente la influencia de los tres ingredientes estudiados, se consideraron los denominados “Trazo de Cox” .

La harina extruida de cañihua presenta un trazo horizontal, es decir no tiene influencia alguna, siendo clasificada como un ingrediente inactivo; esta situación se sustenta en el hecho de que la harina extruida de cañihua tiene un aporte calórico mínimo (Luna, 2005).

El tejido adiposo de vacuno posee un gran efecto sobre el contenido calórico, incrementando el valor del mismo a medida que su porcentaje en la mezcla aumenta (trazo de Cox muy inclinado hacia la izquierda). Esto se debe a que dicho ingrediente tiene un alto contenido de grasa (91 %), la misma que posee el valor energético mas elevado entre los principios nutritivos principales; aproximadamente 9 Kcal/g (Leseigneur-Meyner y Gandeme, 1991).

En el caso de la carne de alpaca el efecto que ejercen sobre el contenido calórico es leve, debido a que la línea trazada es mucho menos inclinada que la de tejido adiposo

(Trazo de Cox inclinado leve hacia la izquierda), conforme se incrementa su nivel dentro de la mezcla o formulación el Trazo sigue siendo de leve inclinación hacia la izquierda. Se dice, que la carne de alpaca tiene menor contenido calórico debido a su mínimo contenido graso (Calle, 1982). Asimismo, la carne de alpaca es considerada una carne con menor energía en comparación con las otras carnes roja (DIRESA, 2005).

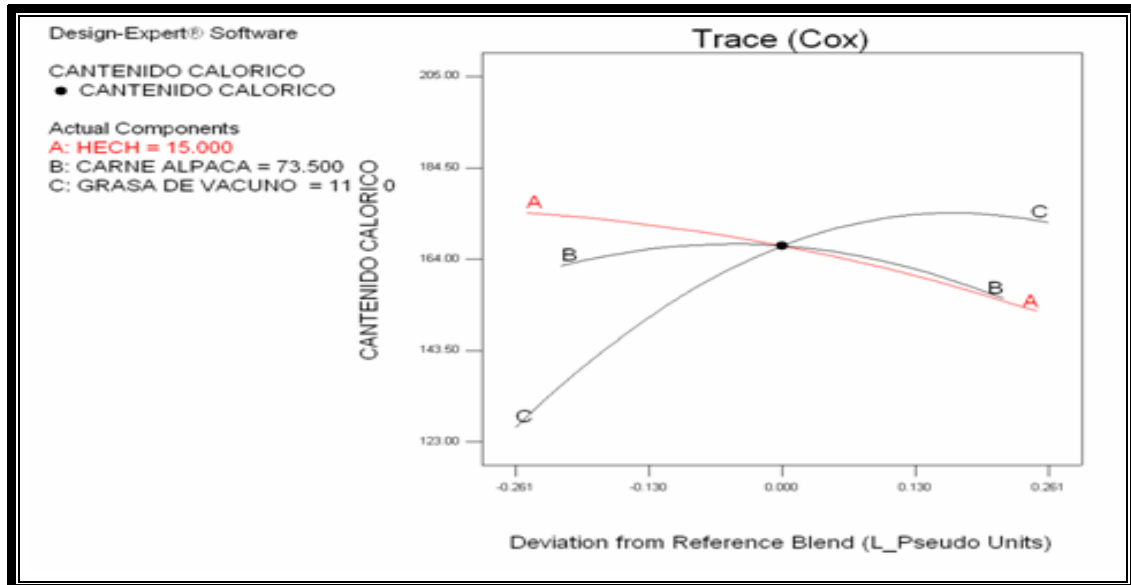


Figura 20: Trazos de cox para evaluación del efecto de cada ingrediente sobre el contenido calórico de las hamburguesas de carne de alpaca

4.1.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO NIVEL DE AGRADO

Los resultados del análisis de varianza se muestran en el Cuadro 12.

Cuadro 12: Análisis de varianza (ANVA) de la ecuación de regresión para nivel de agrado de hamburguesas

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Valor F	Prob > F
Modelo	6.08	5	1.22	4.04	0.0288
Falta de ajuste	2.49	5	0.50	4.86	0.0539
Error puro	0.51	5	0.10		
Total	9.08	15			

C.V =5.656, desviación estándar (SD)=0.55, $R^2=0.669$ $R^2_{adj} = 0.5035$



Los resultados del análisis de varianza muestran que el modelo, describe una relación estadística significativa entre el nivel de agrado y los ingredientes (harina extruida de cañihua, carne de alpaca y tejido adiposo de vacuno). Como se puede apreciar, el modelo propuesto fue significativo al 95 %, debido a que su valor F calculada (4.04) resulto superior en comparación con los valores tabulados $F_{(5,10,\alpha=0.05)} = 3.33$. Estos modelos mostraron una falta de ajuste, resultando no significativo ($P < 0.05$); dado que para esta fuente de variación se registró un valor F (4.86) en comparación con los valores tabulados $F_{(5,5,\alpha=0.05)} = 5.05$; así mismo, considerando la suma de cuadrados del error puro, se puede inferir que debido a su bajo valor en comparación con la suma de cuadrados total, el experimento tuvo buena reproducibilidad.

De acuerdo al coeficiente de determinación (R^2), el 66.9% de variación de la respuesta fue explicada por el modelo seleccionado. Por otro lado, teniendo en cuenta el coeficiente de determinación ajustada (R^2_{adj}), cuyo valor fue igual 50.35 %, fue posible establecer que el modelo de la ecuación (27) se ajusto de manera adecuada a los datos experimentales referidos en el Cuadro 13.

En referencia al coeficiente del modelo estimado, estos fueron analizados mediante la prueba de F de Fischer, con la finalidad de eliminar aquellos que no presentan significancia estadística (nivel de $\alpha = 0.05$). El Cuadro 13 resume los resultados de dicho análisis.

Estudios realizados por Gutierrez *et.al.*, (2008) menciona la influencia del porcentaje de adición de diferentes harinas extruidas para determinar cuan aceptable es su producto utilizando el mismo modelo cuadrático

Cuadro 13 Análisis de varianza de los coeficientes de la ecuación de regresión para el nivel de agrado de las hamburguesas

Termino del modelo	Coefficiente estimado	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor F	P valor Prob > F
Lineales	$x_1 = 0.60877$ $x_2 = 0.19960$ $x_3 = 0.57530$	3.45	2	1.72	5.73	0.0219
x_1x_2	-0.012152	0.85	1	0.85	2.83	0.1234
x_1x_3	6.96566E-003	0.76	1	0.76	2.53	0.1425
x_2x_3	-0.012562	0.69	1	0.69	2.31	0.1596

x_1 =harina extruida de cañihua hidratada(HECH), x_2 =carne de alpaca, x_3 =grasa de res

Utilizando el criterio mencionado por Cornell (2002), de que cuando el valor p es mayor a 0.05 (dependiendo del nivel de significancia escogido), el valor coeficiente asociado a dicho valor resultado no significativo; mientras que el valor p es menor a cualquiera de los valores antes referidos, la significancia del coeficientes en cuestión queda establecida, se puede afirmar que todo los coeficientes analizados no son significativos al 95% de nivel de confianza pues su valor p es superior a 0.05.

Conviene señalar finalmente que, autores tales como Huor et al. (1980); Moskowitz (1981); Torres et al. (1994); Iop *et al.* (1998); Elías (2002) y Salazar (2005); proponen también un modelo cuadrático para describir la variación del nivel de agrado de un producto alimentario, en función de los porcentajes de determinados ingredientes del mismo.

4.1.7 EFECTOS DE LOS INGREDIENTES SOBRE EL NIVEL DE AGRADO

Son representadas por la superficie de respuesta correspondiente a la ecuación (27) se muestra en la Figura 21, dónde el nivel de agrado se grafica en relación a los niveles de los ingrediente x_1 , x_2 y x_3 ; cuyo objetivo es brindar una visión panorámica de la variación de nivel de agrado en función a los ingredientes (harina extruida de cañihua (x_1), carne de alpaca (x_2) y tejido adiposo de vacuno (x_3)).

En la Figura 22, se muestra el gráfico de contorno que ayuda a visualizar la forma de una superficie de respuesta, el ploteo del contorno de la superficie respuesta (gráfico bidimensional) muestra las líneas de respuesta (nivel de agrado) en el plano x_1 , x_2 y x_3 . Cada contorno corresponde a una altura particular de la superficie de respuesta.

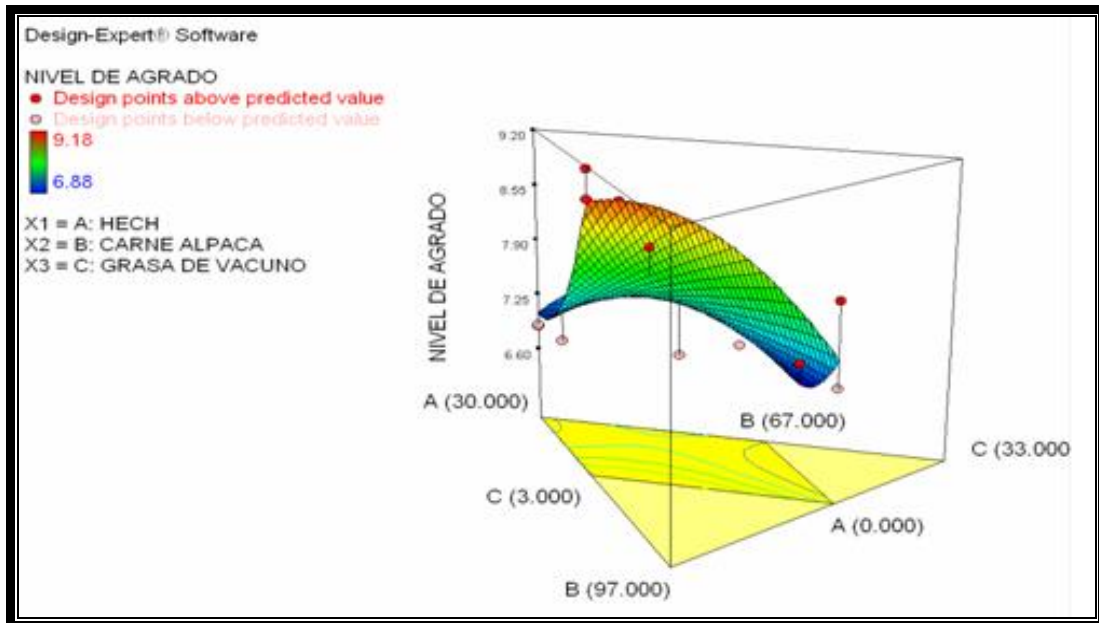


Figura 21: Superficie de respuesta para el nivel de agrado de hamburguesa en función al porcentaje de harina extruida de cañihua hidratada (HECH) (X1), carne de alpaca (X2) grasa de vacuno (X3)

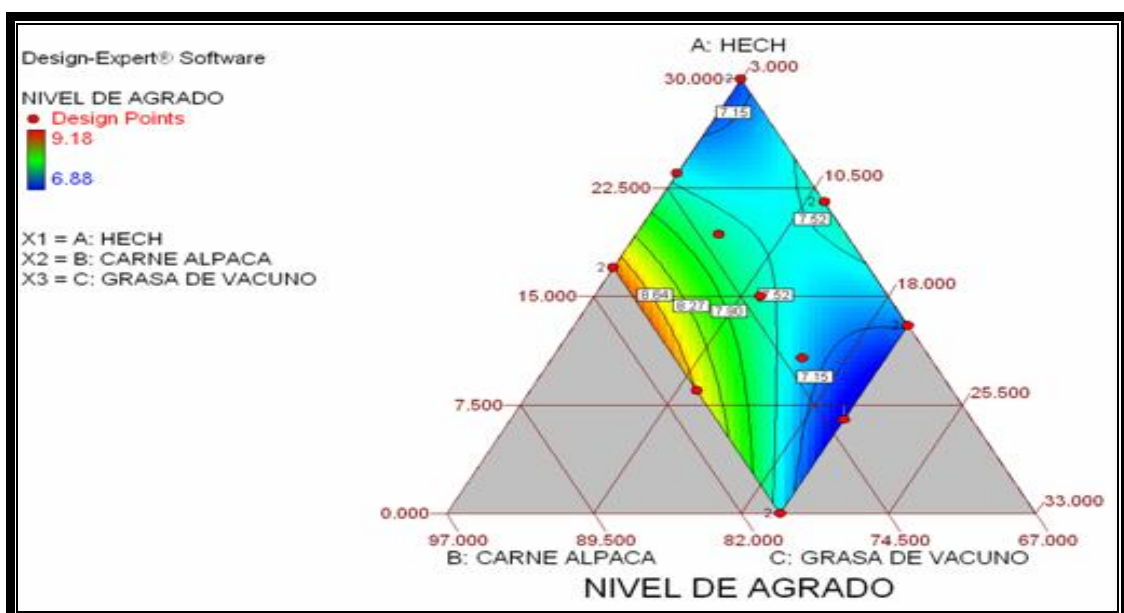


Figura 22: Ploteo de contornos de la superficie de respuesta para el nivel de agrado de hamburguesas de alpaca.



Con la finalidad de analizar detalladamente la influencia de los tres ingredientes estudiados, se consideraron los denominados “Trazo de Cox” para cada uno de ellos, presentados en la Figura 23.

Considerando el efecto de la harina extruida de cañihua, se puede establecer que su incremento en la mezcla desfavorece en el nivel de agrado debido a que el Trazo de Cox es inclinado hacia la izquierda, bajos porcentajes no tienen mayor influencia; pero conforme se incrementa el nivel de harina extruida de cañihua presente en la mezcla, el nivel de agrado disminuye. Esto último, se debe de acuerdo a lo señalado por Person y Dultson (1997), a un efecto de dilución de componentes responsables del sabor; consecuencia de la mayor cantidad de agua añadida a las formulaciones.

Respecto al efecto de carne de alpaca, se puede establecer esta es muy alto pues el Trazo de Cox asociado a este ingrediente presenta una inclinación muy pronunciada a la derecha. En tal sentido, conforme aumenta el porcentaje de carne de alpaca presente en la mezcla, el nivel de agrado se incrementa este hecho se justifica pues de acuerdo a Cheftel y Cheftel (2000). La transformación a la que se somete las carnes no solo consigue hacerla menos percederas si no mas agradables al paladar.

