

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



**“UTILIZACIÓN DE PAPA, KIWICHA (*Amaranthus caudatus*) Y
CARNE DE LLAMA EN LA ELABORACIÓN DE LONGANIZA”**

Presentado por:

JHOANNA ESTELA RODRÍGUEZ SÁNCHEZ

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Lima – Perú

2018

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

**“UTILIZACIÓN DE PAPA, KIWICHA (*Amaranthus caudatus*) Y
CARNE DE LLAMA EN LA ELABORACIÓN DE LONGANIZA”**

Presentado por:

JHOANNA ESTELA RODRÍGUEZ SÁNCHEZ

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Mg.Sc. Walter F. Salas Valerio

PRESIDENTE

Mg.Sc. Carlos Elías Peñafiel

MIEMBRO

Dra. Patricia Glorio Paulet

MIEMBRO

Dra. Bettit Salvá Ruíz

ASESORA

Mg.Sc. Christian Encina Zelada

CO - ASESOR

Lima – Perú

2018

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN

ABSTRACT

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1	LA LLAMA	3
2.1.1	CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	3
2.1.2	HABITAT	3
2.1.3	CARACTERÍSTICAS.....	4
2.1.4	RAZAS.....	6
2.1.5	SISTEMA DE PRODUCCION DE LLAMA	7
2.1.6	POBLACIÓN DE LLAMAS EN EL PERÚ.....	8
2.2	CARNE DE LLAMA.....	9
2.2.1	PRODUCCIÓN DE CARNE EN EL PERÚ.....	9
2.2.2	VALOR NUTRITIVO DE LA CARNE DE LLAMA.....	11
2.2.3	PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DE LA CARNE DE LLAMA.....	15
2.2.4	CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS Y ORGANOLÉPTICAS DE LA CARNE DE LLAMA.....	20
2.2.5	APROVECHAMIENTO DE LA CARNE DE LLAMA	21
2.3	LA PAPA	22
2.3.1	ASPECTOS GENERALES.....	22
2.3.2	VARIEDADES DE PAPA.....	24
2.3.3	VALOR NUTRICIONAL.....	25
2.4	KIWICHA	27
2.4.1	ASPECTOS GENERALES.....	27
2.4.2	VARIEDADES DE KIWICHA	28
2.4.3	VALOR NUTRICIONAL.....	28
2.4.4	HARINA DE KIWICHA	30
2.5	PRODUCTOS CÁRNICOS	32
2.5.1	GENERALIDADES.....	32
2.5.2	CLASIFICACIÓN DE PRODUCTOS CÁRNICOS	34
2.5.3	EMBUTIDOS CRUDOS-CURADOS	36
2.5.4	ETAPAS EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN.....	36

2.5.5	IMPORTANCIA DEL CURADO	39
2.5.6	REDUCCIÓN DE GRASAS EN PRODUCTOS CÁRNICOS	40
2.5.7	REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS	41
2.6	LONGANIZA	42
2.6.1	DEFINICIÓN	42
2.6.2	INGREDIENTES	42
2.6.3	PROCESO DE ELABORACIÓN	43
2.7	DISEÑO DE MEZCLAS	44
2.7.1	MÉTODO DE SUPERFICIE DE RESPUESTA	46
2.7.2	FALTA DE AJUSTE DEL MODELO ESTIMADO.....	48
2.7.3	RESTRICCIONES MÚLTIPLES SOBRE LOS COMPONENTES DE LA MEZCLA.....	48
2.7.4	MEDICIÓN DEL EFECTO DE COMPONENTES EN ZONAS EXPERIMENTALES DE MEZCLAS CON RESTRICCIONES SOBRE LOS COMPONENTES	50
2.7.5	OPTIMIZACIÓN SIMULTÁNEA DE VARIAS RESPUESTAS	51
2.8	ANÁLISIS SENSORIAL.....	52
2.8.1	ASPECTOS GENERALES.....	52
2.8.2	TIPOS DE MÉTODOS	53
2.8.3	PRUEBAS DE ACEPTACIÓN	54
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	57
3.1	LUGAR DE EJECUCIÓN	57
3.2	MATERIA PRIMA E INGREDIENTES.....	57
3.2.1	MATERIA PRIMA	57
3.2.2	INGREDIENTES	57
3.3	MATERIALES Y EQUIPOS	58
3.3.1	MATERIALES.....	58
3.3.2	EQUIPOS E INSTRUMENTOS.....	58
3.3.3	<i>SOFTWARE</i>	58
3.4	MÉTODOS DE ANÁLISIS	58
3.4.1	ANÁLISIS PROXIMAL.....	58
3.4.2	ANÁLISIS DE DUREZA	59
3.4.3	ANÁLISIS DE COLOR.....	60
3.4.4	DETERMINACIÓN DE RENDIMIENTO.....	61

3.4.5	ANÁLISIS SENSORIAL.....	61
3.5	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	61
3.5.1	FLUJO DE OPERACIONES	61
3.5.2	FORMULACIONES PRELIMINARES.....	64
3.6	ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN	65
3.6.1	CARACTERIZACIÓN	65
3.6.2	ELABORACIÓN DE TRATAMIENTOS	66
3.6.3	EVALUACIÓN DE LONGANIZAS.....	66
3.6.4	ELECCIÓN DE LA FORMULACIÓN ÓPTIMA.....	66
3.6.5	CARACTERIZACIÓN DE PRODUCTO	67
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	69
4.1	ANÁLISIS PROXIMAL DE LOS INGREDIENTES PRINCIPALES.....	69
4.1.1	CARNE DE LLAMA.....	69
4.1.2	HARINA DE KIWICHA	70
4.1.3	PAPA AMARILLA.....	70
4.2	EVALUACIÓN DE FORMULACIONES	71
4.2.1	EFEECTO DE LOS INGREDIENTES SOBRE EL RENDIMIENTO DE LA LONGANIZA	71
4.2.2	EFEECTO DE LOS INGREDIENTES SOBRE LA DUREZA DE LA LONGANIZA	77
4.2.3	EFEECTO DE LOS INGREDIENTES SOBRE EL <i>CROMA</i> DE LA LONGANIZA	83
4.3	OPTIMIZACIÓN SIMULTÁNEA DE RESPUESTA	90
4.4	VALIDACIÓN DEL PUNTO ÓPTIMO DE LA MEZCLA DE INGREDIENTES	92
4.5	ANÁLISIS PROXIMAL DE LA FORMULA ÓPTIMA	92
4.6	EVALUACIÓN SENSORIAL.....	93
V.	CONCLUSIONES.....	97
VI.	RECOMENDACIONES.....	98
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99
VIII.	ANEXOS	107

ÍNDICE DE TABLAS

Cuadro 1:	Población nacional de alpacas, llamas y vicuñas (miles de unidades).....	8
Cuadro 2:	Producción de carne de alpaca y llama (toneladas métricas)	10
Cuadro 3:	Composición química de la carne de algunos animales domésticos de mayor consumo	12
Cuadro 4:	Composición proximal y contenido de colesterol del músculo <i>Longissimus dorsi</i> de la llama.....	13
Cuadro 5:	Contenido de las sumatorias de diversos ácidos grasos y sus cocientes en la grasa intramuscular de camello, llama y alpaca, expresado como porcentaje de los ácidos grasos totales (peso/peso)	14
Cuadro 6:	Valor medio \pm desviación estándar del contenido de minerales (mg/100 g) de <i>Longissimus thoracis</i> en carcasas de llama	14
Cuadro 7:	Contenido de aminoácidos del músculo <i>Longissimus dorsi</i> de llamas y otros rumiantes (porcentaje) sobre el total de aminoácidos)	15
Cuadro 8:	Requisitos microbiológicos para carne de llama fresca y congelada	21
Cuadro 9:	Especies de papas cultivadas.....	25
Cuadro 10:	Composición media de la papa en base a materia seca	26
Cuadro 11:	Composición de la papa (aproximadamente en 100 gramos de porción) media de la papa en base a materia seca.....	26
Cuadro 12:	Composición química y nutricional en 100 g de producto comestible ..	29
Cuadro 13:	Composición de kiwicha en comparación al trigo (g/100 g).....	29
Cuadro 14:	Aminoácidos contenidos en g/100 g de proteínas	30
Cuadro 15:	Valor nutritivo de la harina de kiwicha, composición en 100 g de producto	31
Cuadro 16:	Características Físicas de la harina de kiwicha	31
Cuadro 17:	Requisitos microbiológicos para embutidos con tratamiento	41
Cuadro 18:	Restricciones sobre los ingredientes de la masa principal	64
Cuadro 19:	Tratamientos obtenidos a evaluar	64
Cuadro 20:	Diseño experimental de investigación	68
Cuadro 21:	Composición químico proximal de la carne de llama.....	69
Cuadro 22:	Composición químico proximal de la harina de kiwicha	70
Cuadro 23:	Composición químico proximal de la papa amarilla sancochada	71

Cuadro 24:	Valores observados y estimados del rendimiento de las formulaciones experimentales de la longaniza	71
Cuadro 25:	Análisis de Varianza (ANVA) de la ecuación de regresión para el rendimiento de la longaniza	73
Cuadro 26:	Prueba de Significancia para los Coeficientes del Modelo de Regresión del Rendimiento de la longaniza	74
Cuadro 27:	Valores observados y estimados de la dureza en las formulaciones experimentales de la longaniza	78
Cuadro 28:	Análisis de Varianza (ANVA) de la ecuación de regresión para la dureza de la longaniza	79
Cuadro 29:	Prueba de Significancia para los Coeficientes del Modelo de Regresión de la dureza de la longaniza	80
Cuadro 30:	Valores observados y estimados de estabilidad de pasta cruda de las formulaciones experimentales de la longaniza	84
Cuadro 31:	Análisis de Varianza (ANVA) de la ecuación de regresión el <i>Croma</i> de la longaniza	85
Cuadro 32:	Prueba de Significancia para los Coeficientes del Modelo de Regresión del <i>Croma</i> de la longaniza.....	86
Cuadro 33:	Formulación óptima de la longaniza de carne de llama	90
Cuadro 34:	Comparación de los resultados teóricos con los reales de a formulación óptima (carne de llama 86 por ciento papa amarilla 10 por ciento y harina de kiwicha 4 por ciento)	92
Cuadro 35:	Resultados del análisis proximal de la longaniza de carne de llama, papa amarilla y harina de kiwicha	93
Cuadro 36:	Puntuación General de comparación de Longaniza A (longaniza con soja) y B (longaniza óptima).....	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Distribución de guanacos, llamas y alpacas y vicuñas en América del Sur.....	4
Figura 2:	Llama raza <i>Q'ara</i>	6
Figura 3:	Llama de raza <i>Chaku</i>	7
Figura 4:	Escala de color en arreglo de vectores en tres ejes, donde L^* (luminosidad), va de claro a oscuro, a^* va de verde a rojo y b^* va de azul a amarillo	19
Figura 5:	Región <i>Simplex</i> para tres coordenadas	46
Figura 6:	Papel de coordenadas triangulares.....	46
Figura 7:	Dirección indicada para medir el efecto del incremento de la proporción de un componente.....	50
Figura 8:	Ploteo de la función de deseabilidad de dos lados, para valores de r y s	52
Figura 9:	División de los métodos de evaluación sensorial.....	53
Figura 10:	Ejemplo de cuestionario con escala hedónica de 9 puntos con más de dos productos	55
Figura 11:	Diagrama de flujo para la elaboración de longaniza con carne de llama, papa amarilla y harina de kiwicha.....	63
Figura 12:	Superficie de respuesta tridimensional del rendimiento expresado en porcentaje.....	75
Figura 13:	Ploteo de contornos del rendimiento de los componentes	75
Figura 14:	Trazos de Cox del rendimiento	76
Figura 15:	Superficie de respuesta de la dureza	81
Figura 16:	Ploteo de contornos de la dureza de los componentes.....	81
Figura 17:	Trazos de Cox de la dureza	82
Figura 18:	Superficie respuesta del <i>Croma</i>	87
Figura 19:	Ploteo de contornos del color expresados en <i>Croma</i> de los componentes.....	87
Figura 20:	Trazos de Cox expresados en <i>Croma</i> de los componentes	88
Figura 21:	Deseabilidad y punto óptimo de los componentes de la carne de llama, papa cocida y harina de kiwicha	91

Figura 22:	Superficie de respuesta de la formulación óptima de la longaniza...91
Figura 23:	Porcentajes de opiniones sobre COLOR de las longanizas A (longaniza con soja) y B (longaniza óptima)95
Figura 24:	Porcentaje de opiniones sobre OLOR de las longanizas A (longaniza con soja) y B (longaniza óptima)95
Figura 25:	Porcentajes de opiniones sobre SABOR de las longanizas A (longaniza con soja) y B (longaniza óptima)96
Figura 26:	Porcentajes de opiniones sobre TEXTURA de las longanizas A (longaniza con soja) y B (longaniza óptima)96

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1:	LONGANIZA FORMULA ÓPTIMA	107
ANEXO 2:	CARTILLA DE SELECCIÓN	108
ANEXO 3:	CARTILLA DE EVALUACIÓN SENSORIAL	108
ANEXO 4:	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE VALIDACIÓN DE LA FORMULACIÓN ÓPTIMA	109
ANEXO 5:	PRUEBA DE SIGNIFICANCIA MANN-WHITNEY	113

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la formulación óptima para la elaboración de una longaniza de carne de llama, papa amarilla y harina de kiwicha aplicando el diseño de mezclas con restricciones en sus componentes y determinar cómo afectan las proporciones de estos componentes en el rendimiento, dureza y color del producto final. Para efectos de esta investigación, en una primera etapa se evaluó la composición proximal de los ingredientes que componen la masa principal, carne de llama, papa amarilla y harina de kiwicha, a los cuales se aplicó el diseño de mezclas de tipo *Optimal-D* con restricciones mínimas y máximas sobre los porcentajes de los mismos. Como una segunda etapa, del diseño se obtuvo 19 formulaciones. Para cada formulación se evaluaron las variables respuestas mencionadas (rendimiento, dureza y color «Croma»), y con los resultados se determinaron los modelos matemáticos a los que se ajustaba la variable respuesta, además de analizar la influencia de los componentes de la mezcla mediante gráficos de contorno y Trazos de Cox. En una tercera etapa, se optimizó las variables respuestas utilizando el criterio de deseabilidad de formulaciones que cumplan con las siguientes restricciones: máximo rendimiento, dureza en rango y maximizar color (*Croma*). La formulación óptima presentó un 86 por ciento de carne de llama, 10 por ciento de papa amarilla y 4 por ciento de harina de kiwicha. Teniendo un rendimiento de 76,74 por ciento, una dureza de 4 334,16 g y un color (*Croma*) de 21,07. Finalmente, se realizó una evaluación sensorial donde se comparaba la formulación óptima de carne de llama, papa amarilla y harina de kiwicha con una formulación de carne de llama, papa amarilla y texturizado de soya (componente con mayor uso en la industria cárnica). Donde, en dicha evaluación no se mostraron diferencias significativas entre las muestras.

Palabras clave: Diseño de Mezclas, Carne de Llama, Kiwicha, Perfil de Textura, Rendimiento, Color, *Optimal – D*.