Con referencia a la grasa de vacuno, el efecto que ejerce sobre la respuesta es también considerable, aunque opuesto al de la carne de alpaca (Trazo de Cox con una inclinación hacia la izquierda); de esta forma la disminución de porcentajes de este ingrediente provoca una disminución de nivel de agrado. Pearson y Dutson (1997), refiere que: “la grasa contribuye considerablemente a la apariencia, textura y sabor en alimentos; atributo que determina la aceptabilidad de los mismos”. Muchos autores

coinciden al afirmar que las hamburguesas con mayor proporción de grasa, resultan más aceptable que aquellas de mayor magrez, ya que la grasa aporta mayor sabor a estos productos (Berry, 1992). Este último hallazgo coincide con el de Mansour y Khalil (1999), quien utilizando diferentes niveles de fibra de trigo como sustitutos de grasa, tampoco encontraron diferencias significativas en el sabor de diferentes carnes para hamburguesas “bajas en grasa” (4 a 12 %). El ligante juega un papel importante en este aspecto.

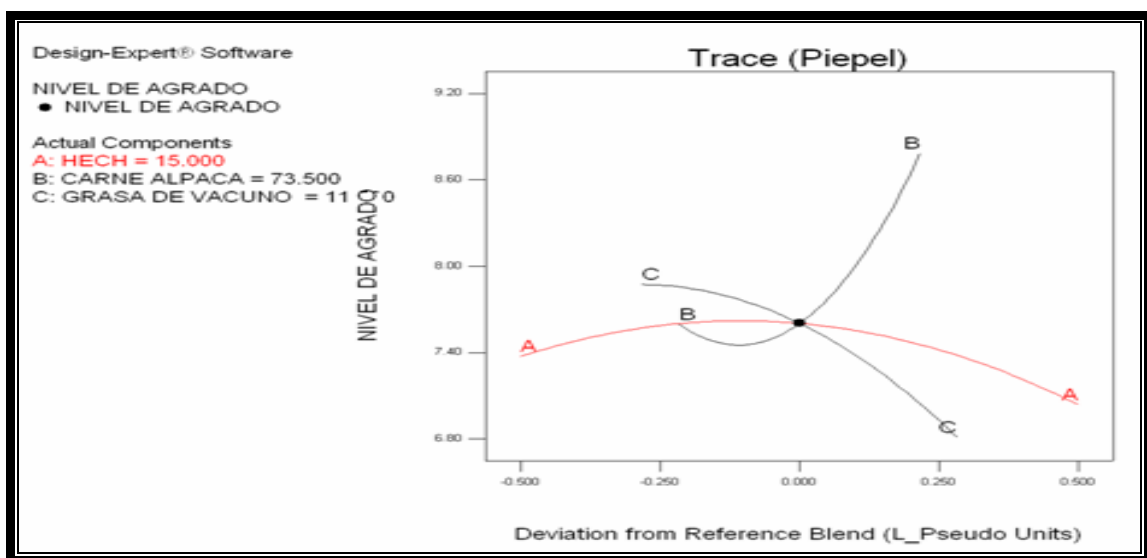


Figura 23: Trazos de Cox para evaluación del efecto de cada ingrediente sobre el nivel de agrado de las hamburguesas de carne de alpaca.

4.2. OPTIMIZACIÓN SIMULTÁNEA DE RESPUESTAS

Luego de obtenidos los modelos matemáticos para cada uno de las respuestas estudiadas, se realizó la optimización simultanea de las mismas, El objetivo de dicha optimización fue encontrar aquella mezcla que cumpliera de la mejor forma con determinadas restricciones impuestas sobre cada una de las respuestas. Las restricciones referidas fueron establecidas en base a los resultados observados para la hamburguesa comercial, de composiciones similares a las formulaciones estándar que dio origen al



diseño experimental del presente trabajo (harina extruida de cañihua, carne de alpaca y grasa de vacuno). Según la opinión del personal que labora en las tiendas (Negolatina, mercado centra de la ciudad de Puno) el producto (hamburguesa) que tiene mayor venta es la SEGOVIANA, el cual tiene las siguientes características: contenido proteico 12.71 %, contenido calórico 138.29 Kcal/100g de hamburguesa, y un nivel de agrado 7.3. En tal sentido, la formulación seleccionada como optima debe contar con las siguientes características:

- Contenido proteico: mayor o igual a 12.71 %.
- Contenido calórico: menor o igual a 138.29 Kcal/100g de hamburguesa.
- Nivel de agrado: mayor o igual a 7.3 cuyo valor fue determinado por un análisis sensorial.

En la figura 24, se observa la superposición de tres superficies de respuesta (contenido proteico, contenido calórico y nivel de agrado), donde se muestra el contorno con la siguiente referencia: contenido proteico (mayor o igual a 12.71 %), contenido calórico (menor o igual a 138.29Kcal/100g de hamburguesa), nivel de agrado (mayor ó igual a 7.3 (%)). La región factible para este producto es el área de color amarillo, el cual se ubica a un extremo de la figura donde existen varias formulaciones, que cumplen con los parámetros óptimos (contenido proteico, contenido calórico y nivel de agrado).

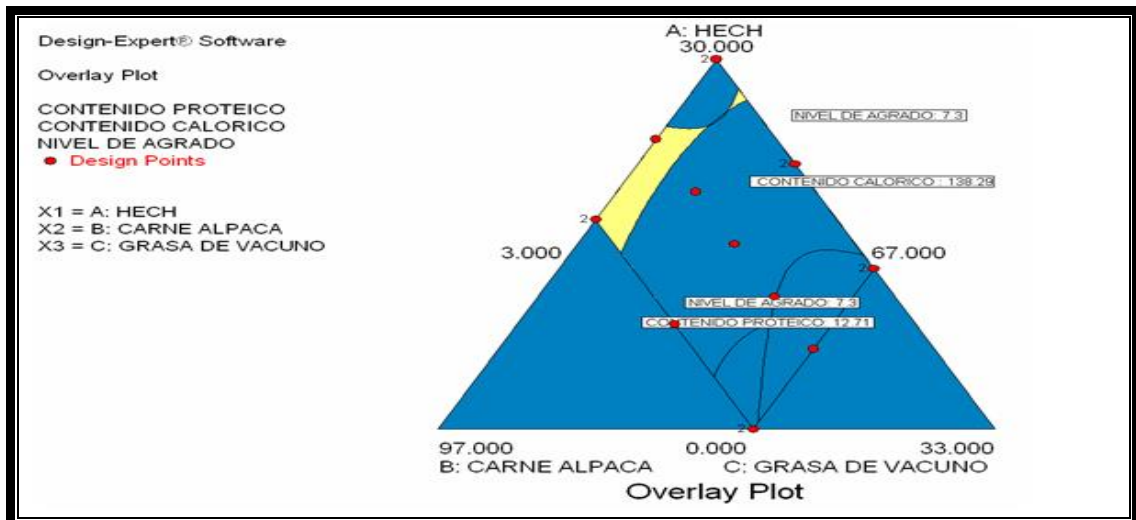


Figura 24: Zona de formulación factible obtenida a partir de las restricciones sobre las respuestas

En la zona delimitada como factible, se encuentra una serie de formulaciones que cumplen con todas las restricciones propuestas y que son tomadas como referencia de la muestra comercial. Para poder determinar la formulación óptima, se toma la referencia citada por Cornell (2002), donde menciona la aplicación de las ecuaciones de deseabilidad. Por lo tanto, las funciones de deseabilidad para cada respuesta fueron las siguientes:

$$\text{Maximizando el contenido proteico. } d_1 = \begin{cases} 0 & \hat{y}_1 \leq 12.71 \\ \left[\frac{y_1 - 12.71}{20.24 - 12.71} \right]^1 & 12.71 < \hat{y}_1 < 20.24 \\ 1 & \hat{y}_1 \geq 20.24 \end{cases}$$

$$\text{Minimizando el contenido calórico. } d_2 = \begin{cases} 0 & \hat{y}_2 \geq 138.29 \\ \left[\frac{y_2 - 138.29}{123.04 - 138.29} \right]^1 & 123.04 < \hat{y}_2 < 138.29 \\ 1 & \hat{y}_2 \leq 123.04 \end{cases}$$

$$\text{Maximizando el nivel de agrado. } d_3 = \begin{cases} 0 & \hat{y}_3 \leq 7.3 \\ \left[\frac{y_3 - 7.3}{9.18 - 7.3} \right]^1 & 7.3 < \hat{y}_3 < 9.18 \\ 1 & \hat{y}_3 \geq 9.18 \end{cases}$$

Luego de aplicar las ecuaciones de deseabilidad, considerando las restricciones y funciones de deseabilidad, se obtuvieron tres soluciones; cuyos resultados se presentan en el Cuadro 14

Cuadro 14: Composición y características de la mezcla obtenida tras la optimización simultánea de respuestas

Formulaciones	Composición			Características			D*
	Harina extruida de cañihua x_1 (%)	Carne de alpaca x_2 (%)	Tejido adiposo de vacuno x_3 (%)	Contenido proteico (%)	Contenido calórico (Kcal./100g de hamb).	Nivel de agrado	
Formulación 1	17.00	80.00	3.000	16.60	122.18	8.86	0.754
Formulación 2	20.930	76.07	3.000	16.72	127.09	7.87	0.492
Formulación 3	17.195	67.00	5.805	16.08	136.56	7.34	0.127

*D= deseabilidad global.

De acuerdo a los datos presentados en el Cuadro 13, la mezcla con mayor deseabilidad resulto siendo la formulación 1, dicha muestra se considera como óptima, porque tiene un valor de deseabilidad global igual a 0.754 y es mayor en relación a las demás formulaciones. Cornell (2002), menciona que el valor máximo de deseabilidad (D) puede ser considerado como el valor más elevado del intervalo 0 a 1. Como se puede apreciar, esta formación cumple con todas las restricciones impuestas, además de tener un mayor nivel de agrado, menor contenido calórico (reducción del 11.65 %) en comparación con el producto comercial. En cuanto al contenido proteico, los resultados fueron similares a las demás formulaciones.

Por otro lado, la mezcla denominada formulación 2 que también cumple con todas las restricciones impuestas, presentan igual porcentaje de grasa, menor porcentaje de carne y mayor porcentaje de harina extruida de cañihua, debido a ello presenta un contenido calórico ligeramente mayor que la formulación 1; siendo uno del factor determinante en la elección como formulación óptima.

Por todo ello, la formulación seleccionada como óptima para el presente trabajo de investigación, correspondió a la mezcla denominada formulación 1; que representa la formulación experimental denominada F11 y F16, que está constituido por el porcentaje más bajo de tejido adiposo de vacuno.

4.3. CARACTERIZACIÓN DE LA FORMULACIÓN ÓPTIMA

4.3.1 CARACTERÍSTICAS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA PROXIMAL

La caracterización del producto correspondiente a la formulación óptima y su comparación con la muestra correspondiente al del producto comercial, se muestra a continuación.

Cuadro 15: Composición química proximal de las muestras de hamburguesa de la formulación óptima y del producto comercial.

Tipos de hamburguesa	Humedad X±S	Proteínas X±S	Grasas X±S	Cenizas X±S	HECH X±S
Formulación óptima	73.59±0.14	16.51±0.46	5.08±0.095	1.99±0.17	17.01±0.01
Producto comercial	60.13±0.11	12.71±0.015	12.40±0.036	1.80±0.025	

X: Promedio de tres repeticiones. S: desviación estándar.

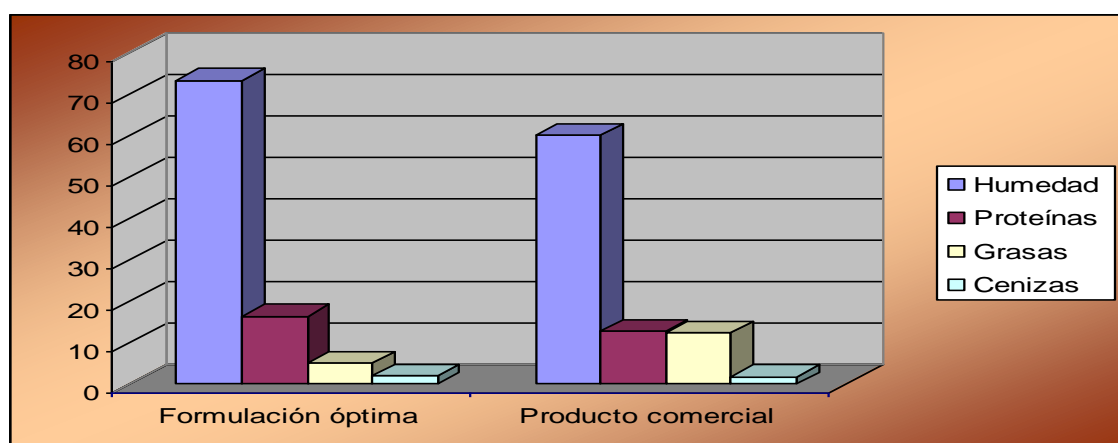


Figura 25: Composición química proximal de hamburguesa óptima y muestra comercial.



Al representar gráficamente los resultados, el contenido de humedad para la hamburguesa de formulación óptima es de 73.59 %, mientras que para la hamburguesa comercial (Segoviana) es de 60.13 %. Al efectuar la comparación, demuestra que los resultados tienen una marcada diferencia, esto debido al hielo y al 80 % de carne de alpaca presente en la muestra óptima. Según Elías et al (2000), estos componentes (hielo y carne) en proporciones adecuadas, dan a la muestra una buena emulsión. Asimismo, las proteínas no cárnicas pueden servir como reemplazantes de grasa, gracias a su habilidad para retener agua y formar geles. (Keeton, 1994; citado por Pearson y Dutson, 1997). En cuanto a los resultados de análisis de varianza para humedad, encontramos que existe diferencia estadística significativa ($P < 0.05$), lo que demuestra que las hamburguesas presentan diferencia en su composición.

El resultado de proteína (Cuadro N° 15) para la hamburguesa de formulación óptima es de 16.51 %, mientras que para el producto comercial es de 12.71 %; al efectuar la comparación entre ambos productos, la formulación óptima presenta mayor proteína en relación a la muestra comercial, debido a que dicha muestra contiene harina extruida de cañihua y carne de alpaca en buena proporción. El rango de valores de proteína encontrado en este estudio, coincide con los valores reportados por Miller et al. (1993), en carne para hamburguesas bajas en grasa, con adición de agua y polifosfatos; y resulta mayor a los valores reportados por Piñero et al. (2005), que utilizó fibras solubles de avena de origen proteico, cuyos valores están por debajo de 13.75 % de proteína. Los resultados del análisis de varianza para proteína, a un nivel de significancia $P \leq 0.05$, resulto altamente significativo, demostrando que la formulación óptima tiene mejores ingredientes (mayor valor proteico) en relación al producto comercial.



En cuanto a los resultados de grasa, la hamburguesa de formulación óptima resultó con 5.08 % y la hamburguesa de producto comercial presentó el 12.40 % de grasa; al realizar la comparación entre ambos productos, se observa una marcada diferencia. Según la norma señalada por la Food and Drug Administration (FDA 1999), un alimento bajo en grasa es un alimento “Light”, de lo expresado se puede afirmar que la hamburguesa de formulación óptima cumple con la norma de la FDA y se encuentra en los parámetros de la USDA (1991), donde se afirma que el valor deseable en grasa para este tipo de producto es de 8 %, con el fin de mantener las características sensoriales (Troy et al., 1999). En cuanto al análisis de varianza para grasa, a un nivel de significancia $P \leq 0.05$, resultó altamente significativo lo que nos demuestra la diferencia entre los dos tipos de hamburguesa; con respecto al componente grasa.

Los resultados del porcentaje de ceniza para la hamburguesa de formulación óptima (1.99 %) y producto comercial (1.80 %), resultaron con una ligera diferencia; la adición de carne, harina extruida de cañihua y condimentos, lograron estandarizar la formulación óptima en cuanto a los niveles de ceniza. En estudios realizados por Piñero *et al.* (2005), sobre elaboración de hamburguesa con fibra soluble de avena, obtuvo 1.86% de ceniza, lo cual corrobora con los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación. Mientras que el análisis de varianza ($P < 0.05$) resultó no significativo, lo que demuestra que las hamburguesas de formulación óptima y comercial, tienen similares componentes que son determinantes para el porcentaje de ceniza.

4.3.2 CARACTERÍSTICAS DE COLOR

El color es un parámetro de la calidad de la hamburguesa de carne, determinante en la decisión de compra del consumidor final; para su determinación, se utilizó métodos químicos y físicos. En la cuadro 16, se expresa los valores de las coordenadas de L^* a^* b^* , y en la Figura 26 se representa gráficamente.

Cuadro 16: Valores de las coordenadas L^* , a^* , b^* de las hamburguesa optimizada y la hamburguesa comercial.

Producto	$L^* \pm S$	$+a^* \pm S$	$+b^* \pm S$
Hamburguesa optimizada	15.4752 \pm 0.0002	0.359 \pm 0.0002	0.3874 \pm 0.0002
Hamburguesa comercial	18.3746 \pm 0.0001	0.359 \pm 0.0001	0.4024 \pm 0.0001

S: desviaron estándar.

L^* : intensidad luminosa fisiológica.

Coordenada a^* : (índice de rojo-verde) donde rojo se expresa como +a y el verde como -a.

Coordenada b^* : (índice amarillo-azul) donde amarillo se expresa como +b y el azul como -b.

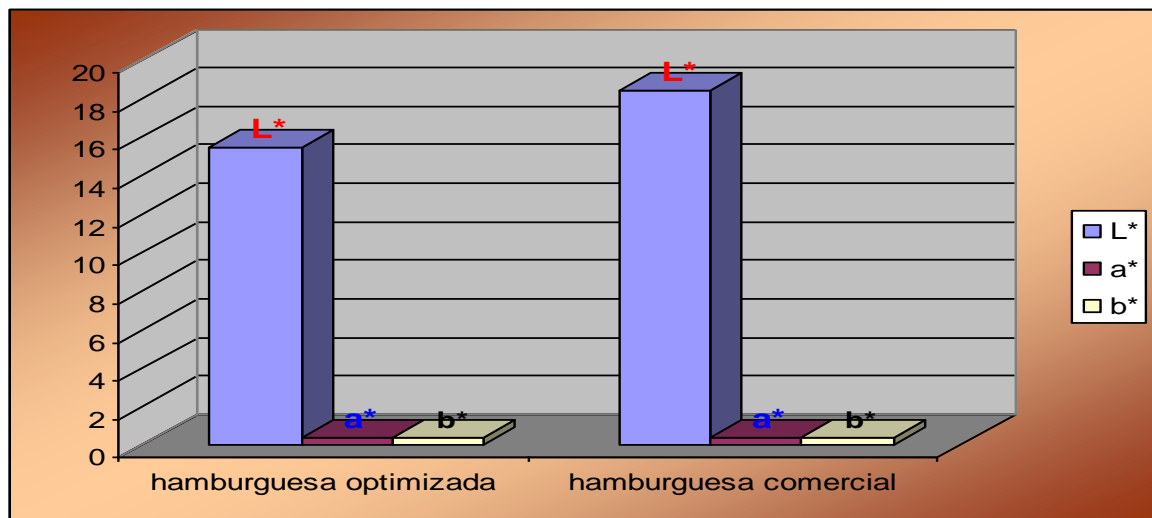


Figura 26: Coordenadas L^* a^* b^* de hamburguesa optimizada y muestra comercial

En la coordenada L^* (luminosidad) para la hamburguesa de formulación óptima (15.4752) y comercial (18.3746), las coordenadas resultaron con una diferencia. En cuanto al análisis de varianza a niveles de significancia de $P < 0.05$ resultó significativo, lo que demuestra que hay diferencia entre ellos. De acuerdo a los trabajos desarrollados



por Pérez-Álvarez *et al.*, (1998), Palombo y Wijngaards (1990) se puede apreciar que en productos cárnicos que cuentan con mayor contenido de grasa mayor es el L^* .

La coordenada $+a^*$ (índice de rojo a verde) no presenta diferencia significativa ($P < 0.05$), esto debido a que presenta la misma cromaticidad con el valor de $+a = 0.359$ para la muestra óptima y comercial; es por ello, que ambas muestras presentaron la misma tonalidad rojiza. En estudios realizados por Pérez-Álvarez *et al.*, (1998), en estudios similares a la presente investigación, se encontraron un mayor valor a^* en aquellas carnes con mayor contenido de mioglobina.

Las coordenadas $+b^*$ (índice de amarillo – azul) no presenta diferencia significativa ($P < 0.05$), ambas muestras resultan con similitud en cromaticidad, la muestra optimizada presenta 0.3874 y la muestra comercial 0.4024. Esto quiere decir, que la muestra comercial posee una tonalidad amarillenta mayor que la muestra optimizada.

Haciendo la comparación de ambas muestras, podemos decir que la muestra de formulación óptima presenta una tonalidad más oscura y menos amarillenta (menores valores de L^* y b) en comparación a la muestra comercial; el cual, resultó con una tonalidad rojo claro y con mayor tonalidad amarillenta (mayor L^* y valores de b más altos). Asimismo, Hedrick *et al.* (1994) refiere que una coloración roja brillante de la carne, es una coloración más atractiva al ojo del consumidor de la carne (menores valores de L , a y b).

4.3.3 CARACTERÍSTICAS DE PERFILES DE TEXTURA

En este apartado se comentan los resultados referentes a perfiles de textura que se presentan a continuación (Cuadro 17), en la Figura 27 se observa la curva de fracturas para la hamburguesa de formulación óptima y comercial.

Cuadro 17 Valores de Penetración para la Hamburguesa Optimizada y Hamburguesa Comercial

Tiempo (s)	Hamburguesa	
	Optimizada (mm)	Comercial (mm)
5	544	539
6	553	544
7	556	560
8	560	552
9	555	548
10	554	546

En el Cuadro 16, se aprecia que el punto de quiebre máximo en la muestra optimizada se presentó a un tiempo de 8 s provocando una deformación en 560 mm, mientras que la muestra comercial presento el punto de quiebre máximo en un tiempo de 7 s con la misma deformación que la muestra optimizada. Esto quiere decir, que la muestra optimizada tiene más dureza respecto a la muestra comercial.

La muestra de formulación óptima y comercial no presenta diferencias significativas ($P < 0.05$), con referencia a estos resultados, se demuestra que la formulación óptima presenta similar consistencia en los parámetros de textura, en relación a la muestra comercial.

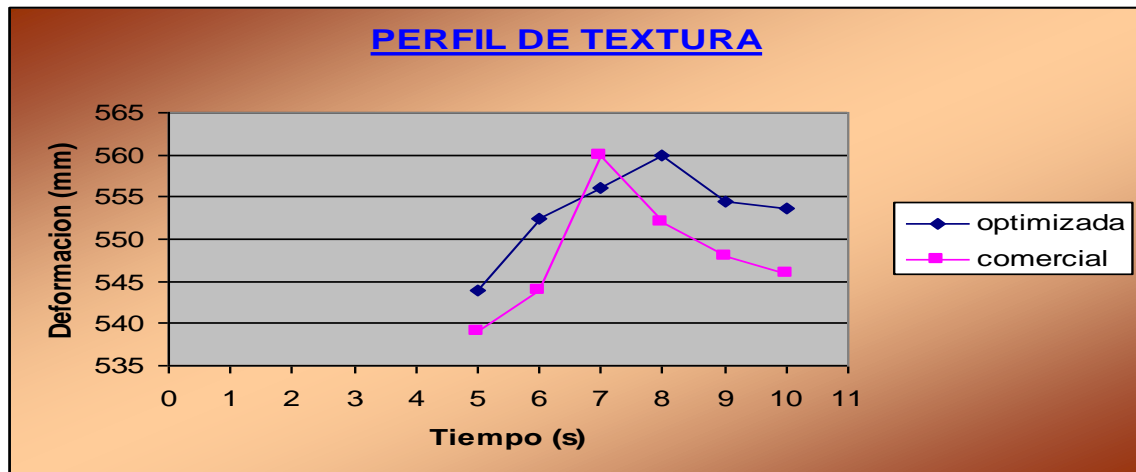


Figura 27: Curva de fractura en hamburguesas comerciales y optimizadas

En el Cuadro 17, se observa que la muestra comercial presenta menores valores de parámetros texturales que la muestra optimizada, debido a que presenta mayor contenido de agua y menor porcentaje de grasa. Al respecto, Grigelmo-Miguel et al. (1999); señala que la reducción de grasa o incremento de agua en una emulsión cárnica, dan como resultado una pasta cocida con menor calidad textural. Asimismo, Cavestany et al. (1994), citado por Fernández-López et al (2004); menciona que las variaciones en las características texturales de un producto cárnico pueden estar influenciadas por una variedad de factores tales como diferencias en las formulaciones, funcionalidad de las proteínas, concentración y características de las grasas entre otros.

Piñero et al. (2005), reportó que la sustitución de los tejidos grasos por fibra soluble de avena en productos cárnicos ligeros tipo “carne para hamburguesas”, presentaron en general atributos texturales semejantes a las hamburguesas testigos.

A medida que disminuye el nivel de grasa, con el incremento proporcional en el contenido de humedad en la formulación, se disminuye la dureza en hamburguesas de carne de alpaca, otros estudios encontraron el mismo comportamiento (Chin *et al.*, 1998; Hensley y Hand, 1995; Matulis *et al.*, 1995).

4.3.4 CARACTERÍSTICAS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN

Se determino los costos de producción para las 16 formulaciones planteadas en esta investigación tomando como consideración muestras de 500 g. Como se puede observar en el Anexo 08

Cuadro 18: Costos de producción de las 16 formulaciones experimentales

Formulaciones	HECH	Carne	Grasa	Costos de produccion(500g)
F1	0.00	80.00	20.00	4.214
F2	23.50	73.50	3.00	4.221
F3	10.75	73.50	15.75	4.147
F4	13.00	67.00	20.00	4.030
F5	15.00	73.50	11.50	4.172
F6	6.50	73.50	20.00	4.122
F7	0.00	80.00	20.00	4.214
F8	30.00	67.00	3.00	4.129
F9	21.50	67.00	11.50	4.080
F10	21.50	67.00	11.50	4.080
F11	17.00	80.00	3.00	4.313
F12	19.25	73.50	7.25	4.196
F13	8.50	80.00	11.50	4.264
F14	13.00	67.00	20.00	4.030
F15	30.00	67.00	3.00	4.129
F16	17.00	80.00	3.00	4.313

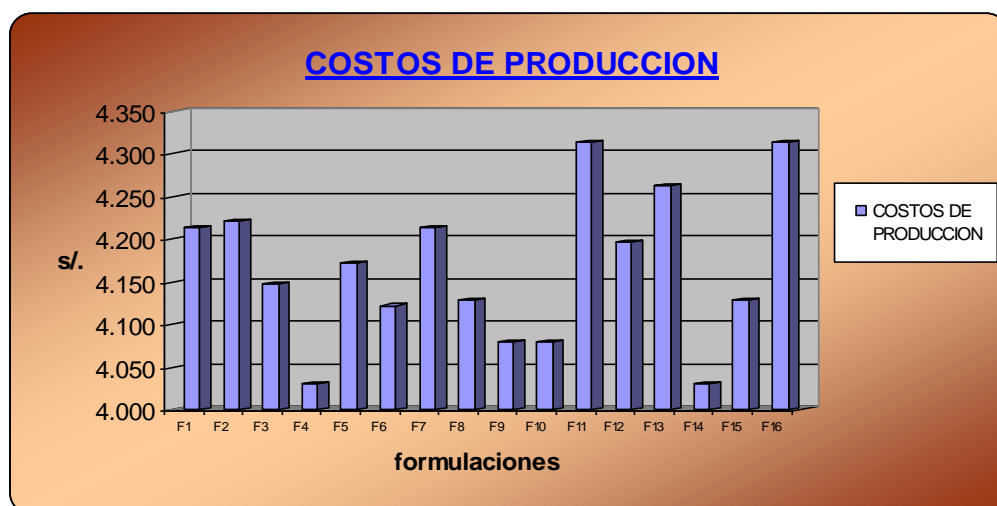


Figura 28: Costos de producción de las 16 formulaciones experimentales



En el Cuadro 17 y la Figura 28, se muestra la diferencia de los costos de producción de las 16 formulaciones planteadas en el presente trabajo de investigación; la diferencia de los costos que se observa en este cuadro, esta relacionada a la cantidad de insumos utilizados en la mezcla de cada muestra evaluada.