ABSTRACT

The objective of the present investigation was to determine the optimal formulation for the elaboration of a longaniza of llama meat, yellow potato and kiwicha flour, applying the design of mixtures with restrictions in its components and determine how they affect the proportions of these components in the yield, hardness and color of the final product. For the purposes of this investigation, in a first stage, the proximal composition of the ingredients that make up the main dough, llama meat, yellow potato and kiwicha flour were evaluated, to which the Optimal-D type mix design was applied, minimum and maximum restrictions on the percentages of them. As a second stage, the design produced 19 formulations. For each formulation the mentioned variables were evaluated (yield, hardness and «Chroma» color), and with the results the mathematical models to which the answer variable was adjusted were determined, besides analyzing the influence of the components of the mixture by means of contour graphics and Cox Traces. In a third stage, the response variables were optimized using the desirability criteria of formulations that comply with the following restrictions: maximum yield, hardness in range and maximum color (Chroma). The optimal formulation presented 86 percent of llama meat, 10 percent of yellow potatoes and 4 percent of kiwicha flour. Having a yield of 76,74 percent, a hardness of 4 334,16 g and a color (Chroma) of 21,07. Finally, a sensory evaluation was carried out in which the optimum formulation of llama meat, yellow potato and kiwicha flour was compared with a formulation of llama meat, yellow potato and textured soy (component with greater use in the meat industry). Where, in said evaluation, there were no significant differences between the samples.

Keywords: Design of Mixtures, Flame Meat, Kiwicha, Texture Profile, Performance, Color, Optimal – D.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, miles de familias campesinas de la región andina dependen de la actividad productiva de camélidos sudamericanos (CSA). Los bajos ingresos que genera la fibra de llama en el mercado, incentiva a la producción de carne, a fin de mejorar la rentabilidad del sistema de producción (Granados *et al.* 2007). Por tal, existe la necesidad de desarrollar tecnologías para fomentar el desarrollo de las comunidades dándole un valor agregado a los recursos naturales.

La llama (*Lama glama*) es un camélido domesticado andino. Su crianza se desarrolló con la cultura inca. El destino de estos animales era variado: proveían de carne, fibra, se los destinaba para carga y también se los empleaba para ritos religiosos. La conquista española trajo retrocesos para las comunidades andinas. Los camélidos como parte importante de esa cultura fueron muy afectados durante todo ese proceso (Albuja 2013).

La carne de llama presenta bondades nutricionales como alto valor proteico comparado con otras carnes de origen animal, vitamina D y bajo nivel de colesterol (diez veces menores que la carne de cordero o vaca) (Albuja 2013). En los últimos años se han realizado estudios de mercado, destacándose un enorme potencial en expansión de esta particular carne y sus derivados cárnicos, no solo en Sudamérica sino también para su exportación a los mercados europeos (Bravo 2008).

Otro de los recursos andinos de alto consumo y valor nutricional son los tubérculos. La papa, de alto contenido de almidón, ocupa el cuarto lugar mundial en alimento. La historia de la papa comienza unos 8 000 años cerca del lago Titicaca (3 800 m.s.n.m), donde se comenzó a domesticar su planta silvestre. Este tubérculo presenta diferentes usos como consumo fresco, como alimento e ingrediente alimentario industrial, piensos para el ganado bovino, porcino y aves de corral, almidón para la industria y tubérculos semilla para la siguiente cosecha (Chávez 2013).

El aporte de los cultivos andinos en la dieta de las comunidades andinas es básico. Donde una fuente importante de proteínas, mineral y energía (carbohidratos) lo tienen los granos andinos como la kiwicha. La kiwicha es un amaranto muy consumido en las comunidades altoandinas, contiene de un 13 a un 18 por ciento de proteínas y un alto nivel de lisina, aminoácidos esenciales para la nutrición. Su fibra comparada con otros cereales es suave y muy fina (Ayala 2014).

Ante esta situación existe la necesidad de crear alternativas para el consumo de carne de llama y hacerla más atractiva. Una de ellas es empleándola como materia prima para elaborar productos cárnicos como longanizas con inclusión de papa y adición de harina de kiwicha, originando no solo un producto de alto valor nutritivo sino una forma de fomentar el consumo de alimentos tradicionales y saludables.

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal el determinar una formulación óptima para la elaboración de longaniza con carne de llama con inclusión de papa cocida aplicando el diseño de mezcla. Adicionalmente, tuvo como objetivos específicos evaluar el rendimiento durante la elaboración de la longaniza, evaluar el color y el perfil de textura de la longaniza con carne de llama, papa cocida y harina de kiwicha; evaluar sensorialmente y determinar la composición proximal de la formulación óptima.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 LA LLAMA

2.1.1 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Según de Lamo (2011), la clasificación taxonómica de la llama es la siguiente:

Orden: *Artiodactyla*

Suborden: *Tylopoda*

Familia: *Camelidae*

Tribu: *Lamini*

Género: *Lama*

Especie: *Lama glama*

2.1.2 HABITAT

El hábitat de los camélidos andinos está constituido principalmente por las formaciones ecológicas de Puna y Altos Andes. Su altitud oscila entre los 3 800 y 4 500 metros. Su temperatura promedio es de entre 6 °C y 8 °C. Y su nivel de precipitación es de entre 400 mm y 700 mm. En general, los camélidos pueden vivir en zonas más altas de los 5 000 metros. La llama habita en todos los niveles, aunque prefiere los lugares secos (Brenetes *et al.* 2001).

La llama se distribuye actualmente en el sur del Perú, en el oeste de Bolivia, en la puna de Atacama, en Chile, y en el noroeste de Argentina, cubriendo una extensión de más de 2000 km en la Cordillera de los Andes (Dávila 2007).

En el Perú, la región ecológica que actualmente ocupan los camélidos es la puna, siendo este territorio más amplio de la región andina (35 por ciento de la sierra). Económicamente, constituye la segunda fuente de recursos naturales dentro de los grupos de pastores y de agricultores (Dávila 2007).

La figura 1 muestra una aproximación de la distribución actual de alpacas y llamas. De modo general, se les encuentra en zonas a más de 4 000 m.s.n.m. El mayor número de alpacas se encuentra en el Perú, mientras que Bolivia posee el mayor número de llamas (FAO 1996).

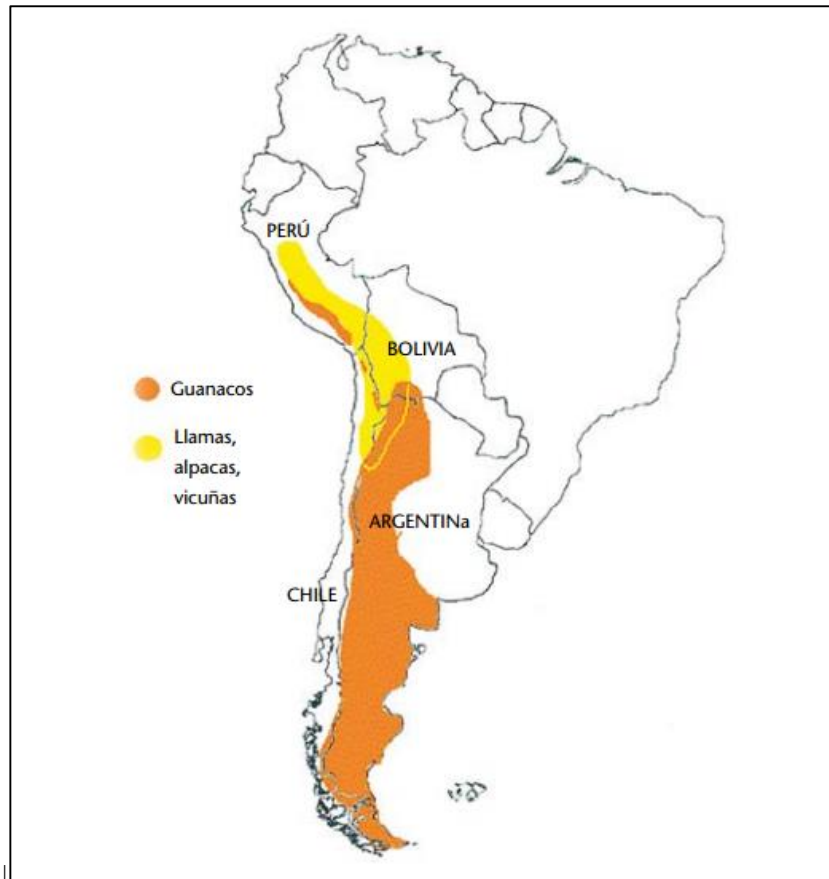


Figura 1: Distribución de guanacos, llamas y alpacas y vicuñas en América del Sur.

FUENTE: Tomado de Sepúlveda 2011

2.1.3 CARACTERÍSTICAS

La llama (*Lama glama*) es el camélido de mayor tamaño; puede alcanzar en peso adulto de 100 a 120 kg. Fue desarrollado fundamentalmente para el transporte y el abastecimiento de carne. Produce fibra de menor calidad que la alpaca y en menor cantidad. Presenta dos capas de fibra: una interior, fina y otra exterior gruesa (FAO 2005).

La llama tiene una figura esbelta y no puede ser distinguida por su color porque puede tener hasta medio centenar de tonalidades diferentes; tiene patas, cuello y cara alargados y puede alcanzar hasta una altura de 1,9 metros del piso a la cabeza. Su peso promedio de adulto es de 115 kg y al nacimiento de unos 11,5 kg (Bravo 2008).

Su periodo de gestación dura $348 \pm$ días, la hembra alcanza la madurez sexual al año, pero es servida recién entre los dos y tres años de edad, generalmente el macho se utiliza para procreación a los tres años. Su época de apareación y parición es entre enero y abril, después de un mes de la parición la hembra queda expedita para la fecundación (Bravo 2008).

Rodríguez (2004) sostiene que las llamas se utilizan preferentemente como animal de carga (puede cargar entre 25 y 30 kg) y tiene excelentes perspectivas como animal carnicero por su alto rendimiento y peso.

Las llamas se alimentan casi exclusivamente de hierbas perennes, especialmente cortas, típicas de estepas de altura, y también de vegetales como la *Distichia*, de brotes siempre verdes. En su mayor parte, las llamas se alimentan de gramíneas de los géneros *Festuca*, *Poa*, *Bromus*, *Calamagrostis* y *Stipa sp.* De todas ellas, las festucas y las calamagrostis se desarrollan mejor en los suelos húmedos y constituye la dieta preferida de los camélidos (Dávila 2007).

Sepúlvera (2011) menciona que entre las características anatómicas principales están:

- el labio superior dividido por un surco medio y de mayor tamaño que el inferior,
- los dientes son de crecimiento continuo existiendo un total de 28 a 32 dientes, donde su desgaste es producido por la acción de cortar y masticar los pastos del bofedal,
- la lengua no es protruible, es decir no pueden sacarla de la boca, por esa razón no pueden lamer,
- los dedos están separados, teniendo su segunda falange, dos almohadillas y una uña, esta constitución es beneficiosa para el bofedal, pues su caminar es suave y evita la erosión del suelo,
- la conformación de las patas traseras les permite descansar sobre el vientre con las rodillas dobladas.

La llama tiene un estómago rumiante más sencillo que el de los bovinos, con tres compartimentos. Tiene verdaderos caninos separados de los molares por diastemas y no tiene cuernos. Su cuello es largo con vértebras cervicales muy desarrolladas y su labio superior es hendido. Presenta glóbulos rojos elípticos y con buena afinidad por el oxígeno (Rodríguez 2004).

2.1.4 RAZAS

Existen dos razas, *Chaku* y *K'ara*, conocidas también con las denominaciones «Lanuda» y «Pelada», respectivamente. Se diferencian una de otra por la magnitud de cobertura del cuerpo. Existen tipos intermedios que pueden confundirse con el Huarizo, producto del cruce de llama con alpaca, que ocurre frecuentemente en sistema de crianza mixta como es el caso de la mayoría de pequeños productores (FAO 2005).

La mayoría son del tipo *Q'ara* o *K'ara* o pelada (figura 2), con poco desarrollo de fibra en el cuerpo y ausencia de fibras en la cara y piernas. El otro tipo, *Chaku* o lanuda (figura 3), tiene mayor cantidad de fibras en el cuerpo, que se extienden al frente de la cabeza y sale de las orejas, pero no cubre las piernas (Wheeleer, citado por de Lamo 2011).



Figura 2: Llama raza *Q'ara*.

FUENTE: Tomado de De Lamo 2011



Figura 3: Llama de raza *Chaku*.

FUENTE: Tomado de De Lamo 2011

2.1.5 SISTEMA DE PRODUCCION DE LLAMA

Las llamas se manejan y producen en sistemas de producción pequeños y por productores de escasos recursos económicos y naturales, confrontando la secuela de la marginalización de los sistemas de subsistencia (Quispe *et al.* 2009). En sistemas donde la producción de llama es un componente central, el pastoreo sigue una rotación estacional, más notoria en zonas de producción extensivas. En muchos de estos sistemas los bofedales, tienen gran significación por producir forraje durante el periodo seco (Quispe *et al.* 2009).

Existen arreglos comunitarios que en muchos casos determinan aspectos importantes en el manejo de los rebaños. Por ejemplo, en algunos sistemas los machos se incluyen en rebaños separados de las hembras para ser pastoreados por la comunidad en lugares alejados, y luego reunidos durante la época de monta que coincide con las lluvias de enero y marzo. Los rebaños mixtos incluyen hembras de producción y de reemplazo, y las crías y animales de un año sin separación de sexos. Cuando los machos alcanzan entre 12 y 18 meses de edad pueden ser destinados a la producción de carne o seleccionados como futuros reproductores (Quispe *et al.* 2009). Las prácticas de cría aplican procedimientos ancestrales, excepto en regiones donde se introdujeron nuevas tecnologías para el beneficiado de la esquila y/o la elaboración de carne salada y seca (*charqui*).

El tamaño del rebaño promedio varia con las zonas de producción fluctuando entre 40 a 60 llamas en zonas con mayor concentración de personas en las comunidades, y hasta 120 a 180 llamas en zonas con menor concentración y más extensivas (Quispe *et al.* 2009).

La infraestructura productiva es precaria, contándose sólo con corrales rudimentarios de piedra u otro material local, vecinos a la vivienda de los productores o en lugares específicos donde los animales pernoctan protegidos de predadores y del frío. Los sistemas productivos no tienen una naturaleza comercial pero progresivamente parecen orientarse hacia las demandas del mercado. Por ejemplo, en la región de Cochabamba, un centro con alta demanda de *charqui*, los productores intensificaron sus sistemas productivos, transportando machos jóvenes a zonas más bajas del valle, hacia terrenos propios o frutos de una transacción donde los engordan con mejores pastos y residuos de cosecha, para finalmente ser sacrificados y su carne procesada. Aparentemente esta carne está valorizada porque el mercado empieza a pagar una diferenciación (Quispe *et al.* 2009).

2.1.6 POBLACIÓN DE LLAMAS EN EL PERÚ

El Perú cuenta con la mayor población de alpacas, seguidas de llamas y finalmente las vicuñas. En el cuadro 1, se puede apreciar la población de camélidos sudamericanos en el Perú.

Cuadro 1: Población nacional de alpacas, llamas y vicuñas (miles de unidades)

AÑO	ALPACAS	LLAMAS	VICUÑAS
2000	3 068	1 184	119
2001	3 182	1 179	128
2002	3 336	1 206	138
2003	3 423	1 231	150
2004	3 432	1 237	161
2005	3 598	1 270	174
2006	3 626	1 256	188

«continuación»

2007	3 687	1 274	203
2008	3 781	1 263	---
2009	4 106	1 238	---
2010	4177	1245	---
2011	4322	1227	---
2012	3924	1193	---
2013	3978	1226	---

FUENTE: Tomado de INEI 2013

En el Perú, la mayor concentración de llamas se encuentra en el Departamento de Puno, seguido por Cusco y Huancavelica. La región Junín ocupa el cuarto lugar. La mayor cantidad de llamas en un departamento tiene que ver con las necesidades de uso de estos animales para el transporte de insumos agrícolas y de las cosechas pero al mismo tiempo constituyen una importante fuente de proteína para consumo humano (FAO 2005).