Como se puede inferir del cuadro 28, los costos de producción de las muestras F4 y F14 (S/ 4.030), comparadas con las formulaciones F9, F10 (S/ 4.080) y F8, F15 (S/ 4.129), tienen menor costo de producción; pese a que en dichas muestras tienen la misma cantidad de carne de alpaca (67%) en la mezcla, la diferencia de estos costos de producción radica en la incorporación de harina extruida de cañihua (HECH) y la reducción de tejido adiposo de vacuno. De ello se puede decir, que a mayor incorporación de harina extruida de cañihua, se elevarán los costos de producción de acuerdo a la reducción de tejido adiposo.

En las formulaciones F2 (S/ 4.221), F3 (S/ 4.147), F5 (S/ 4.172), F6 (S/ 4.122) y F12 (S/ 4.196); al igual que en el párrafo anterior, se observa que el total de dichas muestras presentan el mismo porcentaje de carne de alpaca (73.50 %), pero la formulación F2 es aquella que tiene mayor cantidad de harina extruida de cañihua (HECH) en comparación con las muestras F3, F5, F6 y F12; a la vez, el tejido adiposo de vacuno en la muestra F2 esta en un porcentaje menor al de la formulación F3, F5, F6 y F12; es decir, que la harina extruida de cañihua eleva los costos de producción, y que la influencia de el tejido adiposo es en menor influencia que el de la harina extruida de cañihua, en cuanto a costos de producción.

Así mismo, las muestras cuyas formulaciones tienen en su composición porcentajes de carne de vacuno de 80 % como son F1 y F7 (S/ 4.214), F13 (S/ 4.214),



F11 y F16 (S/ 4.313), presentan costos de producción mayores a las formulaciones antes mencionadas esto debido a que la carne tiene una influencia en los costos a medida que se incrementa la carne en la mezcla mayor es el costo de producción. Como se puede observar las formulaciones F11 y F16 (S/ 4.313) no solo la cantidad de carne a elebado los costos de producción si no también la harina extruida de cañihua, si no también porque tienen cantidad de harina extruida de cañihua ya que en este grupo muestra la mayor cantidad de harina extruida en la mezcla a la vez la menor incorporacion de tejido adiposo de vacuno.

La elección de la formulación óptima se basó en cumplimiento de restricciones en cuanto a contenido proteico, valor calórico y nivel de agrado; habiéndose determinado la formulación F11 y F16 como formulación óptima, el costo de producción en estas formulaciones es el más elevado en comparación al resto de formulaciones; se justifica por el hecho de que la muestra que ha sido elegida, tiene la catidad exacta de harina extruida de cañihua, y un considerable reducción de tejido adiposo.



CONCLUSIONES

Con los materiales, métodos empleados, y a partir de los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1. Mediante la aplicación del método diseño de mezclas, se logró obtener la formulación óptima en la incorporación de harina extruida de cañihua en formulaciones de hamburguesas de alpaca (*Vicugna pacos* L.), que contiene alto valor proteico de 16.60 % con niveles calóricos bajos de 122.18 Kcal./100g, características sensoriales aceptable 8.86 en una escala de 10, Que no modifica los hábitos de consumo.
2. Se determinó mediante análisis, la composición proximal de la formulación óptima, donde presentó una composición mayor humedad 73.59 %, proteínas 16.52 % ceniza 1.99 % y menor contenido grasa 5.08; con respecto al producto comercial de referencia.
3. se determinó el análisis de color CIE Lab, la hamburguesa de formulación óptima obtuvo un menor L* (luminosidad) 15.4752, +b*(color amarillo) 0.3874 e igual +a*(color rojo) 0.359; es decir, la muestra optimizada presentó una tonalidad más oscura y menos amarillenta en relación a la muestra comercial. Con respecto a los parámetros texturales, la formulación óptima presentó mayor dureza que la muestra comercial de referencia. En cuanto al sabor de la hamburguesa, la muestra de formulación óptima, en la prueba de satisfacción (nivel de agrado), alcanzó un valor de 8.86 ubicándose más cerca al intervalo “me agrada mucho” que la muestra comercial (7.3).
4. La hamburguesa de formulación óptima, presentó mayor costo de producción (s/. 4.3133) en comparación a las 16 muestras experimentales (con un peso de



500 g), y está justificada por el porcentaje de harina extruida de cañihua que se incorporó a su formulación.



RECOMENDACIONES

- Se ha demostrado que el método de diseño de mezclas es un método muy eficiente y sencillo de aplicar, por ello se recomienda realizar estudios en formulaciones de productos cárnicos, incorporando harina extruida de cañihua con el fin de reducir tejido graso, y potenciando los productos nutricionalmente.
- Realizar estudios de vida útil de hamburguesa obtenida como formulación óptima, para medir el deterioro de su composición proximal y sensorial.
- Elaborar hamburguesas con diferentes productos extruidos teniendo como parámetros la comparación de perfiles nutricionales.



BIBLIOGRAFÍA

- AMSA (American Meat Science Association, IL.). (1995). Research guidelines for cookery, sensory evaluation and instrumental tenderness measurements of fresh meat. Chicago. Amer. Meat. Sci. Assoc.
- AOAC (American Association of Official Analytical Chemist). (1990) Official Methods of Analysis of 13 ed., Washington, DC.
- Backer, M; Jacobson, L. (1995). Contabilidad de costos, un enfoque administrativo y de gerencia, McGraw Hill
- Barfield, J; Kinney, M. (2006). Contabilidad de costos, editorial Thomson Learning Ibero Business.
- Bello-Pérez LA, Osorio-Díaz P, Agama-Acevedo E, Núñez-Santiago C, Paredes-López (2002). Chemical, physicochemical and rheological properties of masas and nixtamalized corn flours. *Agrociencia*
- Berry, B. (1992) Effects of low fat levels on sensory, shear, cooking, and chemical properties of ground beef patties. *Journal Food. Sci.*
- Bourne, M. (2002). Rupture test vs small-strain test in predicting consumer response to texture. *Food Technology*. v 33.
- Cabrejos, M. (1986). Elaboración de Hamburguesas utilizando Carnes de Pollo. Tesis Ing. Industrial Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Calle, R. (1982). Producción y mejoramiento de la alpaca. *Banco Agrario del Perú*.
- Canales, D. (1982). Pastel De Carne Con Proteína Aislada De Soya. Tesis para optar Título De Ingeniero Alimentario UNALM Lima Perú



- Cornell, J. (2002). *Experiments With Mixture Designs Models And The Analysis Of Mixture Data Tirad*. Edition Johh Willey & Sons. Inc New York
- Costell, E. (1994). *Evaluación sensorial de la textura de los alimentos*. Rubes Editorial. Valencia, España.
- Corzo, O. Centeno, A. (2003) Superficie de respuesta de la transferencia de masa durante la deshidratación osmótica del melón (cucumis melo variedad edisto). *Universidad de Oriente, Núcleo de Nueva Esparta, Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar*, Departamento de Tecnología de Alimentos.
- Chand, N. (1986). Textural classification of foods based on Warner-Bratzler Shear. *Journal of Food Science and Technology*. v 23.
- Cheftel, J; Cheftel, H. (2000). *Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos*. Editorial acribia S.A. Zaragoza España.ca del melon
- Chin, K; Keeton, J; Longnecker, M; Lamkey, J. (1998). Functional textural and microstructural properties of low- fat bologna (model system) with a konjac blend. *Journal of food science*. v 63.
- Demonte, P. (1995). *Evaluación sensorial de la textura y búsqueda de correlaciones con medidas instrumentales. (Seminario de Textura y Reología de los Alimentos, CO)*.Universidad del Valle. Cali.
- Desmond, E.; Troy, D.; Buckley, D. (1998). The effects of tapioca starch, oat fibre and whey protein on the physical and sensory properties of low-fat beef burgers. *Lebensm. Wiss. u Technol*.
- Design-Expert, (2005). User's Guide. Version 7.1 for Windows. Stat-Ease, Inc. Minneapolis-U.S.A.



- DIRESA (Dirección Regional de Salud Puno). (2005). *tablas peruanas de composicion de alimentos*. 7 ed.
- DRA (Dirección de Información Agraria) (2007). Producción de alpaca
- Doval, Mirtha M. - Andreo, Alejandra A. - Romero, Ana M. - Sturla, M. - Judis, María A. (2000) Antioxidantes naturales en emulsiones cárnicas cocidas *Universidad Nacional Del Nordeste Comunicaciones Científicas y Tecnológicas*
- Duxbury, A. (2004). Dietary Fiber: Still No Accepted Definition. *Food Technology*. v 58.
- Elias, C; Salva, B; Chirinos, R. (2000). *Elaboración De Embutidos*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Elías, C. (2002). Aplicación del Método de Diseño de Mezclas en la Sustitución de Carne por harina Texturizada de Soya, en Cabanossi. *Tesis para optar el grado de Magíster Scientiae. Universidad Nacional Agraria La Molina*.
- Elías, C; Chirinos, R; Salvá, B. (2005). *Guía de Industrias Cárnicas*. Editorial Book.
- Egbert, R.; Huffman, D.; Chen, C.; Dylewski, D. (1991). Development of low- fat ground beef. *Food.Tech*.
- Espinosa, E. (2003). Evaluación sensorial de los alimentos. 1 ed. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- FAD (Food and Drug Administration, U.S.A.). (2005). The food label document. U.S.A.departanent of Health and human services Rockville, Maryland.(linea) consultados el 28 agst. 2008 disponible en : <http://vm.cfsan.fda.gov/label.html>.
- Fellows, P. (2000). Food processing technology: principles and practice. *New York: Cork. CRC Press*.



- Fernández-López, J; Sayas-Barberá, E; Sendra, E; Pérez-Alvarez, J. (2004). Quality Characteristics of Ostrich Liver Pâté. *Journal of Food Science*. v 69.
- Garnica, J. (1988). Niveles séricos de colesterol total en alpacas y llamas. Jornada Peruana de Bioquímica. Lima – Perú.
- Giese, J. (1995). Measuring physical properties of foods. *Food technol*. v 49.
- Gutiérrez-Dorado, Roberto; Cárdenas-Valenzuela, Oralia Guadalupe; Alarcón-Valdez, Claudia; Garzón-Tiznado, José Antonio; Milán-Carrillo, Jorge; Armienta-Aldana, Eduardo y Reyes-Moreno, Cuauhtémoc. (2008). Alimento para niños preparado con harinas de maíz de calidad proteínica y garbanzos extruidos. Interciencia.
- Giménez, C. (1995). *Costos para Empresarios*, Ediciones Macchi, Vazquez. Edit. Aguilar.
- Giraldo, D. (1999). *Contabilidad de Costos y Calidad Total. teoría practica* Tomo 1
- Griguelmo-Miguel, N; Abadías-Serós, M; Martín-Belloso, O. (1999). Characterisation of lowfat high-dietary fibre frankfurters. *Meat Science*. v 52.
- Hedrick, H; Aberle, J; Forrest, D; Judge, Y; Merkel, A. (1994). *Principles of Meat Science*. 3 rd. Kendall Hunt Publishing Co.
- Hoelscher, L.; Savell, J.; Harris, J.; Cross, H.; Rhee, K.; (1987). Effect of initial fat level and cooking method on cholesterol content and caloric value of ground beef patties. *J. Food. Sci.*
- Hensley, J; Hand, L. (1995). *Formulation and chopping temperature effects on beef frankfurters*. *Journal of food science*. v 60.



- Hunt, M; Acton, J; Benedictm, R; Calkins, C; Cornforth, D; Geremiah, L; Olson, D; Salm, C; Savell, J. (1991). guidelines for meta color evaluation . American Meat Science Association. Chicago.National Live stock and Meat Board.
- Huor, S; Ahmed, E; Raop, A; Cornell, J. (1980). Formulation of A Fruit Punsch Containing Watermelon Juice. Journal of Food Science U.S.A. v45.
- Iop, S; Silva, R; Beleia, A. (1999). Formulation and evaluation of dri dessert mex containing sweetener combinations using mixture response methodology. Food chemistry. Brazil. v66.
- Jacobson, M. (1972). Physical and chemical test of foofd quality. En. Paul, P.C. & Palmer, H.H. (eds). Food Theory and applications. New York.
- Johansson M; Agerhem, H; Magard, M; Tornberg, E. (1998). sensory quality in relation to maillar reaction products and other volatiles in fried beef patties. Proc.44 th ICOMST.
- Jimenez, F. (2000). Relevant factors in strategies for fat reduction in meat products. Trends in Food Sci and Tech. v 11.
- Kadwell, M; Fernández, H; Stanley, R; Baldi, J; Wheeler, R; Rosadio, M; Bruford, W. (2001). Genetic analysis reveals the wild ancestors of the llama and alpaca. Proceedings of the Royal Society of London. v268.
- Kramer, A. (1976). Use of color measurement in quality control of foods. Food Technology. v62.
- Leseigneur-Meyner, A; Gandemer, G. (1991). Lipid composition of pork muscle in relation to the metabolic type of the fibres . Meat science. v29.