En lo referente a razas, según FAO (2005), hay un ligero predominio de *K'ara* que representa el 58 por ciento de la población de llamas a nivel nacional.

2.2 CARNE DE LLAMA

2.2.1 PRODUCCIÓN DE CARNE EN EL PERÚ

La producción de carne es un renglón importante en la crianza de camélidos. Primero, porque se trata de un alimento de alto valor nutritivo que contribuye de manera importante a la nutrición de los pueblos andinos, y segundo, porque con un debido reordenamiento de la estructura de los rebaños y mejora del manejo y la sanidad, es posible obtener beneficios económicos comparables con el aporte de la fibra (FAO 2005).

La producción total de carne depende naturalmente de la *saca* anual, es decir, del número de animales que anualmente se descartan del rebaño para ser destinados a sacrificios. Se estima que el porcentaje de *saca* anual, tanto en alpacas como en llamas, es del orden del 10 al 12 por ciento, debido al bajo porcentaje de hembras que se suele mantener en los rebaños, así como, a las bajas tasas de natalidad y alta mortalidad de crías. La *saca*, en gran

mayoría, está constituida por animales viejos, hembras y machos, que han llegado al final de su vida productiva. Esto hace que la presencia de *Sarcocistes* en la musculatura sea elevada y que la carne sea de inferior calidad (FAO 2005).

En el cuadro 2 se puede observar la producción de carne de llama y de alpaca anual en el Perú. Se puede determinar que la producción de carne de llama es inferior a la de alpaca desde el 2000 hasta el 2013.

No existen mataderos destinados exclusivamente al sacrificio de camélidos, se utilizan los mismos donde también sacrifican a otras especies. El único centro de beneficio y procesamiento de carne de camélidos que fue establecido y puesto en funcionamiento en la sierra de Arequipa, mediante un proyecto apoyado por la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI), fue desactivado por falta de mercado para los productos (FAO 2005).

Cuadro 2: Producción de carne de alpaca y llama (toneladas métricas)

AÑOS	PRODUCCIÓN DE CARNE	
	ALPACA	LLAMA
2000	7797	3186
2001	7713	3200
2002	8277	3446
2003	8204	3452
2004	9358	3842
2005	8867	3773
2006	8916	3883
2007	9366	4053
2008	9517	3952
2009	10189	4146
2010	10761	4075
2011	11318	4235
2012	11999	4350
2013	12169	4179

FUENTE: Tomado de INEI 2013

Las condiciones higiénicas de los mataderos formales, aunque varían de un lugar a otro, son en general aceptables y cuentan con los servicios de inspección veterinaria. Por el contrario, el beneficio clandestino, fuera de los mataderos, se lleva a cabo en condiciones higiénicas poco adecuadas y carentes de control sanitario e inspección veterinaria, lo que constituye un medio de propagación de enfermedades (FAO 2005).

2.2.2 VALOR NUTRITIVO DE LA CARNE DE LLAMA

La carne de camélidos tiene una composición nutritiva similar a la de otras especies domésticas; es por tanto una importante fuente de proteínas y otros elementos esenciales como minerales y vitaminas. Sus características organolépticas no difieren de la carne de otras especies aunque la procedente de machos enteros adultos puede tener un olor y sabor más fuertes (FAO 2005).

La carne de llama tiene un mayor contenido de proteínas en relación con otras carnes, y el bajo contenido de su grasa no incide en la formación de colesterol que responde a las necesidades y requerimientos del consumidor moderno (Bravo 2008).

Por otra parte, la carne de llama es sana, ya que no tiene ninguna enfermedad contagiosa que pueda poner en peligro la salud de la población, para contrarrestar ciertas susceptibilidades de las personas se dan a conocer ciertos aspectos sobre la triquina y la sarcosistis que son simples desconocimientos culturales acerca de la llama y de sus posibles enfermedades (Bravo 2008).

La carne es de un aspecto semejante a la carne vacuna y no posee un sabor y aroma distintivo. La grasa de la carne de los camélidos es muy blanca y tiene bajos niveles de colesterol. La carne fresca de los camélidos tiene niveles de colesterol diez veces menores que la carne de cordero o vaca por lo que su consumo sería recomendable y más saludable (Bravo 2008).

La carne de llama posee características que le son propias y que la diferencian de otras. Bravo (2008) sostiene que el pastoreo marginal genera una carne magra; característica que puede facilitar su difusión como un producto saludable. Por ejemplo, manifiesta que posee

un 20,3 por ciento de proteínas totales, contra 19 por ciento de la bovina y 16,5 por ciento del porcino magro.

En relación a otras especies, la carne de llama presenta alto niveles proteicos como se puede apreciar en el cuadro 3.

Cuadro 3: Composición química de la carne de algunos animales domésticos de mayor consumo

ESPECIE	HUMEDAD	PROTEÍNAS	GRASAS	CENIZAS
	(%)	(%)	(%)	(%)
Vacuno ⁽¹⁾	72,72	21,01	4,84	0,91
Ovino ⁽¹⁾	72,24	18,91	6,53	2,016
Porcino ⁽¹⁾	59,18	19,37	20,06	0,79
Caprino ⁽¹⁾	73,80	20,65	4,30	1,25
Gallina ⁽¹⁾	72,04	21,87	3,76	1,31
Pato ⁽¹⁾	70,08	19,60	7,85	1,47
Cuy ⁽²⁾	70,60	20,30	7,80	0,80
Llama ⁽¹⁾	69,17	24,82	3,69	1,41
Alpaca ⁽³⁾	70,80	21,88	5,13	1,30

⁽¹⁾: Sumar, citado por Salinas 2006; ⁽²⁾: Aliaga, citado por Salinas 2006, ⁽³⁾: Jeri, citado por Salinas 2006.

FUENTE: Adaptado de Salinas 2006

Las carnes de camélidos son magras, dietéticas y de alto valor nutritivo. Poseen ventajas con respecto a las demás carnes rojas, porque tienen un mayor contenido de proteínas. La carne de llama y alpaca, con alto niveles de minerales, son las únicas que contienen magnesio 25,47 mg/100 g (alpaca) y 19,47 mg/100 g (llama), el cual es fundamental en numerosas rutas metabólicas previniendo el envejecimiento (Salinas 2006).

La proporción de los componentes varía con la edad. La humedad decrece conforme aumenta la edad. El contenido proteico alcanza su máximo a los cuatro años y desde los cinco empieza a decrecer, mientras que la grasa, que es reducida, se incrementa varias veces conforme avanza la edad (Lamas 2007).

En el cuadro 4, se puede observar que la composición química del músculo *Longissimus dorsi* de llamas de tres diferentes autores, donde los resultados de los análisis proximales son muy parecidos, donde en general la carne de llama es baja en grasa.

Cuadro 4: Composición proximal y contenido de colesterol del músculo *Longissimus dorsi* de la llama

	LLAMA ⁽¹⁾	LLAMA ⁽²⁾	LLAMA ⁽³⁾
Humedad (%)	73,9±1,9	73,3±0,8	72,8±2,2
Grasa (%)	0,5±0,0	1,6±0,7	3,3±0,7
Proteína (%)	23,1±0,9	23,9±0,8	24,3±2,7
Cenizas (%)	2,4±0,3	1,2±0,1	1,4±0,3
Colesterol (mg/100 g)	56,3±2,9	39,0 ±1,9	57,7±2,0

⁽¹⁾: Cristofanelli *et al.*, citados por Mamani-Linares *et al.* 2014; ⁽²⁾: Mamani-Linares y Gallo, citados por Mamani-Linares *et al.* 2014; ⁽³⁾: Condori *et al.*, citados por Mamani-Linares *et al.* 2014

FUENTE: Adaptado de Mamani-Linares *et al.* 2014

Polidori *et al.* (2007a) mencionan que la composición de ácidos grasos en la carne de llama es 50,34 por ciento de ácidos grasos saturados; 42,48 por ciento de ácidos grasos monoinsaturados y 7,18 por ciento de ácidos grasos poliinsaturados; por lo que se considera una alternativa saludable en comparación a la carne de vacuno.

En el cuadro 5, se puede observar comparativamente la sumatoria de los ácidos grasos (AGS), monoinsaturados (AGMI) y poliinsaturados (AGPI), los contenidos de n-6 y n-3 y de algunos coeficientes importantes desde el punto de vista nutritivo de la grasa intramuscular de camellos, llamas y alpacas.

En el cuadro 6, se puede apreciar que la carne de llama presenta un mejor perfil de minerales comparado a la carne de alpaca. Polidori *et al.* (2007b) manifiestan que la carne de llama presenta un contenido similar de potasio, fósforo y sodio (microelementos esenciales de la dieta humana) comparados con la carne de camello y vacuno.

Cuadro 5: Contenido de las sumatorias de diversos ácidos grasos y sus cocientes en la grasa intramuscular de camello, llama y alpaca, expresado como porcentaje de los ácidos grasos totales (peso/peso)

	CAMELLO	LLAMA	ALPACA
AGS	51,54	50,34	51,23
AGMI	29,90	42,48	37,06
AGPI	18,55	7,18	11,71
AGPI/AGS	0,36	0,14	0,26
n-3	1,42	0,82	2,05
n-6	15,42	4,91	7,69
n-6/n-3	10,86	5,99	3,74

FUENTE: Tomado de Salvá *et al.* 2010

Cuadro 6: Valor medio \pm desviación estándar del contenido de minerales (mg/100 g) de *Longissimus thoracis* en carcasas de llama

MINERAL	LLAMA (n=20)	ALPACA (n=30)
Calcio	11,6 \pm 3,31	8,79 \pm 2,21
Magnesio	28,4 \pm 7,11	23,1 \pm 5,43
Postasio	447,1 \pm 69,5	411,7 \pm 80,1
Fósforo	379,4 \pm 67,7	338,0 \pm 58,9
Sodio	105,6 \pm 33,1	91,8 \pm 22,7
Zinc	4,44 \pm 0,81	3,87 \pm 0,93
Hierro	3,26 \pm 0,71	3,03 \pm 0,89

FUENTE: Tomado de Polidori *et al.* 2007b

En el siguiente cuadro 7, se menciona el contenido de aminoácidos del músculo *L. dorsi* de llama y de otros rumiantes.

Cuadro 7: Contenido de aminoácidos del músculo *Longissimus dorsi* de llamas y otros rumiantes (porcentaje) sobre el total de aminoácidos)

AMINOÁCIDOS	ALPACA	LLAMA	BOVINO
Ácido glutámico	16,6 ± 1,8	14,9 ± 0,6	17,3 – 18,6
Ácido aspártico	12,1 ± 1,8	9,8 ± 0,4	9,6 – 11,5
Isoleucina + leucina	11,4 ± 1,1	10,9 ± 0,2	13,1 -15,1
Lisina	11,1 ± 2,8	11,7 ± 0,7	9,1 – 10,6
Histidina + treonina	7,6 ± 0,5	8,5 ± 0,3	6,6 – 7,8
Alanina	7,3 ± 0,5	3,4 ± 0,1	6,4 - 7,1
Arginina	6,9 ± 1,5	6,9 ± 0,2	6,7 – 7,6
Glicina	6,0 ± 0,5	4,5 ± 0,3	4,7 – 5,6
Fenilalanina + triptófano	5,2 ± 2,9	3,3 ± 0,1	5,8 – 6,2
Serina	4,8 ± 0,3	4,2 ± 0,3	4,5 – 3,9
Valina	3,3 ± 0,3	4,9 ± 0,3	5,3 – 6,7
Prolina	3,3 ± 0,3	9,1 ± 0,2	4,1 – 5,1
Tirosina	2,4 ± 0,3	4,4 ± 0,4	3,8 – 4,6
Metionina	2,2 ± 0,8	2,6 ± 0,4	2,7 – 3,9
Cistina	n/d	1,0 ± 0,4	1,2 – 1,3

FUENTE: Tomado de Mamani-Linares *et al.* 2014

2.2.3 PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DE LA CARNE DE LLAMA

Propiedades tecnológicas de la carne como el pH, la capacidad de retención del agua, la textura, color y su estabilidad permiten evaluar su aptitud y comportamiento en las etapas de conservación, comercialización, industrialización y preparación para el consumo.

a. pH

El pH es un parámetro importante relacionado con la susceptibilidad de la carne a su deterioro y se usa para decidir sobre el tipo de procesamiento al que se va a destinar la carne. El pH depende de factores tales como el estrés *ante-mortem* al que ha sido expuesto el animal, factores genéticos predisponentes a dicho estrés, condiciones *post-mortem*, sexo, clase, tipo de alimentación recibida entre otros (Salvá *et al.* 2010).

Zimmerman (2010) menciona que una vez ocurrido el sacrificio del animal, se lleva a cabo el proceso de transformación del músculo a carne. La carne es el resultado de dos cambios bioquímicos que ocurren en el periodo *post-mortem*: el establecimiento del *rigor mortis* y la maduración. El principal proceso que se lleva a cabo durante el establecimiento del *rigor mortis* es la acidificación muscular.

En un músculo en reposo, el ATP (adenosín tri-fostato) sirve para mantener el músculo en estado relajado. Tras la muerte del animal, cesa el aporte sanguíneo de oxígeno y nutrientes al músculo, de manera que el mismo debe utilizar un metabolismo anaeróbico para transformar sus reservas de energía (glucógeno) en ATP con el fin de mantener su temperatura e integridad estructural. El ATP formado se obtiene a través de la degradación del glucógeno en ácido láctico. Este último ya no puede ser retirado por el sistema sanguíneo, por lo tanto va a provocar el descenso del pH muscular (Warris, citado por Zimmerman 2010). En los casos que el animal se somete a un estrés prolongado antes del sacrificio, consume prácticamente sus reservas de glucógeno, de allí que no hay glicolisis anaerobia *post-mortem*, por lo que las carnes presentan la condición conocida como «corte oscuro» (Hood y Tarrant, citados por Mamani-Linares *et al.* 2014).

El valor final del pH es medido aproximadamente a las 24 horas después del sacrificio, como la velocidad de caída del mismo durante la transformación del músculo en carne, afectan las características organolépticas y tecnológicas de la carne (Zimmerman 2010).

Zimmerman (2010) también menciona que existen factores que afectan el pH de la carne, donde es necesario discriminar tres momentos por los que pasa el animal y/o la carne. Estos momentos y sus factores son: *antemortem* (raza, sexo, edad y peso, sistema de producción, y dieta y aditivos), *premortem* (estrés, transporte, aturdimiento pre-sacrificio y sacrificio) y *postmortem* (frío, tiempo de oreo) (Zimmerman 2010).

En la Norma Técnica Peruana 201.043 (INDECOPI 2005) se menciona que el pH de la carcasa y los cortes de llama y alpaca debe encontrarse entre 5,5 y 6,4.

b. Capacidad de retención del agua (CRA)

La Capacidad de Retención de Agua (CRA) se define como la capacidad de la carne para retener el agua durante la aplicación de fuerzas externas, tales como corte, calentamiento,

trituration o prensado. La CRA es una propiedad tecnológica importante que determina las pérdidas de peso, principalmente por la liberación de jugos, que se producen en toda la cadena de distribución y transformación de la carne. Los valores de CRA pueden ocasionar pérdidas económicas, al afectar la calidad de la carne y sus productos (jugosidad, palatabilidad, etc.). Los factores que influyen sobre la CRA de la carne son el espacio entre las miofibrillas (espacio donde se retiene el agua) y la presencia de moléculas del agua (Mamani-Linares *et al.* 2014).

La CRA de los camélidos ha demostrado ser ligeramente menor a la de otras especies. En llamas se observa altos valores de pérdidas por descongelamiento, posiblemente al bajo contenido de grasa intramuscular (Mamani-Linares *et al.* 2014).