- Lewis, M. (1993). Propiedades físicas de los alimentos y de los sistemas de procesado. España. editorial Acribia
- Luna, G. (2005). Efectos de proceso de cocción extrusión en la fracción indigestible, capacidad antioxidante y propiedades funcionales en 3 variedades de cañihua (*chenopodium pallidicaules aellen*) *tesis para optar el título de magíster scientiae. UNALM lima Perú.*
- LLACA D. (1994) Elaboración de Embutidos Tipo Mortadela Utilizando Carne de Alpaca (Lama Pacos) tesis para *optar título de Ingeniero Agrónomo con mención en Zootecnia*
- Mansour, E; Khalil, A. (1999). Characteristics of low- fat beefburgers as influenced by various types of wheat fibres. *J. Sci. Food. and Agri.* v79.
- Marin, J; Zapata, B; Gonzalez, B. (2007).Sistemática, taxonomía y domesticación de alpacas y llamas: nueva evidencia cromosómica y molecular. *Rev. chil. hist. nat.* v80.
- Matulis, R; Mckeith, F; Sutherland, J; Brewer, M. (1995). Sensory characteristics of frankfurters as effected by fat, salt and pH. *Journal of food science.* v 63.
- MINAG-DGIA (Compendio Estadístico Agrario 1994-2005)
- Miller, M; Andersen, M; Ramsey, C; Reagan, J. (1993). Physical and sensory characteristics of low fat ground of beef patties. *J. Food. Sci.* v 58.
- Monreal–Revuelta, S; Fernández-Jiménez, J; Fernández, J; Sayas, M; Perz-Alvares, J. (2002). *Aspectos fisiológicos y nutritivos de los alimentos funcionales.* Alimentación, equipos y tecnología. v 21.



- Montgomery, D. (2002). Diseño de análisis de experimentos. 2ed. Editorial Limusa Wiley.
- Moskowitz, H. (1981). Relative importace of perceptual factors to consumer acetance : lenea vs .quadratic analisis. jurnal of food science. U.S.A. v46.
- Mujica, A; Dupeyrat, R; Jacobsen, S; Marca, S; Canahua, A; Vidal, F; Aguilar, P; Ortiz, R; Chura, E. (2002). La Cañihia (*chenopodium pallidicaule* Aellen) en nutrición humana del Perú. editorial universa UNA Puno.
- Palombo, R; Wijngaards, G. (1990). Characterization of changes in psychometric colour attributes of comminuted porcine leal meta during processing. Meat Sci. v 28.
- Pearson, A; Dutson, T. (1997). Production and processing of healthy meat, poultry and fish products. Advances in Meat Research Series. First edition. v11. Chapman & Hall. Great Britain.
- Pedrero, D; Pangborn, R. (1996). *Evaluación Sensorial de los Alimentos Métodos Analíticos*. editorial alambra mexicana. México D.F.
- Peleg, M. (1976). Texture profile analysis parameters obtained by an instron universal testing machine. Journal of Food Science. v41.
- Perez-Alvarez, J; Fernandez-Lopez, J; Sayas-Barberá, E; Cartagena-Gracia, R. (1998). Caracterización de los parámetros de color de diferentes materias primas usados en la industria carnina. Eurocarmen nº 63
- Pérez S, Osella C, de la Torre M, Sánchez H. (2008). Efecto del mejoramiento proteico sobre los parámetros dealidad nutricional y sensorial de galletitas dulces (*cookies*) ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICION Organo Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición Vol. 58 Nº 4, Instituto de



Tecnología de Alimentos - Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe, Argentina

Piñero, C; Ferrer, M; Huerta-Leidenz, C; Katynna, C; Parra, Q; Araujo, R. (2005). Sensorial and Chemical Attributes of a Light Meat Product Formulated with Oat's Soluble Fiber; Revista Scientific, FCV-LUZ. v XV, N° 3.

Quevedo, S. (1977). Elaboración de Hamburguesas a base de músculo desintegrado de Merluza (*merluccius gayi peruanus*). Tesis para optar Título de Ing. Ind. Alim. UNALM. Lima-Peru.

Ranken, M. (2003). Manual de Industrias de la Carne. Primera Edición. Editorial Mundi – Prensa. Madrid – España.

Rastrelli, L; Saturnino, P; Schettino, O; Dini, A. (1995). “Studies on the Constituents of *chenopodium pallidicaule* (cañihua) Seeds, Isolation and Characterization of two New Flavonol Glycosides”. Journal agric food chem. v43.

Repo-Carrasco, R; Espinoza, C; Jacobsen, S. 2003. Nutritional Value and of The Andean Crops Quinoa (*chenopodium quinoa*) and Cañihua (*chenopodium pallidicaule*). Food Reviews International. v 19.

Salazar. A. (2005). Optimización de los Niveles de Sustitución de Tejido Graso de Cerdo por Inulina En Formulaciones De Paté Bajo En Grasa. *Tesis para Optar Titulo de Ingeniero Alimentario UNALM Lima Perú.*

SAS (SAS Institute Inc, US). (1998). SAS Introductory guide for personal computers. Versión 7.5.

Schiffner, E; Opel K; Lortzing, D. (1996). Embutidos Cocidos. En: Elaboración Casera de Carne y Embutidos. Editorial Acribia S.A Zaragoza España



- Sonco, L. (2005). Revista Potencial Nutritivo y Económico de la Quinoa Y Cañihua Club de Ciencias Carmelita. (linea) consultada 20 diciembre 2006. Disponible en www.ifeanet.org/biblioteca.
- Tapia, M. (1968). Cultivos Andinos. Boletín Técnico N° 1 Facultad De Ciencias Agrarias UNA Puno
- Tellez, J. (1992). Tecnología e Industrias Cárnicas. Tomo I y II. Editorial Artes Gráficas Espino. Lima – Perú.
- Torres, G; Garrido, F; Kaiser, S. (1994). Nuevas Posibilidades de Utilización de la Carne de Ovino. Desarrollo y Formulación de Productos de Cecinería. Revista de Alimentos, v19. N°2.
- Troutt, E.; Hunt, M.; Johnson, D.; Claus, J.; Kastener, C.; Kropf, D.; Stroda, S. (1992). Characteristics of low- fat ground beef containing texture- modifying ingredientes. J. Food. Sci.
- Troy, D; Desmond, E; Buckley, D. (1999). Eating quality of low-fat beef burgers containing fat-replacing functional blends. J. Sci. Food. Agric. v 7.
- Tunick, M. (2000). Rheology of dairy foods that gel, stretch, and fracture. Journal of Dairy Science. v 83.
- USDA (United State Departament Agriculture). (1991). Specifications for low- fat beef patties. Agric. Marketing Service. Washington. DC. Servicio de Investigación Agrícola de USDA.
- Van Lack, R; Solomon, M., (1995). The effect of posmortem temperatura on pork color and water holding capacity. En proc. 41 th ICOMST.



- Varnam, A; Sutherland, J. (1995). *Carne y Productos Cárnicos*. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza (España).
- Vtroy, D.; Desmond, E.; Buckley, D. (1999). Eating quality of low-fat beef burgers containing fat-replacing functional *blends*. *J. Sci. Food. Agric.*
- Warris, P. (1995). métodos para evaluar la calidad de la carne de cerdo tec. v2
- Wheeler, J. (1995). Evolution and present situation of the South-American Camelidae. *Biological Journal of the Linnean Society*. v52.
- Xiong, Y; Noel, D; Moody, W. (1999). Textural and sensory properties of low – fat beef sausages with added water and polysaccharides as affected by pH and salt. *Journal of food Science. U.S.A.* v64.
- Yu-long, GAO y Han-hu JLANG (2004). Efects study on food matrix on *Bacillus subtilis* by High Hydrostatic Pressure Inactivation; (collage of food science and technology, nanjing agriculture University, nanjing, china vol 25 n°6
- Zorogustua, J. (2004). Aplicación del Diseño De Mezclas en la Elaboración de Chorizo Ahumado Utilizando Carne de Alpaca (*Lama Pacos L.*) Y Carne de Cordero (*Ovis Aries*). *Tesis para optar Título De Ing. Indus. Alim. UNALM Lima Perú*



ANEXOS



ANEXO N^o 01: Análisis proximal



Universidad Nacional del Altiplano - Puno

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Ciudad Universitaria s/n – Telefax (051) 366080 – Casilla 291 e-mail: fea-una@eudoramail.com



LABORATORIO DE AGUAS, SUELO FERTILIZANTES Y ALIMENTOS

CERTIFICADO DE ANÁLISIS

SOLICITANTE: Bach. **JACQUELINE TALAVERA FLORES.**
PROCEDENCIA: Puno.
PRODUCTO: Hamburguesas de Carne de Alpaca.
ANÁLISIS SOLICITADO: determinación de humedad, Ceniza, Proteínas, Grasa, Valor Energético.
MUESTREO: por el interesado.

Consta por el presente certificado que el Bach. **JACQUELINE TALAVERA FLORES**, ha efectuado los análisis siguientes:

1. **HUMEDAD**
2. **CENIZA**
3. **PROTEÍNA**
4. **GRASA**
5. **VALOR ENERGÉTICO.**

Todos estos análisis se han realizado en el proceso final de elaboración del producto, siguiendo cada una de las variables en estudio planteada en el proyecto.

Puno, C.U, 15 de abril. 2008.





HECH ⁴	CARNE ⁵	GRASA ³	HUMEDAD (%)	CENIZA (%)	PROTEINA (%)	GRASA (%)	ENERGIA (Kcal./100g muestra)
0.000	80.000	20.000	61.460	1.230	11.65	10.86	203.54
			61.780	1.380	10.94	11.55	205.11
			60.140	1.170	12.66	10.02	204.86
23.500	73.500	3.000	73.120	1.380	18.45	5.87	131.35
			72.450	1.570	17.98	5.54	131.62
			72.520	1.600	17.79	5.69	131.97
10.750	73.500	15.750	65.170	1.100	12.48	10.84	189.12
			64.840	1.400	13.21	10.75	188.79
			65.350	1.400	12.13	10.91	187.55
13.000	67.000	20.000	68.120	1.270	15.32	11.68	180.84
			69.460	1.550	14.46	11.27	172.31
			68.000	1.130	13.98	11.14	179.18
15.000	73.500	11.500	70.460	1.450	15.29	8.97	157.21
			70.490	1.780	14.95	9.65	159.17
			70.490	1.430	15.64	9.73	160.97
6.500	73.500	20.000	63.890	1.240	12.43	12.13	200.13
			64.680	1.380	11.19	11.56	193.56
			63.570	1.420	12.48	11.68	198.44
0.000	80.200	20.000	60.490	1.290	10.89	10.35	204.63
			61.780	1.140	11.77	10.27	199.67
			61.510	1.350	11.51	11.86	207.86
30.000	67.000	3.000	74.650	2.380	19.71	6.86	126.18
			75.490	2.010	20.95	6.75	123.75
			75.340	2.350	20.06	6.91	123.79
21.500	67.000	11.500	72.280	1.420	18.15	11.35	161.95
			72.490	1.310	17.31	10.18	155.7
			72.130	1.280	17.62	10.46	158.66
21.500	67.000	11.500	72.160	1.520	17.49	10.56	158.08
			71.980	1.320	17.78	11.17	162.65
			72.290	1.140	17.63	10.24	157.48
17.000	80.000	3.000	73.460	1.980	16.58	4.98	123.14
			73.590	1.830	16.02	5.17	124.17
			73.730	2.170	16.94	5.08	121.8
19.250	73.500	7.250	70.560	1.690	15.23	6.89	145.45
			71.090	1.770	14.79	7.47	145.91
			71.890	1.980	14.58	6.95	139.27
8.500	80.000	11.500	67.310	1.950	12.92	9.16	168.76
			67.690	1.870	14.69	8.58	164.66
			67.450	1.760	13.54	9.97	173.01
13.000	67.000	20.000	71.980	1.860	14.88	11.35	161.39
			72.170	1.530	13.95	11.46	162.5
			71.712	1.970	14.39	12.17	166.122
30.000	67.000	3.000	75.160	2.350	19.48	6.68	123.36
			74.450	2.460	18.56	6.79	126.31
			75.680	1.970	19.47	6.61	122.45
17.000	80.000	3.000	72.970	1.980	16.59	5.31	126.75
			73.880	2.050	16.58	4.77	120.13
			73.900	1.930	16.87	5.28	123.08

Proporción

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS

Angel Gali Obregonista
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS



Procedimientos para determinación proximal de alimentos

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

a.- Materiales.

- Estufa
- Balanza electrónica.
- Luna de reloj
- Campana de desecación

b.- Procedimiento.

- Limpiar la placa Petri con alcohol, secar en estufa y enfriar en el desecador.
- Pesar la cantidad de muestra a evaluar.
- Extender la muestra en la base de la capsula.
- Secar en un horno desecador a 65 °C durante 24 horas.
- Después de este tiempo se coloca durante 30 minutos en un desecador
- Luego se procede a pesar para tener el reporte de la cantidad de agua.

c.- Expresión de resultados.

$$H = \left(\frac{m - m_1}{m}\right) \times 100$$

Donde:

H : Contenido de humedad en %

m : Peso inicial de la muestra en gramos

m₁ : Peso de muestra seca en gramos.



DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA

(Método de Micro-Kjeldahl, A.O.A.C. Oficial Meted 960.52)

a.- Reactivos

- H_2SO_4 concentrado
- K_2SO_4 - Cu SO_4 (cada 10 g de K_2SO_4 agregar 0,3 g de CuSO_4)
- NaOH 60 % ó alternativamente $\text{NaOH} - \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (disolver 60 g. de NaOH y 5 g. de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ y diluir a 100 ml).
- HCl 0,02 N (Solución valorada con NaOH según el método 936.16 de la A.O.A.C).
- H_3BO_3 4 % con 1 % v/v de solución indicadora.
- Solución indicadora: mezclar 2 partes de solución alcohólica de Rojo de Metilo: 0,2 % y una parte de solución alcohólica de Azul de Metileno: 0,2 %.

b.- Procedimiento:

- Pesarse una cantidad de muestra (100 mg de materia orgánica seca), que requiera aproximadamente 3 a 10 ml de HCl 0,02 N para su titulación.
- Transferirla cuantitativamente al balón de digestión, agregar 2 g de la mezcla $\text{K}_2\text{SO}_4 - \text{CuSO}_4$ y 2 ml de H_2SO_4 concentrado. Si la muestra pesada es mayor a 15 mg, adicionar 0,1 ml de H_2SO_4 por cada 10 mg de materia orgánica adicional. Agregar platos porosos, colocar el frasco en posición inclinada sobre la unidad digestora y calentar intensamente durante 1 hora o hasta obtener una solución límpida, color celeste sin manchas negras.
- Enfriar el balón a temperatura ambiente, diluir con 25 ml de H_2O destilada y mezclar; agregar aproximadamente 10 ml de solución NaOH 60% hasta



hacer la mezcla fuertemente alcalina. Debe agregarse por las paredes del balón sin mezclar la solución ya que la reacción es Exotérmica.