La CRA puede afectar también a la calidad de la carne y de los productos obtenidos (jugosidad, palatabilidad, pérdidas de nutrientes, etc.) (Salvá *et al.* 2010). La CRA es influenciada (hasta cierto punto) por el pH del músculo, mientras más alejado este el pH del punto isoeléctrico de las proteínas del músculo, más agua se retendrá. Por ejemplo, en valores superiores a 5,8 de pH, se favorece la capacidad de las proteínas para ligar las moléculas de agua. Además del pH, otros factores afectan la CRA, son la especie de que proviene la carne, el tipo de fibra, la estabilidad oxidativa de sus membranas, el proceso de maduración, y de ser el caso, el sistema utilizado para congelar y descongelar las carnes (Braña *et al.* 2011).

Cristofanelli *et al.* (2004), sostienen que la CRA de los músculos de llama y alpaca podrían ser modificadas en el futuro si se aplican técnicas de alimentación apropiadas para optimizar la calidad de la carne, especialmente en la producción de llama.

c. Color

El color de la carne es un factor importante que influye en la aceptación del consumidor, en las decisiones de compra y en la satisfacción proporcionada por los productos cárnicos. El color está relacionado con la concentración de mioglobina y pigmentos proteicos presentes en el músculo. Entre los factores que pueden influir en el color de la carne se encuentran las enzimas, la dieta, la edad del animal y actividad física (Mamani-Linares *et al.* 2014).

En la carne, al igual que otros materiales no metálicos, al incidir un rayo de luz en su superficie se produce una reflexión difusa, esa reflexión es lo que se define como el color. Así, al incidir una luz blanca sobre una sustancia, ciertas longitudes de onda que componen esa luz blanca, serán absorbidas por la muestra, el color estará formado por la combinación de aquellas longitudes de onda que no fueron absorbidas por la sustancia (Braña *et al.* 2011).

Para definir el color Braña *et al.* (2011) sostienen que se utilizan tres características: el Tono también llamado «Hue» se refiere al nombre del color (amarillo, rojo, azul, verde, etc.), este resulta de la suma de estímulos generados en la retina, cuando recibe impulsos con diferentes longitudes de onda. Estos colores pueden tener diferente intensidad, pudiendo ser colores muy intensos o muy débiles en términos de saturación de color se denomina «Croma». Finalmente, la «Luminosidad» nos indica que tan claro u oscuro es un color (Braña *et al.* 2011). Para las mediciones objetivas es el uso de equipos colorimétricos. La mayoría de estos equipos utilizan las escalas Hunter y CIELAB, las cuales son reconocidas para evaluar el color de la carne.

El espacio de color Hunter L, a, b se basa en un esquema de vectores que representan de forma tridimensional, y que están basados en la teoría de los colores opuestos. La integran los parámetros L, a y b. L se refiere a la luminosidad y se ubica verticalmente, tomando valores de 100 (blanco) y 0 (negro); mientras que a y b, ubicados horizontalmente, no tienen límites, pero sí valores positivos y negativos. La escala de a se mueve de los valores positivos (rojos +) a los negativos (verde -); mientras que la escala de b va del amarillo (+) al azul (-), tal como se muestra en la figura 4. Todos los colores que se pueden percibir visualmente se pueden mostrar en el espacio rectangular de color (Braña *et al.* 2011).

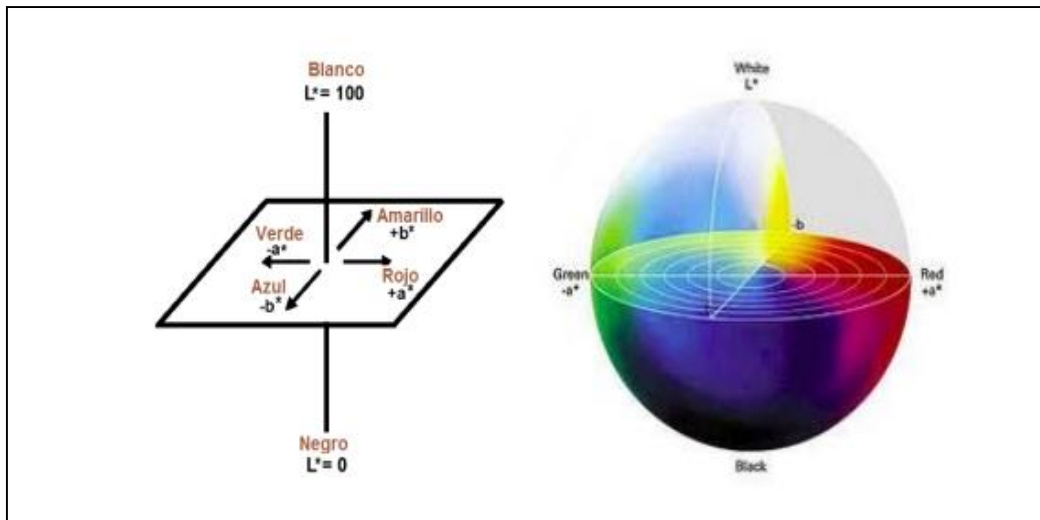


Figura 4: Escala de color en arreglo de vectores en tres ejes, donde L^* (luminosidad), va de claro a oscuro, a^* va de verde a rojo y b^* va de azul a amarillo.

FUENTE: Tomado de Braña *et al.* 2011

Braña *et al.* (2011) manifestaron que el parámetro de L^* se correlaciona con el estado físico de la carne, debido al pH final del músculo, a la estructura de las fibras musculares y a la cinética implicada para establecer el rigor mortis; mientras que el tono es determinado por el estado químico del pigmento de mayor concentración en la carne, la mioglobina (Mb, de color rojo púrpura, oximioglobina, MbO_2 , de color rojo vivo; metamioglobina, MetMb, de color pardo). El tono en la carne fresca está relacionado con los factores *post-mortem*, mientras que el *Croma*, se relaciona más con la concentración de mioglobina, que influye directamente en la saturación del color del músculo y se relaciona principalmente con los factores *ante-mortem* (tipo de músculo, edad, alimentación, genética, etc.).

Las mediciones de color en la carne son afectadas por la nutrición del animal, la velocidad de enfriamiento de la canal, el tipo de músculo, la orientación de las fibras, el pH del músculo, el tiempo y la temperatura de almacenamiento *pos-mortem*, el tiempo de exposición del músculo al oxígeno, el grado y la distribución de marmoleo, la humedad y brillo de la superficie y la concentración de mioglobina (Braña *et al.* 2011).

d. Terneza

La terneza puede ser definida como la facilidad con que la carne se deja masticar, que puede descomponerse en tres sensaciones por el consumidos; una inicial o facilidad a

penetración y corte, otra más prolongada que sería la resistencia que ofrece a la rotura a lo largo de la masticación, y un final que daría sensación de residuos más o menos importante (Mamani-Linares *et al.* 2014).

La fuente de variación de la terneza se puede atribuir a la edad, sexo, peso, raza del animal, músculo marmoleo, tasa y extensión de glicólisis y estrés *ante mortem* (Mamani-Linares *et al.* 2014). También al sistema de refrigeración y congelación, maduración de la carne, acortamiento de los sacómeros (estado de contracción muscular), características del tejido conjuntivo, temperatura de cocción de la carne e inclusive el uso de los sistemas de ablandamiento (Braña *et al.* 2011).

Para el caso de carne cocida, además de los anteriores factores, también es necesario considerar el método de cocción utilizado en su preparación. Cuando la carne es cocinada a altas temperaturas se genera endurecimiento; mientras que si la cocción es prolongada esto puede aumentar la suavidad si la carne presenta un alto contenido de colágeno, pues provoca gelatinización del mismo (Braña *et al.* 2011).

Según Muir *et al.* y Monsón *et al.*, citados por Mamani-Linares *et al.* (2014), la terneza de la carne es función del contenido de colágeno (totales y solubles), estabilidad térmica y estructura de las miofibrillas del músculo (degradación proteínas miofibrilares). Asimismo, el contenido de colágeno parece estar altamente correlacionado con la fuerza de corte de la carne, aunque frecuentemente se observa una baja correlación con carne cocida.

Otro factor que influye sobre la terneza es la estimulación eléctrica. Se ha demostrado que la estimulación eléctrica en canales de alpaca, luego de 60 minutos de sacrificio, mejora la calidad organoléptica de la carne (Salvá *et al.* 2010).

2.2.4 CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS Y ORGANOLÉPTICAS DE LA CARNE DE LLAMA

La Norma Técnica Peruana 201.043 (INDECOPI 2005) sostiene que la carne de llama debe ser obtenida de animales sanos, faenados bajo inspección veterinaria en mataderos autorizados y de plantas faenadoras o camales autorizados por la autoridad competente. Además no deberán tener residuos de antibióticos, conservadores, ablandadores o

sustancias que por naturaleza atentan contra la salud del consumidor. En el cuadro 8 se puede observar los requisitos microbiológicos para la carne de llama en esta norma.

Cuadro 8: Requisitos microbiológicos para carne de llama fresca y congelada

INDICADOR MICROBIOLÓGICO	LÍMITE
Recuento de microorganismos aerobios mesófilos	Menor a 10^6 ufc/g
Detección de <i>Salmonella</i>	Ausencia en 25 g
Recuento de <i>Escherichia coli</i>	Menor a 10^2 ufc/g
Numeración de bacterias psicrófilas	Menor a 10^5 ufc/g
Recuento de coliformes totales	Menor a 10^2 ufc/g
Numeración de <i>Staphylococcus aureus</i>	Menor a 10^2 NMP/g

FUENTE: Tomado de INDECOPI 2005

2.2.5 APROVECHAMIENTO DE LA CARNE DE LLAMA

La FAO (2005) menciona que el consumo de la carne de llama es en la forma de carne fresca o procesada (carne deshidratada o embutidos). El procesamiento tanto de la carne fresca como la deshidratada se hace de manera artesanal, siguiendo en muchos casos técnicas ancestrales.

La carne que proviene de los mataderos se destina mayormente al consumo directo en la forma de carne fresca y, en menor proporción a la elaboración de otros productos, como embutidos. Por lo general, no se practica la clasificación de canales por calidad y tampoco existe un sistema estandarizado de cortes. Se sigue un sistema similar al de ovinos. Una de ellas consiste en dividir la canal en tres partes principales: el «bistec» (pierna y brazuelo) que representa al 47 por ciento; el «churrasco» (lomo, churrasco de costilla) que representa al 15 por ciento, y «sancochado» (pescuezo pecho, osobuco, costillar y falda) que constituye al 38 por ciento restante (FAO 2005).

Una parte considerable de la carne de llama se comercializa previo proceso de deshidratación, en forma de *charqui* o *chalonga*. En ambos casos se utilizan tecnologías

artesanales que se remontan a la época pre-hispánica y consiste básicamente en el secado de la carne con adición de sal y condimentos (FAO 2005).

La elaboración de embutidos a base de carne de camélidos aún no ha alcanzado gran magnitud pese el potencial que tiene esta forma de uso para abrir un mayor mercado a este tipo de carne y promover sistema de crianza orientados al suministro de animales más tiernos y de mayor calidad al mercado (FAO 2005).

2.3 LA PAPA

2.3.1 ASPECTOS GENERALES

La papa en Latinoamérica, o patata en España, es un tubérculo comestible que pertenece a la familia de las solanáceas cuyo nombre científico es *Solanum tuberosum*. Procede de América del Sur, más concretamente del Altiplano Andino. Los conquistadores españoles la llevaron a Europa en 1 570 d.C., expandiéndose después por todo el mundo. Actualmente, los principales productores son: China, Rusia, India, EE.UU., Ucrania, Polonia y Alemania (Mateo *et al.* 2011).

La papa es el cuarto cultivo alimenticio más importante del mundo, después del arroz, el maíz y el trigo. Es el que aporta mayor cantidad de carbohidratos a la dieta de millones de personas en los países en desarrollo, siendo fundamental para los países de Sudamérica, África, y el continente asiático en su totalidad (Chávez 2013).

El proceso de domesticación y cultivo la papa empezó hace miles de años, en los valles interandinos y las vertientes occidentales de los Andes peruanos, donde el *Solanum tuberosum* evolucionó en su remarcable diversidad genética. Cuando los europeos llegaron a América, la población andina ya era altamente de la papa cultivada (Chávez 2013).

Se calcula que en todo el Tahuantinsuyo, los incas habían logrado domesticar y cultivar cerca de 3 000 variedades agrupadas en ocho especies de papa, de las cuales cerca de 1 000 se habría extinguido (Chávez 2013).

A la fecha, en los Andes del Perú, Bolivia y Ecuador se cultivan alrededor de 2 000 variedades. Hoy en día el Perú es el primer productor de papa en América Latina con 3,3 millones de toneladas al año y es el principal sustento alimenticio de más de 450 mil familias que habitan los diferentes ecosistemas andinos (Chávez 2013).

El consumo anual de papa en el Perú es de alrededor de 75 a 77 kilos por persona. Muchísimo menos que en Europa. Los franceses, por ejemplo, consumen 150 kilos. La importancia económica de la papa se manifiesta en la cantidad de hectáreas que se utilizan para cultivarla. En el Perú, se siembran en 19 departamentos, desde el nivel del mar hasta los 4 200 metros de altura. La superficie promedio empleada en total es de 260 000 hectáreas, que producen tres millones de papa al año. Se calculan que son aproximadamente 600 000 los productores de papa y que esta actividad genera 110 000 puestos de trabajo. Los peruanos consumimos el 94 por ciento de la producción fresca y solo el seis por ciento es procesado como papa seca, hojuelas puré y almidón. La papa alcanza su máximo crecimiento y desarrollo entre los 10 y 15 grados Celsius, es decir, en zonas frías (Muñoz-Nájar 2008).

La textura en la papa también es importante. Según la Asociación Europea para la Investigación de la Patata, citado por Mateo *et al.* (2011), dependiendo de su textura después de cocidas, las papas pueden clasificarse en categorías destinadas a las distintas utilidades culinarias:

- Tipo A: o papas para ensalada, de carne firme, poco harinosa, acuosa y que no se disgrega durante la cocción.
- Tipo B: papas para usos diversos, de carne firme, poco harinosa, se disgregan poco y sirven para elaborar la mayoría de platos.
- Tipo C: papas para puré, de carne seca basta, harinosa, que se disgrega. Útil para purés, para hornear y para freír.
- Tipo D: papas frecuentes, de carne harinosa, sufren de mucha disgregación en la cocción.

Su textura y, por lo tanto la propiedad de disgregación en el calentamiento, está relacionado con el contenido de materia seca (a su vez relacionado con la cantidad de

almidón), con el grado de madurez y con el tamaño de las células y su porcentaje de almidón. (Mateo *et al.* 2011).

El uso de la papa en la elaboración de embutidos se puede considerar como atípico. No obstante, has embutidos típicos de regiones muy limitadas de la Península Ibérica que incluyen a la papa en su formulación como es el caso del chorizo patatera (Mateo *et al.* 2011).

2.3.2 VARIEDADES DE PAPA

Existen diferentes puntos de vista en cuanto al número de especies de papa cultivada. La taxonomía formal de Ochoa, citado por CIP y FEDECH (2006), reconoce 9 especies; la de Hawkes, citado por CIP y FEDECH (2006), siete especies; y la Huamán y Spooner también citados por CIP y FEDECH (2006), reconoce una especie con 8 grupos taxonómicos. El Centro Internacional de la Papa (CIP) comúnmente considera la clasificación de 8 especie cultivadas.

Por su origen, las variedades de papa se pueden clasificar en nativas y modernas. Las primeras tienen una antigüedad de cerca de 5 000 años y, desde épocas ancestrales, solo se cultivan en las comunidades campesinas ubicadas entre los 3 000 y 4 200 metros de altura. Las variedades nativas más conocidas son la *Huagalina*, la *Huayro*, la *Huamantanga*, la *Peruanita*, la *Amarilla Tumbay*, la *Wira Pashña* y la *Ccompis*. Las otras modernas, no tienen más de 55 años de antigüedad y son conocidas como mejoradas o blancas. Muchas de ellas fueron trabajadas por el doctor Carlos Ochoa, como la *Yungay* y la *Tomasa Condemayta*. Pero también estás la *Perricholi*, la *Libertaña* y la *Serranita* (Muñoz-Nájar 2008).

En el siguiente cuadro 9, se menciona las especies de papas cultivadas.

Cuadro 9: Especies de papas cultivadas

ESPECIE	SUBESPECIE
<i>Solanum tuberosum</i>	Tuberosum andigena
<i>Solanum goniocalyx</i>	-
<i>Solanum stenotomum</i>	-
<i>Solanum chaucha</i>	-
<i>Solanum phureja</i>	-
<i>Solanum juzepczuhii</i>	-
<i>Solanum curtilobum</i>	-
<i>Solanum ajanhuiri</i>	-

FUENTE: Tomado de CIP y FEDECH 2006

2.3.3 VALOR NUTRICIONAL

La papa es un alimento que tiene un gran contenido de carbohidratos y proteínas que son elementales en la dieta diaria de las personas, y muy poca en grasa, cuya ingesta es justamente la que debemos controlar. Por otra parte, la papa tiene varios micronutrientes que la hacen más interesante todavía. Los especialistas sostienen, por ejemplo, que una papa de 150 gramos aporta más de la cuarta parte de las necesidades básicas de vitamina C que requiere un adulto. La papa también contiene cantidades moderadas de hierro (que la abundancia de vitamina C ayuda a absorber) (Muñoz-Nájjar 2008).

Además, posee antioxidantes que previenen enfermedades relacionadas con el envejecimiento; fibra, cuyo consumo es muy beneficioso para la salud; vitaminas B1, B3 y B6, potasio, fósforo, magnesio, folato y otros minerales. La papa cosechada tiene un 80 por ciento de agua y 20 por ciento de materia seca; entre el 60-80 por ciento de esta materia seca es almidón. La cáscara de la papa contiene vitaminas y minerales por lo que es recomendable lavarla bien antes de cocerla y consumirla sin pelar (Muñoz-Nájjar 2008).

Los principales componentes de la papa son el agua, que representa aproximadamente el 78 por ciento del peso y el almidón, que representa un 18 por ciento. Así pues, las papas son especialmente ricas en hidratos de carbono, que resultan, muy buena fuente de energía. El hidrato de carbono más importante es el almidón (Mateo *et al.* 2011).

Cuadro 10: Composición media de la papa en base a materia seca

COMPONENTE	RANGO MEDIO (%)
Almidón	70
Sacarosa	0,5-1,0
Azúcares reducidos	0,5-2,0
Nitrógeno total	1,0-2,0
Proteína	0,5-1,0
Grasa	0,3-0,5
Fibra dietética	6-8
Minerales	4-6

FUENTE: Tomado de Mateo *et al.* 2011

Cuadro 11: Composición de la papa (aproximadamente en 100 gramos de porción) media de la papa en base a materia seca

COMPONENTE	CANTIDAD APROXIMADA EN 100 G DE PORCIÓN
Calorías	87
Agua	77 g
Vitamina C	13,0 mg
Proteínas	1,87 g
Grasa	0,1 g
Fibra	1,8 g
Carbohidratos	20,13 g
Calcio	5 mg
Potasio	379 mg
Fósforo	44 mg
Hierro	0,31 mg
Niacina	1,44 mg
Tiamina	0,106 mg
Riboflavina	0,02 mg

FUENTE: Tomado de Muñoz-Nájar 2008

2.4 KIWICHA

2.4.1 ASPECTOS GENERALES

La kiwicha o científicamente llamada *Amaranthus caudatus* que en griego se puede traducir como «lo que nunca muere» o «valiente luchador»; es altamente resistente a herbicidas; sin embargo, este amaranto tiene más proteínas y vitaminas que la soja (Portella 2011).

La kiwicha (*Amaranthus caudatus*) es una planta comúnmente cultivada durante el tiempo de los incas y otras culturas anteriores en el Perú. El valor nutricional de la kiwicha tanto como la quinua, es excepcional (Repo de Carrasco y Encina 2008).

La variedad *Amaranthus caudatus* es cultivada tanto en América como en África y Asia. En Sudamérica se cultiva en péqueñas parcelas, desde el sur de Colombia hasta el norte de Argentina, siendo los campos más frecuentes en los valles interandinos de Perú, Bolivia y norte de Argentina (Sumar, 1993; Lescano, citado por Sierra y Selva Exportadora s.f.).

De acuerdo al Ministerio de Agricultura, citado por Torres (2009), la kiwicha es una planta dicotiledónea. Su tallo central puede alcanzar de 2 a 2,5 metros de altura en la madurez a pesar que algunas variedades son más pequeñas. Las ramas de forma cilíndrica, pueden empezar tan abajo como la base de la planta dependiendo de la variedad de ésta. La raíz principal es corta y las secundarias se dirigen hacia abajo, dentro del suelo. Sus vistosas flores brotan del tallo principal, en algunos casos las inflorescencias llegan a medir 90 centímetros. La inflorescencia puede ser erecta, semi-erecta o laxa, presentan variados colores como rojo intenso, amarillo, verde, rosado, anaranjado o morado. Los frutos contienen una sola semilla. Estas semillas raramente alcanzan mm de diámetro y presentan una diversa gama de colores que van desde el negro pasando por el rojo hasta el marfil y blanco. La cubierta de la semilla es brillante y el embrión es de forma curva envolviendo al endospermo. A diferencia de la quinua, la kiwicha no tiene saponinas amargas.

Durante el cultivo, la semilla es esparcida en el campo o sembrada en pendientes. Las semillas germinan mínimo en tres días pero las plantas demoran en brotar y esto origina que sean muchas veces invadidas por mala hierba. La cosecha de la kiwicha tarde entre

cuatro a seis meses en madurar, pero en algunas zonas andinas toma 10 meses. La productividad promedio es de 1 000 a 3 000 kg de semillas por Ha (Torres 2009).

La kiwicha contiene los granos comestibles más pequeños del mundo, tienen forma redondeada, son ligeramente aplanados, miden de 1 a 1,5 mm de diámetro y poseen colores de acuerdo con la variedad a la que pertenece. Los granos contienen entre 13 y 18 por ciento de proteínas y aminoácidos esenciales en su endospermo, a diferencia de los otros cereales que los contienen en su cáscara (Sierra y Selva Exportadora s.f.).

2.4.2 VARIEDADES DE KIWICHA

Las variedades más conocidas de kiwicha, según Sierra y Selva Exportadora (s.f.), son:

- Noel Vietmeyer: de grano rosado y no usado como hortaliza.
- Oscar Blanco – Canaan INIA: de grano blanco y usado como hortaliza.
- Centenario: de grano blanco y usado como hortaliza.
- La kiwicha INIA 413 Morocho Ayacuchano logra un rendimiento de 3 595 kg/ha.
- *Chullpi*: con granos tipo reventón, adecuados para cocción en seco.

2.4.3 VALOR NUTRICIONAL

La kiwicha es uno de los granos andinos que se caracteriza por contener proteínas de alto valor biológico (aminoácidos esenciales disponibles al organismo animal para satisfacer su requerimiento durante una situación biológica) y valor nutricional (aminoácidos para síntesis de proteínas totales juntamente con otros nutrientes) (Ayala 2014). En el cuadro 12 se observa la composición química y nutricional de la kiwicha cruda y tostada. En el cuadro 13, se aprecia el contenido de macronutrientes de la kiwicha comparado con el trigo, donde se observa diferencias en cantidad y calidad.

Existen 22 aminoácidos que conforman las proteínas y que son fisiológicamente importantes. El organismo sintetiza 14 a partir del adecuado suministro de nitrógeno, y los que no pueden ser sintetizados (aminoácidos esenciales) a la velocidad y cantidad requerida, son suministrados a través de ciertos alimentos. Ellos son: leucina, isoleucina, lisina, fenilalanina, treonina, valina triptófano, y para los lactantes hay que considerar la

histidina (Ayala 2014). Los cultivos andinos como la kiwicha presentan un gran contenido de aminoácidos esenciales, superior a los cereales y leguminosas.

Cuadro 12: Composición química y nutricional en 100 g de producto comestible

COMPONENTES	KIWICHA CRUDA	KIWICHA TOSTADA
Energía (Kcal)	377	428
Agua (g)	12	0,7
Proteínas (g)	13,5	14,5
Grasa (g)	7,1	7,8
Carbohidratos (g)	64,5	74,3
Fibra (g)	2,5	3
Ceniza (g)	2,4	2,7
Calcio (mg)	236	283
Fósforo (mg)	453	502
Hierro (mg)	7,5	8,1
Tiamina (mg)	0,3	0,01
Riboflavina (mg)	0,01	0,01
Niacina (mg)	0,4	1,3
Ácido ascórbico (mg)	1,3	0,5

FUENTE: Tomado de Zúñiga 2009

Cuadro 13: Composición de kiwicha en comparación al trigo (g/100 g)

COMPOSICIÓN	KIWICHA	TRIGO
Proteína	12,9	8,6
Grasa	7,2	1,5
Carbohidrato	65,1	73,7
Fibra	6,7	3,0
Ceniza	2,5	1,7
Humedad	12,3	14,5

FUENTE: Tomado de Ayala 2014

En el cuadro 14 se observa los aminoácidos contenidos en la kiwicha.

Cuadro 14: Aminoácidos contenidos en g/100 g de proteínas

RUBRO	MATERIA PRIMA	KIWICHA TOSTADA	KIWICHA ROSADA
Gramos de proteína	13,5	13,5	13,5
Fenilalanina	3,98	3,29	3,27
Triptófano	0,95	1,21	1,18
Metionina	2,13	2,37	2,45
Leucina	5,2	4,23	4,3
Isoleucina	6,17	5,22	5,17
Valina	4,36	4,61	4,54
Lisina	7,16	6,6	6,43
Treonina	4,73	5,38	5,26
Arginina	8,5	8,16	7,79
Histidina	2,31	2,22	2,17

FUENTE: Tomado de Sierra y Selva Exportadora s.f.

2.4.4 HARINA DE KIWICHA

Es un alimento recomendado en caso de intolerancia a las harinas de trigo, avena, cebada o centeno, favorece el crecimiento de los niños, su consumo es recomendado durante los primeros años de vida ayudando al desarrollo de células cerebrales y fortaleciendo la memoria (Agroforum s.f.).

Las harinas pueden ser elaboradas de semillas crudas, tostadas o germinadas, el grano de kiwicha es acondicionado previamente y pasado por un tratamiento térmico (tostado) a 168 °C con el fin de mejorar sus características organolépticas y de digestibilidad. Posteriormente es molido obteniendo las siguientes fracciones: quiebra, reducción, granillo y salvado. La harina se obtiene del mismo proceso, a partir del tamizado por malla N° 40 finalmente esta es mezclada y uniformizada para obtener el producto final (Agroforum s.f.).

En el cuadro 15 se puede observar el valor nutricional de la harina de kiwicha

Cuadro 15: Valor nutritivo de la harina de kiwicha, composición en 100 g de producto

ATRIBUTO	HARINA DE KIWICHA EN 100 G DE PRODUCTO
Energía (kcal)	331,69
Proteínas (g)	10,49
Grasa (g)	2,23
Carbohidratos (g)	73,92
Fibra (g)	1,29
Calcio (mg)	459,31
Fosforo (mg)	77,84
Fierro (mg)	6,30
Tiamina/Vitamina B1(mg)	0,03
Riboflavina/Vitamina B2 (mg)	0,14
Niacina (mg)	0,87

FUENTE: Tomado de Agroforum s.f.

En el cuadro 16 se menciona las características físicas de la harina de kiwicha.

Cuadro 16: Características Físicas de la harina de kiwicha

ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN
Apariencia	Polvo Textura Fina
Color	Blanco Cremoso
Sabor	Característico
Olor	Característico
Humedad	12%
Saponina	Ausencia

FUENTE: Tomado de Agroforum s.f.

2.5 PRODUCTOS CÁRNICOS

2.5.1 GENERALIDADES

Los productos y derivados cárnicos comprenden una serie de productos alimenticios, total o parcialmente preparados a base de carnes, despojos o grasas, así como subproductos comestibles, ya sean procedentes de animales de abasto o bien de otras especies, pudiendo llevar además en su composición ingredientes de origen vegetal o animal, condimentos, especias y aditivos autorizados (Rodríguez 2005).

Como respuesta a las necesidades de cada zona geográfica, se han ido desarrollando a lo largo del tiempo nuevos productos con textura y sabores característicos. Así, por ejemplo, en el norte de Europa, las condiciones climáticas permitían la conservación y el almacenamiento de los productos cocidos, mientras que, en la Europa meridional, son característicos por su estabilidad a temperaturas moderadas los embutidos crudos curados (Rodríguez 2005).

Los embutidos son aquellos productos y derivados cárnicos preparados a partir de una mezcla de carne picada, grasas, sal, condimentos, especias y aditivos e introducidos en tripas naturales y artificiales (Jiménez y Carballo 1989).

Los embutidos surgieron empíricamente como consecuencia de la necesidad de conservar los alimentos. Su evolución posterior, que ha dado origen a una gran variedad de productos de características bien diferenciadas, fue consecuencia de los distintos procesos de elaboración impuestos por la disponibilidad de materias primas y de las condiciones climáticas existentes (Jiménez y Carballo 1989).

Los embutidos quedan enmarcados dentro de los productos y derivados cárnicos elaborados como «embutidos crudos curados» y en ciertas categorías de productos cárnicos tratados por el calor. Se entiende por embutidos crudos curados los elaborados mediante selección, troceado y picado de carnes, grasas con o sin despojo, que lleven incorporados condimento, especias y aditivos autorizados sometidos a maduración y desecación (curado) y, opcionalmente, ahumado. Se denomina producto cárnico tratado por el calor a todo producto de una o varias de las especies animales de abasto aves y caza, autorizados, que

lleven incorporados condimentos, especias y aditivos y que se han sometido en su fabricación a la acción del calor, alcanzando en su punto crítico una temperatura suficiente para lograr la coagulación total o parcial de sus proteínas cárnicas y, opcionalmente, ahumado y/o madurado (Jiménez y Carballo 1989).

Según Jiménez y Carballo (1989), los componentes que interviene en la elaboración de embutidos son:

a. Materia prima

La carne a emplear en la fabricación de estos alimentos en la fabricación de estos alimentos depende del tipo de embutido, pudiendo proceder de una o varias especies. La carne debe provenir de animales adultos, sanos y bien nutridos, a los que se ha debido dejar reposar tras las condiciones adversas que suponen necesariamente la selección, agrupamiento o transporte, que provocan miedo, fatiga, excitación, etc.