- Conectar el balón al refrigerante, mezclar y recoger en un erlenmeyer que contenga 5 ml de H_3BO_3 (asegurarse que la manguera este bien sumergida en el ácido); calentar hasta destilar aproximadamente 20 ml (esto es suficiente para que todo el NH_3 haya sido arrastrado). Retirar el erlenmeyer y titular con HCl 0,02 N hasta punto final (color violeta inicial).

c.- Expresión de resultados.

- En base al volumen de HCl 0,02 N gastado en la titulación y en relación a la masa pesada del material en estudio, se calculan los % de Nitrógeno (g de Nitrógeno en 100 g de muestra).

$$\% N = \frac{V \times N \times 14 \times 100}{1000 \times n}$$

Donde:

%N : Porcentaje de Nitrógeno

V : Volumen de HCl gastado.

N : Normalidad del HCl.

14 : Peso molecular del átomo de Nitrógeno.

n : Peso de la muestra en gramos.



- Para calcular la concentración de proteínas, sabemos que 100 g de proteínas contienen 16 g de Nitrógeno se calculan los g % de proteínas (g de proteínas en 100 g de muestra) a partir del valor anterior (factor de corrección = 6,25). Para proteínas de distinto origen hay que usar distintos factores de corrección.

$$\% \text{Proteína en muestra} = \% \text{ N} \times \text{Factor}$$

- Factor usado:
Proteínas Animales (16% N) o $F = 6,25$



DETERMINACIÓN DE GRASA

a.- Reactivos

- Éter de petróleo.

b.- Procedimiento.

- Se pesa 5 g de muestra en balanza analítica y se envuelve en el cartucho de extracción, luego se coloca en la parte media del equipo Soxhlet.
- Se pesa el matraz y se llena este con éter de petróleo en una cantidad que permita el sifoneo, la extracción dura aproximadamente de 5-6 horas.
- Al finalizar la extracción se sigue destilando, el solvente que se condensa debe recogerse en el recinto de extracción de tal manera que la superficie del líquido no rebose el nivel del conducto ascendente.
- Una vez destilado todo el solvente, se coloca en matraz en una estufa a 103+- 2°C durante una hora, con el fin de eliminar del residuo los restos del solvente.
- El matraz se pesa tras enfriado en un desecador.

c.- Expresión de resultados.

$$\%Grasa = \frac{P_2 - P_1}{P} \times 100$$

Donde:

P : peso total de la muestra (g)

P₁ : peso del matraz vacío (g)

P₂ : peso del matraz con residuos (g)



DETERMINACIÓN DE CENIZA

(Método gravimétrico)

a.- Materiales.

- Crisol.
- Balanza electrónica.
- Horno mufla.

b. Procedimiento.

Pesar 2 gramos de muestra colocar en un crisol y llevarlo a mufla donde se llevara a cabo una incineración directa de 500 °C hasta obtener cenizas blancas o grises.

c.- Expresión de resultados.

$$\% \text{Ceniza} = \frac{P_2}{P_1} \times 100$$

Donde:

P₂ : Peso del crisol mas la muestra (g)

P₁ : Peso del crisol más la muestra calcinada (g)



ANEXO 02: DETERMINACIÓN DE COLOR Y PROCEDIMIENTOS

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

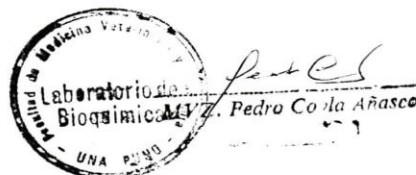
LABORATORIO DE BIOLOGIA MOLECULAR

CERTIFICADO DE ANÁLISIS

SOLICITANTE : Bach. JACQUELINE TALAVERA FLORES.
 PROCEDENCIA : Puno.
 PRODUCTO : Hamburguesas de Carne de Alpaca.
 ANÁLISIS SOLICITADO: determinación de COLOR.
 MUESTREO : por el interesado.

Consta por el presente certificado que el Bach. JACQUELINE TALAVERA FLORES, ha efectuado el análisis de color mediante método espectrofotometría, de la tesis titulada "Optimización en la incorporación de harina extruida de cañihua en formulaciones de hamburguesa de alpaca" todos estos análisis se han realizado en el proceso final de elaboración del producto, siguiendo cada una de las variables en estudio planteada en el proyecto.

Longitud de onda	Absorbancia					
	Muestra Óptima			Muestra Comercial		
460	0.550	0.540	0.530	0.499	0.507	0.502
480	0.465	0.475	0.465	0.449	0.460	0.458
500	0.425	0.430	0.435	0.398	0.410	0.390
520	0.550	0.550	0.535	0.420	0.425	0.422
540	0.530	0.535	0.525	0.425	0.423	0.418
560	0.515	0.525	0.520	0.439	0.440	0.442
580	0.505	0.530	0.525	0.458	0.463	0.462
600	0.540	0.545	0.535	0.487	0.492	0.490
620	0.475	0.490	0.475	0.382	0.373	0.385
640	0.315	0.320	0.325	0.348	0.355	0.348
660	0.410	0.420	0.430	0.363	0.358	0.360
680	0.425	0.440	0.410	0.375	0.368	0.367
700	0.425	0.415	0.420	0.379	0.383	0.379



Puno, C.U, 28 de MARZO. 2008.



Determinación cuantitativa de color en alimentos grasos

(Método Espectrofotometría AOAC official method 950.76)

Reactivos

- Éter de petróleo.
- Agua destilada caliente.
- Hidrogeno sulfato potásico.
- Metanol amoniacal.

Procedimiento

- Desgrasar 5g. muestra con éter de petróleo presionándolo con una varilla de vidrio.
- Después tratar con agua destilada caliente.
- Posteriormente realizar una acidificación con una disolución al 10 % de hidrógeno sulfato potásico.
- Si el alimento es rico en proteínas, la muestra se extrae primero con una disolución metanólica de amoniac.
- Luego de tener la muestra ya desgrasada procedemos a:
- Pesar cerca de 3g. de muestra en un vaso de 200 ml.
- Adicionar 30ml de metanol amoniacal y mover con una varilla.
- Dejar decantar y transferir el líquido colorido a un balón volumétrico de 100 ml.
- Repetir la extracción con 2 porciones de 30 ml. De metanol amoniacal hasta que la muestra este incolora.
- Completar el volumen con la misma solución.
- Centrifugar si es necesario.
- Leer en el espectrofotómetro las absorbencias, de acuerdo a las longitudes de onda de cada colorante identificadas, usando como blanco el metanol amoniacal.



ANEXO 03: EVALUACIÓN SENSORIAL (FORMATO Y RESULTADOS)

Formato de evaluaciones sensoriales utilizado para determinar nivel de agrado de carne
para hamburguesas

EVALUACIÓN DE SABOR "HAMBURGUESAS"

Nombre:

Fecha:

Hora:

Instrucciones:

Por favor, pruebe la muestra de hamburguesa que se presenta e indique con un trazo vertical "I" su nivel de agrado, de acuerdo a la escala que se presenta a continuación:

Muestra	Me desagrada mucho	Ni me agrada ni me desagrada	Me agrada mucho
.....			

Comentario u observaciones:

.....

.....

.....

Muchas gracias



Resultados de nivel de agrado de las formulaciones experimentales de hamburguesa de alpaca y muestra comercial

Formulación	HECH (%)	CARNE (%)	GRASA (%)	Nivel de agrado				
F1	0.00	80.00	20.00	7.30	8.20	7.10	7.30	7.20
				7.30	7.70	7.90	8.20	7.00
				7.30	8.10	8.90	7.60	9.10
				7.30	9.20	9.40	7.50	7.60
				8.00	7.20	7.20	9.60	8.69
F2	23.50	73.50	3.00	7.00	7.00	7.40	7.50	7.80
				5.50	7.20	6.98	7.10	6.80
				7.20	6.90	8.10	7.20	7.20
				5.50	7.20	7.50	7.30	7.60
				6.98	6.58	6.90	6.90	6.50
F3	10.75	73.50	15.75	7.30	7.60	5.36	6.60	6.44
				6.40	7.30	6.50	8.45	7.60
				7.60	8.80	6.30	6.20	6.20
				6.30	6.60	7.60	8.40	6.50
				7.39	7.50	8.10	7.50	8.26
F4	13.00	67.00	20.00	7.50	7.90	6.80	7.39	7.60
				6.90	7.50	7.50	6.50	7.10
				7.30	7.60	6.10	6.80	7.07
				6.90	6.90	6.90	7.30	7.20
				6.50	7.00	7.15	5.20	7.60
F5	15.00	73.50	11.50	7.10	7.00	6.14	7.20	6.40
				6.90	7.80	7.00	6.30	7.20
				5.90	6.70	7.20	7.60	6.10
				7.90	7.05	7.20	7.50	7.60
				6.80	7.20	6.90	6.90	6.20
F6	6.50	73.50	20.00	6.90	6.90	6.00	5.10	6.50
				6.80	7.20	5.60	7.40	7.30
				8.10	7.60	6.70	7.70	6.96
				7.20	7.20	6.50	6.80	7.30
				8.10	6.20	6.40	7.40	8.30
F7	0.00	80.00	20.00	7.60	6.30	6.20	6.70	6.80
				7.40	7.30	7.10	6.90	7.50
				7.60	7.40	7.50	6.60	6.40
				7.10	6.90	6.20	7.38	7.47
				7.50	6.10	7.30	7.00	7.13
F8	30.00	67.00	3.00	6.30	6.90	6.60	7.40	7.40
				7.50	7.50	7.60	6.60	6.30
				6.80	6.20	7.90	6.70	5.90
				7.90	7.30	7.30	6.00	6.90
				7.60	6.10	6.10	6.80	6.20
F9	21.50	67.00	11.50	7.80	8.10	7.60	7.80	7.90
				9.50	7.94	7.90	8.70	8.60
				7.60	8.80	9.00	8.40	6.90
				7.60	7.90	7.30	7.80	6.80
				7.90	7.60	7.10	7.50	7.80

Anexo 03: Continuación.



Formulación	HECH (%)	CARNE (%)	GRASA (%)	Nivel de agrado				
F10	21.50	67.00	11.50	7.20	9.10	8.90	8.40	7.60
				8.50	7.60	7.70	7.80	8.60
				7.30	7.40	7.50	8.50	8.90
				8.90	7.10	8.80	7.50	7.80
				7.80	7.40	7.40	7.40	6.90
F11	17.00	80.00	3.00	9.90	8.50	9.30	9.10	9.20
				8.50	7.90	7.60	7.30	9.40
				9.60	9.80	9.70	8.90	7.80
				9.30	7.90	7.98	9.20	8.70
				9.90	9.70	8.50	8.70	8.40
F12	19.25	73.50	7.25	8.80	7.50	8.00	8.50	7.70
				9.20	9.40	9.60	9.90	8.90
				9.50	8.80	7.50	8.60	9.40
				7.60	8.30	8.30	8.80	8.90
				8.30	7.50	9.50	9.20	8.20
F13	8.50	80.00	11.50	7.60	7.50	7.90	8.00	7.80
				7.20	8.60	8.80	7.60	8.70
				8.50	7.90	7.30	7.80	8.50
				8.90	8.50	8.20	7.60	7.60
				8.00	7.20	7.30	8.50	8.50
F14	13.00	67.00	20.00	6.30	7.00	6.20	7.30	7.10
				6.50	7.20	6.40	7.10	7.50
				6.20	8.40	7.30	6.90	6.80
				7.10	7.80	7.50	7.10	6.80
				7.40	6.50	7.10	6.30	7.20
F15	30.00	67.00	3.00	7.30	6.50	6.60	7.80	7.40
				6.50	6.60	6.50	6.60	7.90
				7.80	7.90	7.10	5.90	6.40
				7.30	7.50	6.90	7.80	5.30
				5.90	6.30	7.90	6.90	6.80
F16	17.00	80.00	3.00	9.80	9.40	9.90	8.40	9.80
				9.90	9.10	8.60	9.90	9.70
				8.80	9.90	8.50	9.70	8.60
				8.70	8.50	9.70	9.40	9.40
				8.60	8.60	8.60	8.90	8.90

Formulacion	HTS	Carne de res(%)	Grasa res/cerdo (%)	Nivel de agrado				
COMERCIAL	3.19	67.22	19.90	6.80	7.80	6.00	7.20	7.90
				7.10	6.90	7.00	7.90	7.20
				7.60	7.20	7.90	7.70	7.70
				6.90	6.90	8.80	6.80	6.90
				7.60	7.20	7.50	7.10	6.80

*HTS: harina texturizada de soya

**ANEXO 04: RESULTADOS Y DETERMINACIÓN DE ANÁLISIS
ESTADÍSTICO DE ANÁLISIS PROXIMAL****a). Resultado de análisis químico proximal de las muestras de hamburguesa correspondientes a la formulación óptima y producto comercial**

Tipo de hamburguesa	Humedad (%)	Proteínas (%)	Grasas (%)	Cenizas (%)	HECH
FORMULACION optima	73.46	16.58	4.98	1.98	17.01
	73.59	16.02	5.17	1.83	17.00
	73.73	16.94	5.08	2.17	17.02
Hamburguesa comercial	60.25	12.72	12.14	1.80	-
	60.12	12.69	12.09	1.78	-
	60.03	12.71	12.16	1.83	-

b). Resultados de varianza para análisis químico proximal en muestra de hamburguesa correspondiente a la formulación optimizada y producto comercial**1.- HUMEDAD.****a.- Cuadro análisis de Varianza.**

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Pr > F
Tratamiento	1	271.7574000	271.7574000	17839.7	<.0001
Error experimental	4	0.0609333	0.0152333		
Total	5	271.8183333			

 $R^2=0.999776$ $CV=0.184591$ $SX=0.123423$ $PROMEDIO=66.86333$ **b.- Cuadro resumen nivel de significancia.**

Nivel de significancia	Tabla F	Comparativo	Valor F calculado	Símbolo
0.05	7.71	<	17839.7	**

** significativo

2.- PROTEÍNA.**a.- Cuadro análisis de Varianza.**

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Pr > F
Tratamiento	1	21.73606667	21.73606667	202.04	0.0001
Error experimental	4	0.43033333	0.10758333		
Total	5	22.16640000			

 $R^2=0.980586$ $CV=2.245031$ $SX=0.327999$ $PROMEDIO=14.61000$



b.- Cuadro resumen nivel de significancia.