Uno de los principales factores que determina la aptitud de la carne para ser transformada en este tipo de productos es el pH, ya que influye en las propiedades funcionales de la carne, tales como capacidad de retención de agua, solubilización de proteínas, etc., en el color y la susceptibilidad de la carne al ataque microbiano.

b. Condimentos y especias

Se utilizan para conferir a los embutidos ciertas características sensoriales específicas al producto. La sal común es el ingrediente no cárnico empleado en embutidos. Cumple una triple función: contribuye en el sabor, actúa como conservador retardando el desarrollo microbiano, fundamentalmente porque reduce la disponibilidad de agua en el medio (actividad de agua) para el desarrollo de reacciones químicas y enzimáticas; y, por último, ayuda a la solubilización de las proteínas, lo que favorece la ligazón entre las distintas materias primas, impartiendo una consistencia más adecuada a la masa embutida, mejora las propiedades emulsionantes, etc.

c. Aditivos

Son sustancias que se añaden a los productos alimenticios con objeto de modificar sus características técnicas de elaboración, conservación y/o adaptación al uso a que se destine, y que no se consumen como alimentos ni se usan como ingrediente. Estos pueden ser:

colorantes, reguladores de pH, antioxidantes, conservadores, reguladores de la maduración, correctores y potenciadores del sabor.

d. Tripas

La masa cárnica se embute en tripas que, además de determinar el tamaño y la forma del producto, condiciona aspectos tecnológicos y el desarrollo de determinados procesos fisicoquímicos que tienen lugar en estos productos, por lo que propiedades como uniformidad de llenado, resistencia a la contracción o expansión, permeabilidad, etc., son importantes. Las tripas pueden ser naturales o artificiales. Las naturales son procedentes del intestino delgado o grueso de las especies bovina, ovina, caprina, porcina y equina y los esófagos de las especies bovina y porcino. Las artificiales pueden ser de celulosa, colágeno (comestible o no) o de plástico.

2.5.2 CLASIFICACIÓN DE PRODUCTOS CÁRNICOS

A lo largo del tiempo se han ido desarrollando en todo el mundo una enorme variedad de productos cárnicos elaborados o semielaborados con diferentes características gustativas. En algunas regiones existen cientos de productos cárnicos distintos, con nombres y sabores diferentes (FAO 2016).

La FAO (2016) menciona la siguiente clasificación:

a. Productos cárnicos procesados crudos

Estos productos consisten en carne cruda y tejido adiposo a los que se añaden especias, sal común y, a veces, aglutinantes. En los productos a bajo costo se añaden diluyentes o relleno para aumentar el volumen. Los productos que se comercializan como productos cárnicos crudos, si bien para resultar apetitosos han de someterse a fritura o cocción antes de su consumo.

b. Productos cárnicos curados

En estos productos se usan las partes del músculo. Pueden dividirse en carnes curadas crudas y carnes curadas cocidas. El proceso de curado es similar para ambos tipos. La carne se trata aplicando pequeñas cantidades de sal bien por vía seca, bien inyectando la carne y/o sumergiéndola en una solución salina. Las carnes curadas crudas son productos

sometidos a curación, secado, fermentación y maduración sin tratamiento térmico posterior. Generalmente se consumen crudos. Las carnes crudas cocidas se someten siempre a tratamiento térmico después de un breve proceso de curación a fin de obtener la palatabilidad deseada.

c. Productos cárnicos crudos-cocidos

En este grupo de productos, la carne del músculo, la grasa y otros ingredientes no cárnicos se elaboran primero mediante triturado, picado y mezclado. Se obtiene así una masa viscosa, que se distribuye en salchichas o en forma de barras y se somete después a tratamiento térmico, lo que da como resultado la coagulación de proteínas, una textura firme y elástica, palatabilidad y un cierto grado de estabilidad bacteriana.

d. Productos cárnicos precocinados-cocinados

Estos productos pueden contener mezclas de recortes de músculo de calidad inferior, tejidos adiposos, carne de la cabeza y piel del animal, hígado y otras partes comestibles. En general, el proceso de fabricación comprende dos fases de tratamiento térmico. La primera fase consiste en el precocinado de los materiales cárnicos crudos y la segunda en la cocción de la mezcla resultante final. Los productos cárnicos precocinados-cocinados son los que hacen uso de la mayor variedad de carnes, subproductos animales e ingredientes no cárnicos. Productos típicos de este grupo son los patés de hígado y las morcillas.

e. Embutidos crudos – fermentados

Los embutidos crudos-fermentados consisten en una masa de carnes magras y tejidos adiposos mezclada con sal de curado, azúcares, especias y otros ingredientes no cárnicos, que suele embutirse en tripas. Su sabor, textura y color característicos se deben a la fermentación unida a la reducción de la humedad. Los productos finales no se someten a tratamiento térmico y se distribuyen y consumen crudos.

f. Productos cárnicos secos

Estos productos son el resultado de la simple deshidratación de carne magra. Su elaboración se basa en la experiencia de que la carne no se deteriora fácilmente cuando una parte sustancial del fluido tisular evapora. Las piezas de carne magra se cortan en su mayor parte dándoles una forma uniforme determinada, lo que permite una deshidratación gradual e idéntica de todas las partidas. La carne seca tiene una vida útil significativamente más

larga que la carne fresca. El valor nutricional del contenido en proteínas permanece inalterado. Productos típicos de este grupo son las tiras de carne como *jerky* o el *charqui*.

2.5.3 EMBUTIDOS CRUDOS-CURADOS

Los embutidos crudos-curados de pequeño calibre comprenden longanizas, chorizos y salchichas fabricados con tripas naturales o artificiales entre 22 y 40 mm de diámetro. Sus pequeñas dimensiones permiten acortar el tiempo necesario para secar el embutido, alcanzándose con rapidez una adecuada capacidad de conservación y una textura firme al corte (Martínes *et al.* 2009).

Existen factores en el tratamiento de secado como la temperatura, humedad, convección de aire, carga del secadero, dimensiones de las piezas, la permeabilidad de la tripa, contenido de grasa, el grado de picado, la presencia de mohos de cobertura o la adición de sustancias higroscópicas, entre otros (Martínes *et al.* 2009).

Durante el secado se producen las transformaciones físicas, químicas y bioquímicas propias del embutido crudo-curado, que básicamente comprenden fenómenos de deshidratación, acidificación láctica asociada a la gelificación de proteína, nitrosación de la mioglobina, hidrólisis y oxidación de grasas y proteínas, englobados en el término «maduración» (Martínes, *et al.* 2009).

La transformación de la carne es más rápida al inicio de la etapa de secado, favorecida por la alta humedad de la masa cárnica, aunque si el secado se reduce a un periodo más corto de tiempo, la maduración puede limitar la calidad sensorial del embutido. A priori, la actividad fermentativa de la microflora tecnológica va a ser muy importante en este tipo de embutidos, que a menudo se someten a estufaje, debido a micrococos y bacterias ácido lácticas se desarrollan rápidamente y proporcionan en poco tiempo una considerable acidificación y enrojecimiento (Martínes, *et al.* 2009).

2.5.4 ETAPAS EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN

De acuerdo a Jiménez y Carballo (1989), la elaboración de embutidos consta de distintas fases que se pueden agrupar en los procesos que se describen a continuación:

a. Picado

El picado de la materia prima se efectúa en picadoras compuestas fundamentalmente por una tolva de carga, un tornillo sinfín que empuja a los productos hacia las cuchillas giratorias que lo cortan y lo envían hacia un disco perforado con orificios de diversos diámetros o bien trituradoras del tipo *cutter* compuestos por un plato y cuchillas giratorias.

Este proceso se debe llevar a cabo con la materia prima refrigerada o congelada a temperaturas inferiores a 7 °C y vigilando que las cuchillas tengan un filo adecuado. De no ser así se produce un sobrecalentamiento de la masa, ocasionando un picado deficiente, con desgarramientos de la carne, que ocasiona excesivas pérdidas de desecación del productos.

b. Mezclado y Amasado

Luego, se procede a su mezcla y amasado con el resto de los ingredientes (condimentos y especias) y los aditivos. La mezcla y amasado de embutidos crudos puede realizarse inmediatamente después del picado de la materia prima. Otro sistema es da tiempo a un precurado, durante uno o dos días, que proporcionan al producto mejor ligazón y consistencia al corte, así como un enrojecimiento más rápido y mayor estabilidad del color.

Este proceso se puede realizar en máquinas mezcladoras-amasadoras provistas con paletas giratorias, a fin de conseguir una masa uniforme. Ha de realizarse vacío, eliminado el aire ocluido en la masa para evitar alteraciones posteriores y se mantiene la masa a una temperatura por debajo de 4 °C para evitar que se «embarre».

c. Embutido

Se realiza en embutidoras que cuenten con boquillas lisas y no largas que impidan el calentamiento de la masa. Se debe evitar la presencia de aire, tanto el ya existente en la masa y reducido con el empleo de mezcladoras al vacío.

El aire da lugar a cavidades que pueden provocar en el producto decoloraciones o aparición de coloraciones anormales, enmohecimiento, etc.

d. Cocción y ahumado

Algunos embutidos son sometidos a procesos de: cocción, ahumado o ambos procesos. La cocción tiene por finalidad impartir al embutido una consistencia firme debido a la coagulación de las proteínas y a la deshidratación parcial del producto, fijar su color por desnaturalización de la mioglobina dando lugar a la formación del nistrosilhemocromo y prolongar su vida útil debido a la pasteurización que supone.

La cocción se realiza, dependiendo del tipo de embutido, a temperaturas comprendidas entre 75-80 °C, durante periodos de tiempos variables (10 a 120 minutos) y con humedades relativas altas (98-100 por ciento).

El ahumado confiere al producto un aspecto y aroma característico. Los compuestos de humo tienen en efecto bacteriostático y también producen una desecación que contribuye a inhibir el crecimiento bacteriano. Los compuestos fenólicos del humo protegen en cierto grado los productos frente a la oxidación de la grasa. El ahumado se puede realizar en frío o en caliente (entre 20 °C - 80 °C) con periodos de tiempo también variables, de 30 minutos a 48 horas dependiendo del tipo de embutido y con humedades relativas comprendidas entre el 60 y el 70 por ciento.

e. Maduración y desecación

A lo largo de la maduración y desecación, procesos que se pueden englobar bajo el término «curado», los embutidos experimentan una serie de transformaciones físicas, químicas, bioquímicas y microbiológicas cuyas consecuencias fundamentales son un aumento en la estabilidad del producto y el desarrollo de las propiedades organolépticas características.

Durante la maduración se produce un enrojecimiento del producto. El color se extiende por lo regular desde el interior hacia afuera debido a la formación de nitropigmento favorecido por el paso de nitratos a nitritos por medio de microorganismos reductores.

Además de las bacterias que contribuyen al enrojecimiento, se desarrolla otro importante grupo de gérmenes (bacterias acidolácticas) que, normalmente en pocos días se transforman en la flora dominante y que da lugar a la acidificación del producto. A continuación y paulatinamente el pH vuelve a subir, aunque no se lleguen a alcanzar los valores primitivos. La acidificación es un fenómeno importante, ya que favorece el

enrojecimiento del producto y modifica las propiedades funcionales de las proteínas. Esto favorece por una parte la agregación de las diferentes partículas del embutido aumentando la ligazón entre ellas y por tanto la consistencia del producto, y por otra, la disminución en la capacidad de retención de agua que facilita la desecación, acentuando la firmeza del producto y en general la obtención de las características texturales típicas. La temperatura a la que se desarrolla la maduración considera baja entre 5 °C y 15 °C, temperatura media entre 15 °C y 22 °C, o alta entre 22 °C y 27 °C. Cuanto más elevada sea la temperatura, con mayor rapidez se producirá la maduración, al acercarse los procesos químicos y microbianos.

f. Conservación

Dependiendo de las características de embutido, éstos requieren distintas condiciones de conservación. En general, los productos cocidos, sometidos a tratamientos suaves, deben conservarse en estado refrigerado. En los productos crudos curados, el efecto combinado de su bajo pH, la presencia de conservadores y la desecación con menor actividad de agua reduce de manera importante la necesidad de tratamiento frigorífico. Otros factores que intervienen son la humedad relativa, la luz, oscilaciones de temperatura, periodo de conservación.

2.5.5 IMPORTANCIA DEL CURADO

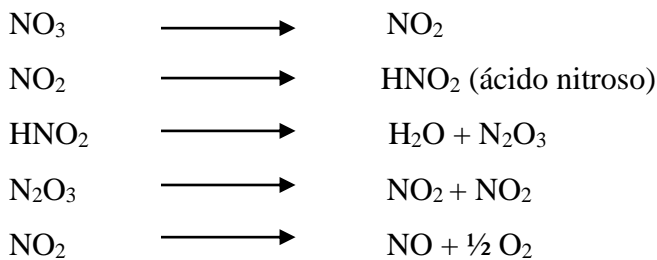
Históricamente, el curado es el procedimiento de conservar la carne añadiendo sal (cloruro de sodio). Con el transcurso del tiempo, el proceso se fue perfeccionando añadiendo otras sustancias a las carnes, y hoy el término curado de la carne se refiere a la conservación y mejoramiento del sabor del producto por adición de sal, nitritos, azúcar y condimentos (Price y Schweigert, citados por Amerling 2001).

Yufero, citado por Amerling (2001), menciona que la eficacia del proceso se debe a la elevada presión osmótica, que impide el crecimiento de los microorganismos. Esta, a concentraciones elevadas del orden del 10 por ciento logra su objetivo al reducir la actividad del agua (A_w).

Existen tres factores que depende la calidad del proceso de los productos curados (Levie, citado por Amerling 2001), los cuales son:

- Método de aplicación
- Grueso del producto
- Temperatura de almacenamiento del producto

Armerling (2001) menciona que el nitrito desempeña un papel fundamental en el curado, por ser el responsable del color característico de éstos productos. Básicamente la reacción química responsable del color de los productos curados. En esta reacción, el óxido nítrico (NO) reemplaza a la molécula de agua ligada al átomo de hierro del grupo hemo de la hemoglobina y forma un derivado de color rojo vivo, cuyo átomo de hierro permanece en el mismo estado de oxidación. Este derivado, el óxido nítrico mioglobina, es el pigmento cuya formación se desea en el curado de la carne. El NO procede de la siguiente reacción, que se desarrolla en el medio dependiendo del pH:



El compuesto nitrosomioglobina, se desnaturaliza durante el almacenamiento transformándose en el nitrosomiocromógeno, que le da el color rojo duradero de las carnes curadas.

Amerling (2001) menciona que se realiza el curado por dos métodos: curado en seco y curado húmedo. Donde el curado en seco es la mezcla de ingredientes en seco y se aplica externamente a las piezas por frotamiento y reposo. El curado por vía húmeda, se da por las siguientes etapas: inyección de salmuera, maceración, envasado y cocción.

2.5.6 REDUCCIÓN DE GRASAS EN PRODUCTOS CÁRNICOS

Tradicionalmente los embutidos se hacen con grasa de cerdo. Recientemente se están buscando formulaciones bajas en grasa, principalmente por motivos dietéticos debido a que el consumo excesivo de grasa está negativamente relacionado con la salud (Salvá *et al.* s.f.).

La reducción o eliminación de grasa en un embutido crudo o ahumado es una misión complicada y no muy estudiada. La grasa se considera «necesaria» para que el embutido presente una terneza, jugosidad, cohesividad y sabores satisfactorios. Una de las principales estrategias propuestas para reducir la grasa en estos embutidos es el uso (como reemplazante de la grasa) de ingredientes no grasos como inulina o fibra obtenida de vegetales, donde en esos estudios se sugieren reducciones parciales de grasa nunca mayores del 50 por ciento de la grasa que lleva el embutido convencional (Salvá *et al.* s.f.).

También, se ha descrito el uso, como reemplazante de la grasa en embutidos, de emulsiones proteicas, como es el caso de una emulsión de aislado (proteína) de soya (elaborada con una parte de aislado; 2,8 partes de agua y 2 de aceite vegetal), o de mezclas de almidón, gelatina y agua o ingredientes ricos en almidón como la papa o harinas de cereales y gelatina como la piel de cerdo o de pollo cocida (Feiner, citado por Salvá, *et al.* s.f.).