Nivel de significancia	Tabla F	Comparativo	Valor F calculado	Símbolo
0.05	7.71	<	202.04	**

** Significativo.

3. - GRASA.

a.- Cuadro análisis de Varianza.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Pr > F
Tratamiento	1	74.62426667	74.62426667	14443.4	<.0001
Error experimental	4	0.02066667	0.00516667		
Total	5	74.64493333			

$R^2 = 0.999723$ $CV = 0.835485$ $SX = 0.071880$ $PROMEDIO = 8.603333$

b.- Cuadro resumen nivel de significancia.

Nivel de significancia	Tabla F	Comparativo	Valor F calculado	Símbolo
0.05	7.71	<	14443.4	**

** Altamente significativo

4.- CENIZA.

a.- Cuadro análisis de Varianza.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Pr > F
Tratamiento	1	0.05415000	0.05415000	3.65	0.1287
Error experimental	4	0.05933333	0.01483333		
Total	5	0.11348333			

$R^2 = 0.477163$ $CV = 6.415742$ $SX = 0.121792$ $PROMEDIO = 1.89833$

b.- Cuadro resumen nivel de significancia.

Nivel de significancia	Tabla F	Comparativo	Valor F calculado	Símbolo
0.05	7.71	>	3.65	NS

NS: No significativo.



ANEXO 05: ANÁLISIS DE COLOR Y DETERMINACIÓN DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO

1. Resultado de análisis de color de las muestras de hamburguesa correspondientes a la formulación óptima y producto comercial

MUESTRA	+a	+b	L*
OPTIMA	0,3694	0,3879	15,763
	0,3492	0,396	15,3752
	0,3585	0,3783	15,2874
COMERCIAL	0,3712	0,3944	18,3737
	0,3571	0,4135	17,9741
	0,3484	0,3993	18,776

2. Resultados de varianza para color en muestra de hamburguesa correspondiente a la formulación optimizada y producto comercial.

2.1 resultados “+a” (color rojo)

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Pr > F
Tratamiento	1	0.00000003	0.00000003	0.00	0.9887
Error experimental	4	0.00046923	0.00001173		
Total	5	0.00046925			

$R^2 = 0.000057$ $CV = 3.017222$ $SX = 0.010831$ $PROMEDIO = 0.35898967$

Cuadro nivel de significancia

Nivel de significancia	Tabla F	Comparativo	Valor F calculado	Símbolo
0.05	7.71	>	0.00	NS

NS: No significativo

2.2. Resultados “+b” (color amarillo)

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Pr > F
Tratamiento	1	0.00033750	0.00033750	3.82	0.1225
Error experimental	4	0.00035384	0.00008846		
Total	5	0.00069134			

$R^2 = 0.488182$ $CV = 2.3817$ $SX = 0.00941$ $PROMEDIO = 0.39490$



Cuadro nivel de significancia

Nivel de significancia	Tabla F	Comparativo	Valor F calculado	Símbolo
0.05	7.71	>	3.82	NS

NS: No significativo

2.3 resultados "L" (Luminosidad)

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Pr > F
Tratamiento	1	12.609781	12.609781	19.21	0.0118
Error experimental	4	2.625221	0.6563052		
Total	5	15.23500			

$R^2 = 0.827685$ $CV = 4.7866$ $SX = 0.810127$ $PROMEDIO = 16.9249$

Cuadro nivel de significancia

Nivel de significancia	Tabla F	Comparativo	Valor F calculado	Símbolo
0.05	7.71	<	19.21	*

*Significativo.

ANEXO 06: TABLA DE COEFICIENTE DE COLOR Y DIAGRAMA DE CROMATICIDAD DE LA CIE MUESTRA OPTIMIZADA Y MUESTRA COMERCIAL

Tabla De Coeficiente De Color

Long. de Onda	Wx	Wy	Wz
460	3.3668	0.6920	19.3235
480	1.1038	1.6129	9.4220
500	0.0511	3.4077	2.8717
520	0.5752	6.4491	0.7140
540	2.7858	9.1470	0.1956
560	5.8782	9.8387	0.0381
580	9.4141	7.9879	0.0147
600	8.9536	5.3157	0.0067
620	7.0604	3.1485	0.0012
640	3.6882	1.4411	0.0000
660	1.3589	0.5028	0.0000
680	0.3657	0.1329	0.0000
700	0.0806	0.0290	0.0000

FUENTE: CIE (Commission Internationale de L'eclairage)

Determinación de color muestra comercial

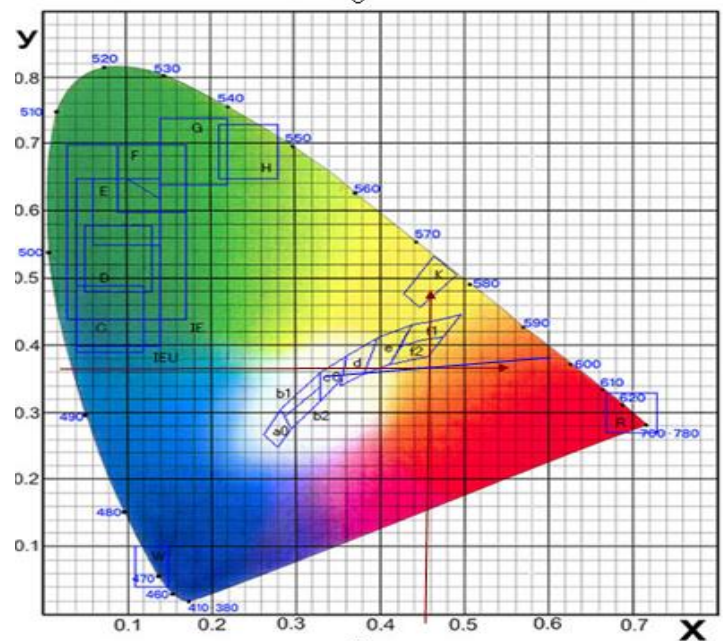
Nº de datos	Long. de onda	Absorbancia	Transmitancia	Ti * Wx	Ti * Wy	Ti * Wz
1	460	0.5029	31.41231906	105.758996	21.7373248	606.995947
2	480	0.4559	35.00257542	38.6358427	56.4556539	329.794266
3	500	0.4	39.81071706	2.03432764	135.662981	114.324436
4	520	0.42	38.01893963	21.8684941	245.187944	27.1455229
5	540	0.42	38.01893963	105.913162	347.759241	7.43650459
6	560	0.44	36.30780548	213.424542	357.221606	1.38332739
7	580	0.46	34.67368505	326.421538	276.969929	0.50970317
8	600	0.49	32.35936569	289.732817	172.01268	0.21680775
9	620	0.38	41.68693835	294.32646	131.251325	0.05002433
10	640	0.35	44.66835922	164.745842	64.3715725	0
11	660	0.36	43.65158322	59.3181364	21.948016	0
12	680	0.37	42.65795188	15.600013	5.6692418	0
13	700	0.38	41.68693835	3.35996723	1.20892121	0
				1641.14014	1837.45644	1087.85654
				X	Y	Z
				16.4114014	18.3745644	10.8785654
				x	y	z
				0.35939056	0.40238154	0.238227901

Y= L*: intensidad luminosa fisiológica

Coordenada x = a*: (índice de rojo-verde) donde rojo se expresa como +a y el verde como -a

Coordenada y = b*: (índice amarillo-azul) donde amarillo se expresa como +b y el azul como -b

Diagrama de cromaticidad de la CIE (muestra comercial)



FUENTE: HARDY (1936) con autorización de MIT Press citado por Cheftel y Cheftel (1977)

Determinación de color de muestra óptima

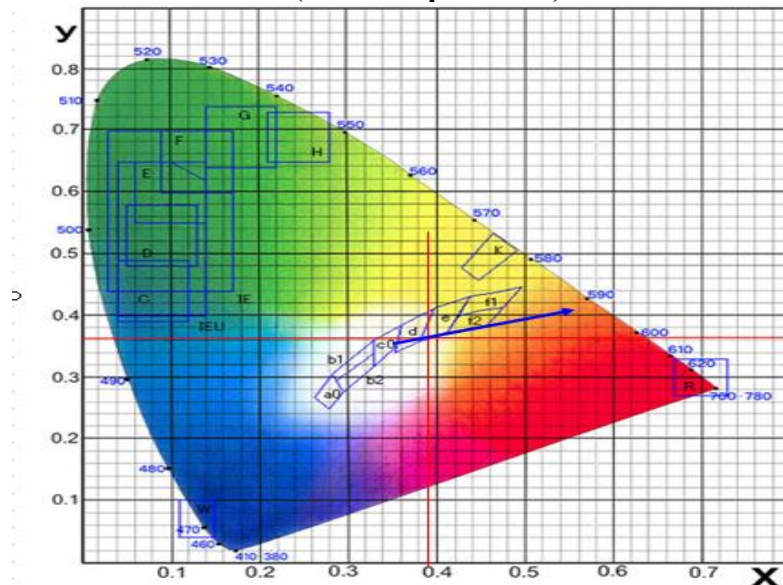
Nº de datos	Long. de onda	Absorbancia	Transmitancia	Ti * Wx	Ti * Wy	Ti * Wz
1	460	0.54	28.84031503	97.09957265	19.957498	557.295828
2	480	0.468	34.04081897	37.57425598	54.90443692	320.732596
3	500	0.43	37.15352291	1.898545021	126.60806	106.693772
4	520	0.54	28.84031503	16.58894921	185.9940757	20.5919849
5	540	0.53	29.51209227	82.21478664	269.947108	5.77256525
6	560	0.52	30.1995172	177.518802	297.1239899	1.15060161
7	580	0.52	30.1995172	284.3012749	241.2307235	0.4439329
8	600	0.54	28.84031503	258.2246447	153.3064626	0.19323011
9	620	0.48	33.11311215	233.791817	104.2566336	0.03973573
10	640	0.32	47.86300923	176.5283507	68.9753826	0
11	660	0.42	38.01893963	51.66393707	19.11592285	0
12	680	0.425	37.58374043	13.74437387	4.994879103	0
13	700	0.42	38.01893963	3.064326534	1.102549249	0
				1434.213636	1547.517722	1012.91425
				X	Y	Z
				14.34213636	15.47517722	10.1291425
				x	y	z
				0.359034012	0.387398001	0.253567987

Y= L*: intensidad luminosa fisiológica

Coordenada x = a*: (índice de rojo-verde) donde rojo se expresa como +a y el verde como -a

Coordenada y = b*: (índice amarillo-azul) donde amarillo se expresa como +b y el azul como -b

Diagrama de cromaticidad de la cie (muestra optimizada)



FUENTE: HARDY (1936) con autorización de MIT Pess citado por Cheftel y Cheftel (1977)



ANEXO 07: DETERMINACIÓN DE TEXTURA Y RESULTADOS ESTADÍSTICOS



Universidad Nacional del Altiplano - Puno

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Ciudad Universitaria s/n – Telefax (051) 366080 – Casilla 291 e-mail: fca-una@eudoramail.com



LABORATORIO DE PASTAS Y HARINAS

CERTIFICADO DE ANÁLISIS

SOLICITANTE : Bach. JACQUELINE TALAVERA FLORES.
 PROCEDENCIA : Puno.
 PRODUCTO : Hamburguesas de Carne de Alpaca.
 ANÁLISIS SOLICITADO : Determinación de textura.

Consta por el presente certificado que el Bach. **JACQUELINE TALAVERA FLORES**, ha efectuado el análisis de textura mediante método penetrometría, de la tesis titulada “Optimización en la incorporación de harina extruida de cañihua en formulaciones de hamburguesa”, brindándosele las instalaciones del laboratorio de pastas y harinas, de conformidad a la solicitud de fecha 9 de agosto del 2007, derivada del decanato de la Facultad de Ciencias Agrarias.

TIEMPO (s)	HAMBURGUESAS	
	OPTIMA	COMERCIAL
5	544	539
6	553	544
7	556	560
8	560	552
9	555	548
10	554	546

Puno, C.U, 06 de febrero 2009.



Roger Segura Peña
 INGENIERO AGROINDUSTRIAL
 C. I. P. 61509



Cuadro análisis varianza

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Pr > F
REGRESION	1	77.67	77.67	4.88	0.092
Error experimental	4	63.66	15.92		
Total	5	141.33			

$R^2=0.55$, $R^2_{adj} = 0.437$, desviación estándar (SD)=3.98948, C.V= 3.86

Cuadro nivel de significancia

Nivel de significancia	Tabla F	Comparativo	Valor F calculado	Símbolo
0.05	7.71	>	4.88	NS

NS: No significativo

ANEXO 08: DETERMINACIÓN COSTOS DE PRODUCCIÓN COSTOS DIRECTOS DE FABRICACIÓN

costos de Materia prima, insumos y materiales		
Detalle	Cantidad (gr.)	Precio s/.
Harina extruida de cañihua.	85	0.1842
Carne de alpaca	400	2.0000
Grasa de vacuno	15	0.015
Agua/ hielo	72.9	0.1458
Sal	3.85	0.00385
Orégano Molido	0.25	0.00417
Pimienta	0.5	0.0083
Comino	0.15	0.0025
Ajo deshidratado	1	0.01
Glutamato monosodico	0.15	0.001875
Cebolla en polvo	0.35	0.004375
Bolsas de polietileno (unid.)	6	0.15
SUB TOTAL:		2.5301

EL Costos de materia prima, insumos y materiales está determinada en una proporción de 500g de hamburguesa de las 16 formulaciones

Bolsas de polietileno

El precio de de 100 unidades de bolsas de polietileno es de S/ 2.5. En este caso, para una producción de 500g se necesitará un total de 6 bolsas, ya que la muestra individual tiene un peso de 70g ± 0.2 .



Costo total de bolsas de polietileno = s/.0.15

Mano de obra.

El sueldo de un operario es de 550.00 nuevos soles/mes (24 días), considerando que el día de trabajo esta constituido por 8 horas, y que la elaboración de hamburguesa a escala laboratorio demandó 30 minutos de trabajo.

Costos de Mano de obra por día (8 horas).

Trabajador	Cantida d	Salario en soles	
		Unitario/día	30 minutos de trabajo
Operario	1	22.91664	1.43229

Costos Directos de Fabricación:

Materia prima, insumos y materiales + mano de obra = total costos directos s/.

$$2.5301 + 1.43229 = \text{s/. } 3.96239$$

Costos Indirectos de Fabricación

La producción genera los siguientes gastos indirectos

A.-ENERGÍA ELÉCTRICA: tarifa (0.525 nuevos soles /KW-h)

Moledora 625 W

$$\text{Costo} = \frac{625(42s) \left[\frac{1h}{3600s} \right] (0.525)}{1000} = 0.00383 \text{ s/}.$$

Foco 50w

$$\text{Costo} = \frac{50(2700s) \left[\frac{1h}{3600s} \right] (0.525)}{1000} = 0.01969 \text{ s/}.$$

Refrigeración 400w



$$\text{Costo} = \frac{400(48)(0.525)}{1000} = 10.08 \text{ s/.}$$

Pero en la refrigeradora se puede almacenar 32 batch costo ~~7~~ batch = $10.08/32 = 0.315$ s/.

Así que el gasto total en electricidad es:

Costo de luz=0.3387 s/. (Inc. IGV 19%)

B.- AGUA: tarifa (1.22 s/. / m³)

Si el gasto aproximadamente 10 litros por formulación (lavado de equipos y otros

Costo total de agua = 0.0122 s/.

Costos Indirectos de Fabricación

Descripción	Cantidad	Total (s/.)
Electricidad.	1075 w	0.3387
Agua	10 lt	0.0122
Total de costo indirectos		0.3509

Costos Total de Fabricación

Costo directos + costos indirectos = costos totales de fabricación

$3.96239 + 0.359 = \text{s/.} \mathbf{4.3133}$
--

Costos Unitarios de Producción

Costo unitario = costo de producción / producción mensual

$$\text{Costo unitario} = \frac{4.3133}{6} = \text{s/.} \mathbf{0.72}$$



Costos Variables

La determinación de costo variable se efectuará mediante la siguiente fórmula matemática:

Total de Costo variable = materia prima e insumos

$$\text{Costo variable} = \text{s/}2.5301$$

Costos Fijo

Mano de obra directa + costos indirectos = Total de costos fijos

$$1.43229 + 0.3509 = \text{s/} 1.7832$$

COSTOS DE PRODUCCIÓN

Costos producción = Total de costos variables + Total de costos fijos

$$\text{Costos producción} = 3.8124 + 0.5009 \text{ S/}$$

Costos producción = 4.3133 S/ en 500 gr de muestra

La metodología se aplicó a las 16 muestras



ANEXO 09: ELABORACIÓN DE PLAN DE NEGOCIOS

PLAN DE NEGOCIOS

Actividad económica: Producción (x) Comercialización () Servicios ()

Giro: elaboración de hamburguesas

PLAN DE NEGOCIOS

1. DATOS GENERALES.

1.1 El negocio: En marcha () Nuevo (x)

1.1.1 Nombre del negocio

HAMBURGER DELIGHT

1.1.2 Dirección del negocio

Mazocruz- Collao

1.1.3 Breve descripción del negocio

Nuestra empresa se dedica a la producción y comercialización de productos carnicos con materia prima de la localidad

1.2 El responsable del negocio

1.2.1 Nombre completo.

Apellido Paterno	Apellido Materno	Nombre (s)
<i>Talavera</i>	<i>Flores</i>	<i>Jacqueline</i>

1.2.2 Dirección del domicilio.

Av. / Jr. / Calle / Urbanización.	Número / Interior
Av. El ejercito	250



Distrito	Departamento	Teléfono
Puno	Puno	367861

1.2.3 Grado de estudios.

Secundaria () CEO () IST () Universitario (x)

1.2.4 Experiencia laboral.

VULCANO S.A. dedicada a la fabricación venta de equipos agroindustriales.

ALIPESA S.A. dedicada a la elaboración galletas fortificadas.

1.2.5 Por qué ha decidido ingresar a la actividad empresarial.

En el Perú la tasa de desempleo es muy alta con muchos profesionales titulados sin trabajo.

Y la única forma lograr alguna utilidad es creando un negocio generando así tu trabajo.

2. RESUMEN EJECUTIVO

<i>2.1 La empresa y sus fundadores.</i>	<i>HAMBURGER DELIGHT</i> <i>Tiene como fundador a Jacqueline Talavera Flores.</i>
---	--

<i>2.2 Características y tendencias del mercado.</i>	<i>La tendencia del mercado es comprar producto de alta calidad, ecológico y naturales.</i>
--	---

<i>2.3 La oportunidad de negocio.</i>	El incremento de consumo de productos naturales, y más aún el consumo de productos denominados “light” hacen que nuestro producto pueda ser
---------------------------------------	---



	consumido por un amplio segmento de mercado.
--	--

<i>2.4 La estrategia de la empresa.</i>	La empresa aprovecha, entrar al mercado en un entorno donde las grandes empresas ya tienen su mercado, ofreciendo así un producto nutritivo y de bajas caloría y costos por debajo de ellas.
---	--

<i>2.5 Las proyecciones de ventas y utilidades.</i>	Se venderán 300kg de hamburguesa por día generando utilidades de S/ 1200.
---	---

<i>2.6 Los requerimientos de financiamiento.</i>	Se requerirá un financiamiento de 13000 dólares americanos.
--	---

3. PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA

3.1 Caracterización legal de la empresa.

Tipo de Empresa: Unipersonal () Sociedad () Otros:

.....

Régimen Tributario: R.G. () R.E.R. () RUS. ()

3.2 Localización y ámbito de operaciones.

Departamento de Puno, provincia del Collao, distrito Masacruz

3.3 Breve historia o antecedentes.

En el departamento de Puno existen diferentes empresas de productos cárnicos de diferentes marcas, las cuales de una u otra forma se desenvuelven en este mercado cambiante y estacionario, haciendo competencia a las empresas grandes.

3.4 La demanda y necesidad a la cual responde.

La demanda de hamburguesas se da en un segmento muy variado, generalmente se encuentra en la clase media.

3.5 La misión de la empresa.

Lograr posicionarse en el mercado competitivo con el nuevo producto, natural y bajo en calorías a mediano plazo.

4. EL PLAN DE MERCADO.

4.1 Principales clientes y/o potenciales cliente.

- Personas de los 14 años a mas.
- Pobladores de nuestra región.
- Turistas nacionales e internacionales.

4.2 Descripción de los principales productos y/o servicios.

En el mercado existen numerosas empresas que producen el mismo producto pero de características diferentes las principales marcas, rico pollo, la segoviana, y algunos de tipo casero.

4.3 Tendencias de la demanda

La demanda de consumo de comida rápida se encuentra en crecimiento, las personas buscan un producto de rápido acceso y con calidades nutricionales adecuadas

4.4 El ambiente competitivo.

COMPETENCIA	1	2	3
Nombre	Rico pollo	La segoviana	Sin marca
Tamaño	500 gramos	500 gramos	500 Gramos
Tiene marca	Rico pollo	La segoviana	Sin marca
Calidad (producto/servicio)	Buena calidad	Buena calidad	Buena calidad
Canales de distribución	distribución	distribución	Distribución
Precio	s/4.20	s/4.50	s/5.00
Publicidad empleada	Radiodifusión	televisivo	Ninguna
Modalidad de ventas	Por mayor	Por mayor	Por menor

4.5 La ventaja competitiva.

La calidad de materia prima es de primera, y se produce un producto altamente nutritivos con bajas calorías, calidad sensorial muy parecidas al la del mercado es decir la de la competencia

4.6 La estrategia de mercadeo

4.6.1 El mercado meta.

Producto	Segmento de clientes	de Características del cliente	del Exigencias del cliente
hamburguesas	Primera juventud	Estudiantes	Menor precio y mas calidad
hamburguesas	Segunda juventud	Personas que cuidan su salud	Mayor calidad
Hamburguesas	madurez	Personas con problemas de salud	Producto saludable

4.6.2 La estrategia a implementar.

El lanzamiento del producto se realizará en la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, por la alta cantidad de población que tiene entre 16 y 21 años de edad, también aprovechar la difusión de la procedencia y cualidades de nuestro producto, como un lema del producto “consume lo nuestro “.

4.6.3 Producto.

CRITERIOS	PRODUCTO
Calidad	buena y muy buena
Color	ya conocido
Tamaño	70 gr +/-2
Empaque	bolsas de polietileno y cajas plastificadas con polietileno



4.6.4 Precio

Costo	S/. 10,00
Cuántos están los clientes dispuestos a pagar	S/. 10,50
Precio de la competencia	S/. 11,00
Precio	S/. 10,80
Motivos para establecer este precio	ganar mercado

4.6.5 Promoción

Radiodifusión, y programas de televisión locales.

Tipos de promoción

Gorros	con estampado
Polos	con estampado

4.6.6 Plaza

CRITERIOS

DETALLE

Mat. Prima	Tendrá acceso solamente los de área de producción.
Acceso a la mano de obra	Personal autorizado.
Alquiler	El local será por el Jr. Lima.
Ubicación	Están ubicado medio urbano.
Medios de comunicación	Radial.
Competencia	Emporios, y mini mark.
Pago de impuestos	IGV, RENTA.
Requisitos legales	Licencia Municipal, RU (ministerio de industria)

4.6.7 Proveedores.

<i>¿Conoces a tus proveedores: ya haz hecho negocio o contacto con ellos?</i>				
Aun no (X)				
NOMBRES	INSUMOS	PRECIO UNIT.	Modalidad de Venta	
			Crédito	Contado



4.7 La organización

HAMBURGER DELIGHT es una empresa comercial. Que esta dedicada a la producción y comercialización de hamburguesas.

Contamos con los siguientes recursos:

- Carne de primera calidad proveniente de los ganados de nuestra población.
- Se cuenta con la propiedad del lugar 30 hectáreas.
- Cuenta con un carro refrigerado para transporte de carne.

Los requerimientos mínimos de maquinaria, personal para el funcionamiento son los sgtes:

Materia prima para la producción de hamburguesas.

REQUERIMIENTO DE MANO DE OBRA

CLASIFICACIÓN DEL TRABAJO. PERSONAS/TURNO.

- Administrador. 1
- Mantenimiento. 1
- Operadores. 4
- Jefe de planta. 1
- Empaquetadores. 2
- Control de calidad. 1

TOTAL. 9

4.8 MAQUINARIA Y EQUIPO

ITEMS. N° DE MÁQUINAS.



- Cutter. 2
- Refrigeradoras. 1
- Moldes de aluminio. 12
- Aparatos de laboratorio.

GASTOS GENERALES DE PLANTA

Requerimiento de potencia: 625 W.

Consumo de agua: 900 lt. por hora.

5 ASPECTOS FINANCIEROS.

5.1 Plan de inversión

<i>En soles (x)</i>	<i>En dólares ()</i>			
<i>Rubro procesamiento de</i>	<i>Aporte propio</i>	<i>Préstamo familiar</i>	<i>Financiamiento</i>	<i>Total</i>
<i>hamburguesas</i>				
GASTOS PRE OPERATIVOS	1,000			1,000
ACTIVO FIJO		2,000		2,000
<i>Local – Infraestructura</i>			10,000	10,000
<i>Equipos</i>			5,000	5,000
<i>Herramientas</i>			1,000	1,000
CAPITAL DE TRABAJO	3,000			3,000
<i>Mercadería</i>	1,000			1,000
<i>Mano de obra</i>	550			550
GASTOS ADMINISTRATIVOS	1,500			1500
GASTOS DE VENTA	1,000			1,000
TOTALES	8,050	2,000	16,000	26,050

5.2 Las proyecciones financieras.

Ciclo del dinero (es decir, estimar tiempo desde que se inicia transacción - negocio o servicio hasta que se recibe el dinero en efectivo por la venta).



Se iniciara el mes de enero el ciclo durara los 12 meses

Se venderán como promedio 109500 Kg. de hamburguesas. En dinero considerando que cada 100gr cuesta 0.86 soles producirlo hace una cantidad de 94461.27 soles

Tipo formulación	Costo producción en 500g (S/.)	Costo unitario 6 unidades (S/.)	Costo de ingreso por unidad (S/.)	Costo total de ingreso en 500 g (S/.)
Optimo	4.3133	0.72	0.1978	1.1867
Comercial	4.9476	0.825	0.0921	0.5524

5.3 **Rentabilidad de ventas** (Detalle la estructura de costos y gastos, margen de ganancia y ventas mensuales).

Costos y Gastos	Valor en S/.
Costos	7871.7721
Gastos de Ventas	0.550
Otros	0.100
Total Costos y Gastos (A)	8971.7725
Ganancias (B)	42315.72
Valor de ventas (A+B)	60225

Rentabilidad de ventas: $\frac{\text{ganancias (B)}}{\text{Valor de venta (A+B)}} \times 100 = \%$

Rentabilidad de ventas: $\frac{42315.72}{60225} \times 100 = \% = 70.263$

5.4 Ventas proyectadas: Proyección de ingresos por ventas (en Nuevos soles)

Producto (s)	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7
hamburguesas	42,315	43,500	45000	45500	46,300	47,000	47,500



6 ANÁLISIS DE RIESGOS.

FORTALEZAS	La materia prima del lugar con alta calidad.
OPORTUNIDADES	La publicidad que hacen las grandes empresas para el mismo producto.
DEBILIDADES	El transporte del producto hacia el mercado, la falta de energía eléctrica en el lugar de producción aumentaría los costos de producción.
AMENAZAS	El hábito de consumo de nuestra población, y el miedo del consumo de nuevos productos.

Requerimiento de Financiamiento.

Monto del préstamo: 16,000 soles

Intereses: TEA

22% interés es

1.83% por mes

Plazo: 3 años

Meses de Gracia: 2 meses

Cuota mensual: 160.02

Será llenado en la Asesoría.

$$(1 + TEA) = (1 + TEM)^{12}$$

$$TEM = (1.22)^{1/12}$$

$$TEM = 1.83 \% \text{ por mes}$$

La cantidad final al final del plazo es 22080,76 soles.