2.5.7 REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS

Según INDECOPI (2002), la NTP 201.006 indica que en un embutido con tratamiento térmico después de ser en moldados el recuento de microorganismos debe ser el siguiente:

Cuadro 17: Requisitos microbiológicos para embutidos con tratamiento térmico después de ser en moldados

INDICADOR MICROBIOLÓGICO	LÍMITE
Recuento de microorganismos aerobios mesófilas	Menor a 10^5 NMP/g
Numeración de <i>Escherichia coli</i>	Menor a 1 NMP/g
Numeración de <i>Staphylococcus aureus</i>	Menor a 1 NMP/g
Recuento de <i>Clostridium perfringens</i>	Menor a 10^3 ufc/g
Detección de <i>Salmonella</i>	Ausencia en 25 g

FUENTE: Tomado de INDECOPI 2002

2.6 LONGANIZA

2.6.1 DEFINICIÓN

La salchichería española tiene la exclusiva en la preparación de dos tipos de embutidos, que en la práctica constituyen un recurso muy generalizado para conservar la carne de cerdo y obtener alimentos nutritivos y sabrosos. Varios detalles caracterizan estos embutidos como españoles: el empleo de pimentón, la desecación al aire libre o ligeramente ahumados, el embutir en tripa delgada formando piezas más o menos largas (MAGRAMA s.f.).

La longaniza es un producto picado, crudo, embutido en tripa natural de cerdo o cordero, que se puede elaborar con diferentes carnes: cerdo, res pollo, oveja, mezclado con grasa de cerdo, cebolla picada o molida, ajos y otros condimentos que le dan un sabor muy especial (Bustacara y Duvan 2007).

La longaniza se embute en tripa más delgada, 25-35 milímetros y forma piezas más largas. Generalmente tienen entre 40 y 50 centímetros con dos o tres atados. Hay longaniza de tipo recto, sin atados, llamados «velas».

Bustacara y Duvam (2007), mencionan que la longaniza es un embutido crudo, donde los embutidos crudos no pasan por un proceso de cocción en agua y pueden consumirse fresco o cocinado posterior a una maduración. Según la capacidad de maduración, los embutidos crudos se pueden clasificar en embutidos de larga, media y corta duración, donde la longaniza presenta una duración media.

2.6.2 INGREDIENTES

La receta de las longanizas artesanales difiere de aquellas que se elaboran industrialmente por los ingredientes que utilizan, pues las industriales no contienen varios de los vegetales que incluyen las artesanales; además difieren en el tipo de envoltura utilizado (Schoenstedt 1999).

Los ingredientes para la elaboración de longanizas varían según el lugar de elaboración. Así tenemos que entre los ingredientes de las longanizas artesanales están carne de cerdo con grasa, chile jalapeño, cebollas con tallo, chile pimiento, hierbabuena, vinagre, tomate verde, pimienta en polvo y sal común (Schoenstedt 1999).

La pasta de las longanizas se compone únicamente de carnes y de tocino. Se acostumbra en algunos tipos añadir féculas: patata, calabaza, etc. En este caso desnaturaliza totalmente su calidad.

MAGRAMA (s.f.), manifiesta que los ingredientes de la longaniza también pueden ser: carne de cerdo, tocino, sal fina, pimentón, pimienta molida, orégano, adobo de vino y ajo, agua.

Amerling (2001) sostiene que las materias primas para embutidos crudos debe ser la carne que debe tener un pH entre 5,5 y 6,2 con buen color y seca. Si se utiliza congelada, ésta se debe descongelar de manera que el jugo celular pueda fluir de la carne. Toda la carne que se introduce en una picadora debe ser refrigerada con el fin de obtener cortes limpios y para reducir así la coagulación de las proteínas por efecto del calor. La grasa se debe agregar fría o congelada a -10 °C. La sal se añade en aproximadamente un tres por ciento y tiene la función de realzar el sabor y reducir el contenido de agua en la masa del embutido.

2.6.3 PROCESO DE ELABORACIÓN

Amerling (2001) menciona que el proceso debe tener la etapa de troceado, donde se elimina partes extrañas como huesos, tendones y cartílagos. La carne se trocea en fragmentos de 5-10 cm. Siguiendo con un mezclado, donde se agrega sustancias curantes, especias y condimentos. Luego, un amasado para expulsar el aire ocluido. Para seguir con el embutido y atado. Siguiendo con la maduración, donde puede ser de dos maneras una natural (el secado, ahumado) o rápida (se almacena en condiciones especiales de temperatura, humedad y ventilación artificial), en esta etapa los embutidos pierden peso dependiendo de la temperatura y humedad de los cuartos, calidad de materia prima utilizada, picado, tipo de tripa usada y dimensiones del embutido.

Durante la etapa de maduración, se presenta el enrojecimiento y acidificación, aumento de la consistencia, formación del aroma y sabor característico. El ahumado, se realiza con el fin de adquirir sabor y aspectos característicos y alargar su vida útil.

2.7 DISEÑO DE MEZCLAS

El desarrollo de cualquier nuevo producto alimenticio que involucra más de un ingrediente requiere alguna forma de experimento de mezcla, en contraposición a un experimento factorial. Este hecho es frecuentemente desconocido, y por lo tanto, se utilizan inapropiados diseños experimentales (Hare, citado por Tay Wo Chong 2010).

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

La característica distintiva de un diseño de mezclas es que los factores controlables o independientes representan cantidades proporcionales de la mezcla, en vez de cantidades no circunscritas a ellas; donde las proporciones son por volumen, por peso, o por fracción molar. Las proporciones son no negativas y, especialmente si estos son los únicos ingredientes a ser estudiados en las diferentes mezclas (Cornell 2002).

Existen varios diseños que minimizan el número de experimentos necesarios. Una de estas técnicas corresponde a los denominados Diseños o experimentos de mezclas, la cual asume que una respuesta de interés en una mezcla depende únicamente de las proporciones relativas de los ingredientes presentes en ésta, y no de la cantidad de la misma. Dichas proporciones son no negativas, dependientes entre ellas y, si están expresadas como fracción de la mezcla, deben sumar siempre la unidad (Cornell 2002). En un diseño de mezclas se asume que la respuesta medida es dependiente solamente de las proporciones de los ingredientes presentes en la mezcla y no de la cantidad de esta última (Cornell 2002).

La característica distintiva de un diseño de mezclas es que los factores controlables o independientes representan cantidades proporcionales de la mezcla, en vez de cantidades no circunscritas a ella; donde las proporciones son por volumen, por peso, o por fracción

molar. Las proporciones son no negativas y, especialmente si estos son los únicos ingredientes a ser estudiados en las diferentes mezclas. Si la suma de las proporciones de los componentes es menor que la unidad, por ejemplo, si la suma es igual a 0,8 porque el 0,2 de la mezcla se mantiene constante, y se desea trabajar solo con las proporciones variables que suman 0,8; entonces dichas proporciones deben ser escritas como fracciones escaladas, de tal forma que estas sumen la unidad (Cornell 2002).

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

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

$$\sum_{i=1}^q x_i = x_1 + x_2 + \dots + x_q = 1.0 \quad (2)$$

Dado que en la ecuación (2) una proporción individual x_i puede ser uno, una mezcla podría ser un solo ingrediente o constituyente. Tal mezcla 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 las ecuaciones (1) y (2), la descripción geométrica del espacio factorial que contiene a los q componentes estará compuesta por todos los puntos ubicados sobre o dentro de los límites (vértices, lados, caras, etc.) de una figura geométrica regular de q vértices (denominada *simplex*) y de $(q-1)$ dimensiones (Cornell 2002).

Con tres componentes ($q=3$), el espacio *simplex* factorial es un triángulo equilátero, y para $q=4$, el *simplex* es un tetraedro. En la figura 5, muestra el espacio *simplex* factorial para tres componentes. 1, 2 y 3, cuyas proporciones están denotadas por X_1 , X_2 y X_3 . Las coordenadas también pueden ser ploteadas sobre un papel cuadrículado triangular que tiene las líneas paralelas a los tres lados de un triángulo equilátero, tal como se aprecia en la figura 6.

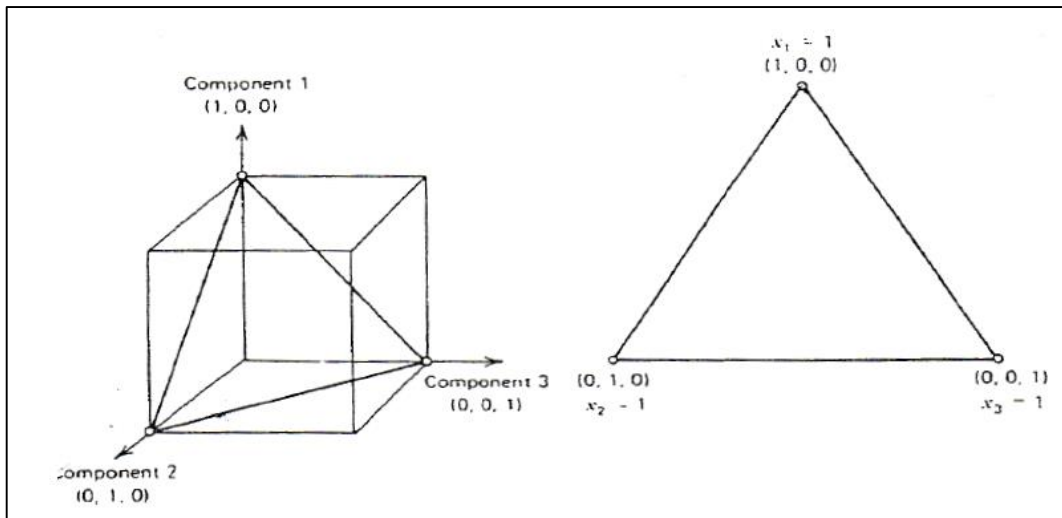


Figura 5: Región Simplex para tres coordenadas.

FUENTE: Tomado de Cornell 2002

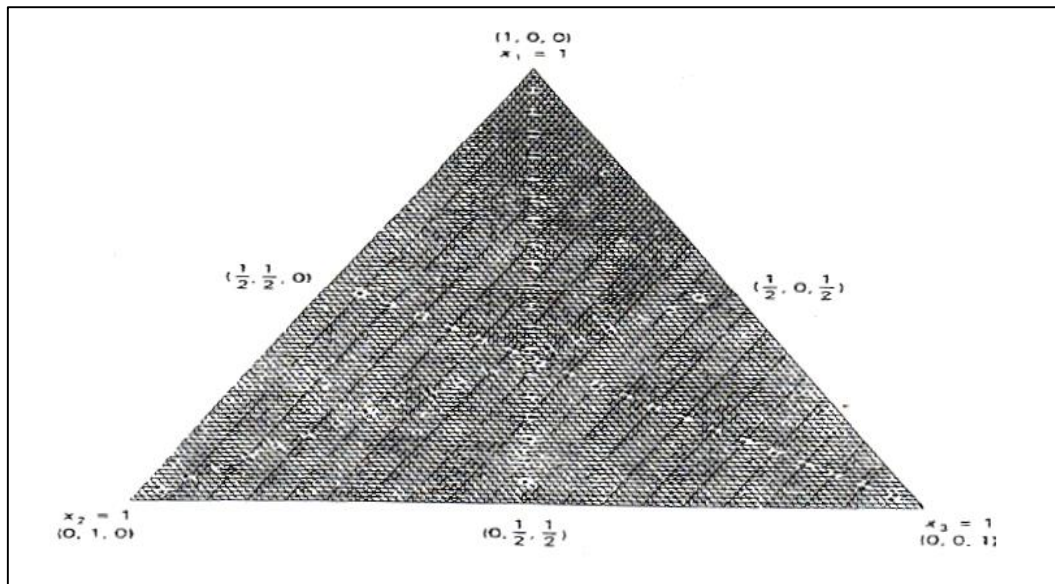


Figura 6: Papel de coordenadas triangulares.

FUENTE: Tomado de Cornell 2002

2.7.1 MÉTODO DE SUPERFICIE DE RESPUESTA

La metodología de Superficie de Respuesta es un conjunto de técnicas utilizadas en el estudio de la relación entre una o más respuestas y un conjunto de factores o variables independientes y donde el objetivo es optimizar esta(s) respuesta(s). Dicha metodología se realiza mediante una experimentación secuencial, esto es la aproximación a la región de interés se realiza de forma iterativa que se obtiene en cada etapa. En la actualidad hay

varios paquetes estadísticos para analizar superficies de respuesta, algunos de estos específicamente diseñados para ello. Sin embargo, existen versiones estudiantiles de paquetes estadísticos que permiten un análisis muy completo de esta metodología (Encina 2005).

La metodología de Superficie de Respuesta (MSR) es una colección de técnicas que permite al investigador inspeccionar una respuesta, que se puede mostrar como una superficie, cuando los experimentos investigan el efecto que tiene el varios factores cuantitativos, en los valores que toma una variable dependiente o respuesta; ejemplo de esto puede ser estudiar cómo los valores de temperatura y presión afectan la tasa de una reacción química y tratar de encontrar los valores que optimicen esta respuesta. Esto es, se trata de encontrar los valores óptimos para las variables independientes que maximizan, minimizan o cumplen ciertas restricciones de la variable respuesta (Encina 2005).

Fernández y Piñeiro (2013) sostienen que la metodología de superficie de respuesta (RSM) es un conjunto de técnicas matemáticas utilizadas en el tratamiento de problemas en los que una respuesta de interés está influida por varios factores de carácter cuantitativo. El propósito inicial de estas técnicas es diseñar un experimento que proporcione valores razonables de la variable respuesta y, a continuación, determinar el modelo matemático que mejor se ajusta a los datos obtenidos. El objetivo final es establecer los valores de los factores que optimizan el valor de la variable respuesta.

Cuando decimos que el valor real esperado, η , que toma la variable de interés considerada está influido por los niveles de k factores cuantitativos, X_1, X_2, \dots, X_k , eso significa que existe alguna función de X_1, X_2, \dots , (que se supone continua en $X_i, \forall i = 1, \dots, k$) que proporciona el correspondiente valor de η para alguna combinación dada de niveles:

$$\eta = f(X_1, X_2, \dots, X_k)$$

de tal forma que la variable respuesta puede expresarse como:

$$Y = \eta + \varepsilon = f(X_1, X_2, \dots, X_k) + \varepsilon$$

donde ε es el error observado en la respuesta.

La relación de $\eta = f(X_1, X_2, \dots, X_k)$ existente entre η y los niveles de los k factores puede representarse a través de una hipersuperficie a la que se denomina superficie de respuesta.

2.7.2 FALTA DE AJUSTE DEL MODELO ESTIMADO

Existen diversos procedimientos que pueden ser usados para evaluar la falta de ajuste del modelo de regresión estimado. Uno de dichos procedimientos requiere que se tomen observaciones repetidas en uno o más puntos experimentales, donde el número de puntos experimentales diferentes es mayor al número de términos del modelo estimado. (Cornell 2002).

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

2.7.3 RESTRICCIONES MÚLTIPLES SOBRE LOS COMPONENTES DE LA MEZCLA

Las únicas restricciones presentadas hasta el momento sobre las proporciones de los componentes fueron:

$$0 \leq x_i \leq 1, i = 1, 2, \dots, q \quad \text{y} \quad x_1 + x_2 + \dots + x_q = 1$$

Cornell (2002) sostiene que por lo general uno no se encuentra en la libertad de explorar el *simplex* en su totalidad, debido a ciertas restricciones adicionales consideradas sobre las proporciones de los componentes. La limitación de la experimentación a una subregión del *simplex* puede darse considerando restricciones relacionadas con los niveles mínimos (límites inferiores), máximos (límites superiores), o inclusive de ambos tipos. Este último caso es el que se presenta con mayor regularidad en la práctica. En cualquiera de estas

situaciones, si alguna parte del *simplex* es la región a la que uno se confina, y si se es capaz de escoger el diseño y modelos adecuados para dicha subregión, es claro que existirá una disminución de costos y tiempo de experimentación; así como incremento en la precisión de los estimadores del modelo.

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

Con q componentes, las restricciones múltiples son escritas como:

$$0 \leq L_i \leq x_i \leq U_i \leq 1$$

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

En general, las restricciones delimitarán la región experimental factible a una zona o subregión del *simplex*. Cuando la región experimental factible no tiene la forma del *simplex*, resulta un polígono o hiperpolígono irregular. En esos casos los diseños del tipo *simplex* no pueden ser usados, por lo que es necesario recurrir a otros criterios considerados usualmente en los sistemas computacionales. También es posible utilizar los criterios D -óptimo para seleccionar los puntos. Este criterio fundamentalmente selecciona puntos de una lista de puntos candidatos, de manera tal que las varianzas de los coeficientes de regresión en el modelo con mezclas son minimizadas. La efectividad de este método depende de la lista de los puntos candidatos, de la adecuación del modelo propuesto y del número de puntos de diseño seleccionados (Gutiérrez y De la Vara 2008).

2.7.4 MEDICIÓN DEL EFECTO DE COMPONENTES EN ZONAS EXPERIMENTALES DE MEZCLAS CON RESTRICCIONES SOBRE LOS COMPONENTES

Cuando se mide el efecto del componente i y se usa una mezcla de referencia diferente al centroide del *simplex*, es más apropiada una dirección alternativa a la definida por eje del i -ésimo componente. Esta dirección alternativa es una línea imaginaria proyectada desde la mezcla de referencia (la cual es usualmente el centroide de la región restringida) hacia el vértice $x_i = 1$. Tal dirección, que es usada para medir el efecto del componente 1, está representada por la línea discontinua en la figura 7.

A lo largo de la línea discontinua, conforme el valor de x_1 va aumentando, los valores de x_2 y x_3 decrecen (o se incrementan), pero la relación de x_2 sobre x_3 se mantiene 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 él sugirió que se podía utilizar una forma de modelo alternativo a los de Scheffé para medir los efectos de los componentes. Por tal, esta dirección es denominada «Dirección o trazo de Cox» (Cornell 2002).

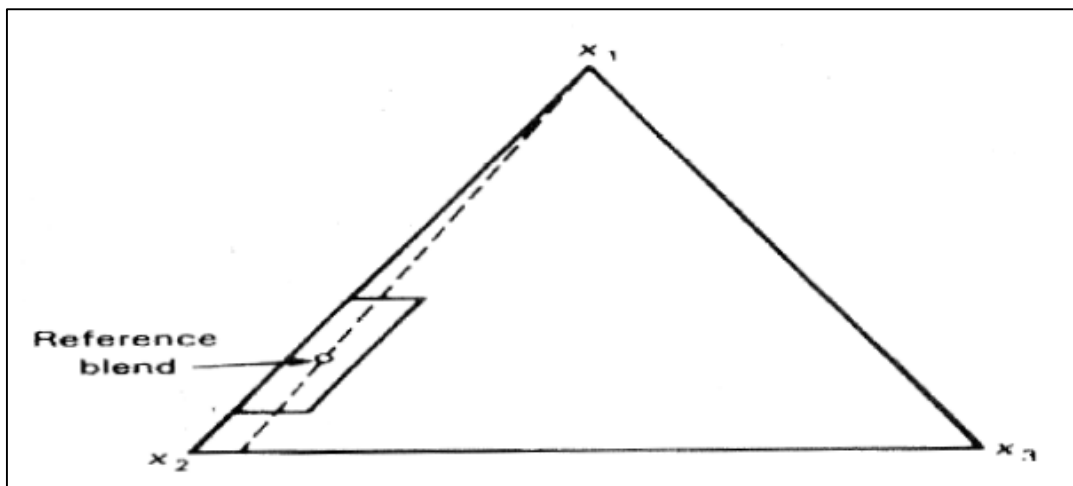


Figura 7: Dirección indicada para medir el efecto del incremento de la proporción de un componente.

FUENTE: Tomado de Cornell 2002

2.7.5 OPTIMIZACIÓN SIMULTÁNEA DE VARIAS RESPUESTAS

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

Cuando existen solamente tres, o cuatro componentes como máximo, es posible resolver este problema mediante la inspección del ploteo de contornos de la 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 una respuesta sujeta a restricciones sobre los valores de otra, se pueden utilizar, algunas veces, métodos de programación lineal (Del Castillo y Montgomery, citados por Cornell 2002). Sin embargo, un procedimiento que ha ganado popularidad con los creadores de programas consiste en introducir una medida total de la *deseabilidad* (d_i) asociada con las diferentes mezclas, en un esfuerzo para encontrar la «mejor».

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

$$d_i = \begin{cases} 0 & \text{si } \hat{Y}_i < A_i \\ \left(\frac{\hat{Y}_i - A_i}{B_i - A_i} \right)^r & \text{si } A_i \leq \hat{Y}_i \leq B_i \\ \left(\frac{\hat{Y}_i - C_i}{B_i - C_i} \right)^s & \text{si } B_i \leq \hat{Y}_i(x) \leq C_i \\ 0 & \text{si } \hat{Y}_i > C_i \end{cases}$$

Donde A_i y C_i , son los valores mínimo aceptable y máximo aceptable respectivamente, para Y_i . Seleccionando determinados valores para las potencias r y s , se puede atribuir

varios niveles de deseabilidad para varios valores de Y_i , tal como se muestra en la figura 8. Esta es una relación de dos lados, teniendo a B_i como el valor más deseable de Y_i .

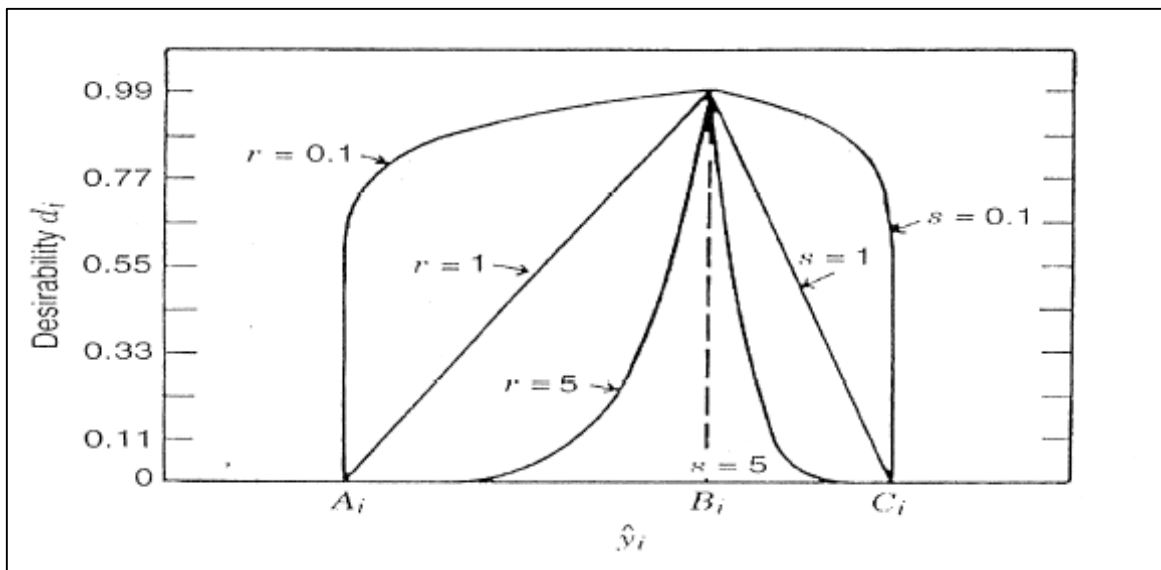


Figura 8: Ploteo de la función de deseabilidad de dos lados, para valores de r y s .

FUENTE: Tomado de Cornell 2002

2.8 ANÁLISIS SENSORIAL

2.8.1 ASPECTOS GENERALES

Las definiciones que se han establecido para el concepto de «análisis sensorial» son diversas. Aquí se ofrecen alguna de ellas. Según la División de Evaluación Sensorial del Instituto de Tecnólogos de los Alimentos (1975): en análisis sensorial es la rama de la ciencia utilizada para obtener, medir, analizar e interpretar las reacciones a determinadas características de los alimentos y materiales, tal y como son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído. Otra definición es la dada por la norma UNE87-001-86, es el examen de las propiedades organolépticas de un producto, realizable con los sentidos. Hay que señalar que, etimológicamente, la palabra «sensorial» proviene del latín *sensus* que quiere decir «sentido». El hecho de medir las respuestas ante determinados estímulos generados por los alimentos no significa que se obtenga una información subjetiva, ya que tanto los estímulos como las respuestas se dan en unas condiciones bien establecidas y controladas (Ibañez y Barcina 2001).

Actualmente, existen métodos instrumentales físicos o químicos para medir en los alimentos atributos tales como el color, la textura, el aroma, etc., y que son de gran utilidad en el control rutinario de la industria alimentaria. Estos métodos se caracterizan por su rapidez, su reproductibilidad y por el gran número de análisis que pueden realizarse. Sin embargo, presentan limitaciones inconvenientes ante determinados componentes de un alimento, bien porque éstos sean numerosos o bien porque las interacciones entre ellos sean complejas. En este sentido, el análisis sensorial puede proporcionar una visión integradora sobre la calidad organoléptica de un producto, que se puede definir como calidad sensorial (Ibañez y Barcina 2001).

2.8.2 TIPOS DE MÉTODOS

Las pruebas sensoriales empleadas en la industria de alimentos, se dividen en tres grupos tal como se aprecia en la figura 9.

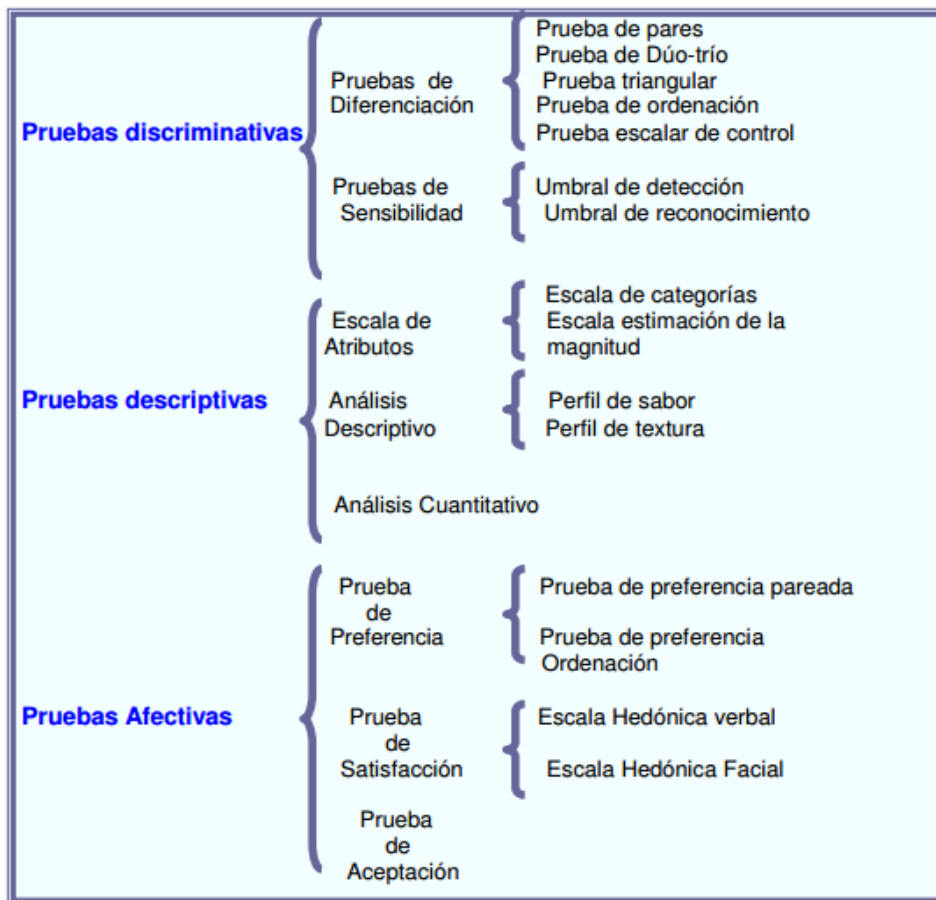


Figura 9: División de los métodos de evaluación sensorial.

FUENTE: Tomado de Hernández 2005

La evaluación sensorial de alimentos, da respuesta a un bagaje de preguntas que sobre la calidad de un producto se puedan formular

Se hace referencia principalmente a si existen o no diferencia entre dos o más muestras o productos (pruebas discriminativas), se trata de describir y medir las diferencias que se puedan presentar (pruebas descriptivas) y por último se pretende conocer el grado de preferencia, de gusto o disgusto y de satisfacción que pueda presentar un panelista por un producto determinado (Hernández 2005).

2.8.3 PRUEBAS DE ACEPTACIÓN

Estas pruebas están indicadas especialmente para situaciones en las que los estímulos químicos no se solapan o interfieren. La medida de aceptación se efectúa bien para evaluar simultáneamente más de dos muestras, o bien para obtener más información o sobre un producto. En consecuencia, es una prueba que, a diferencia de las pruebas de preferencia, no necesariamente requiere la comparación con otros productos. Con esta medición se intenta cuantificar la preferencia de los sujetos por un producto midiendo cuanto les gusta o les disgusta, es decir, el grado de satisfacción. En la práctica, el procedimiento más eficiente suele ser la utilización escalas de aceptación en una prueba multiproducto y posteriormente determinarlas preferencias indirectas a partir de dichas escalas (Ibañez y Barcina 2001).

Para llevar a cabo las medidas de aceptación se utilizan escalas hedónicas. Con dichas escalas se miden el grado de placer o displacer que produce un alimento. Las escalas hedónicas pueden ser bien semánticas bien gráficas (Ibañez y Barcina 2001).

- Escala semántica

Mediante estas escalas se describe verbalmente la sensación generada por los productos. Este tipo de escalas se han desarrollado y se han utilizado con gran variedad de productos y con bastante éxito. Son fáciles de entender y de realizar y pueden ser reproducibles con distintos grupos de sujetos. Se recomienda que contenga un número impar de puntos, de tal modo que el punto medio corresponda a la opción «ni me gusta ni me disgusta». Si bien el número máximo de puntos que pueden disponerse en este tipo de escala es de 9 (son posibles las escalas de 11 puntos) y el mínimo de 3, son más apropiadas las escalas de 5 o

7 puntos. Ello se debe a que, en el caso de una escala de 9 o más puntos (figura 10), los sujetos tienen dificultades para decidir entre dos puntos sucesivos. Por el contrario, las escalas de 3 puntos, si bien resultan ser de las más sencillas, solo pueden aplicarse en la evaluación de dos muestras como máximo.

Nombre _____ Fecha _____

Se le presentan cuatro productos codificados. Por favor, pruebe cada uno ellos y señale con una x el término que refleja mejor su actitud hacia cada uno de los productos.

	(Puntuación)	Producto 451	Producto 023	Producto 876	Producto 192
Altamente agradable	(9 4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muy agradable	(8 3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Moderadamente agradable	(7 2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ligeramente agradable	(6 1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ni agradable ni desagradable	(5 0)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ligeramente desagradable	(4 -1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Moderadamente desagradable	(3 -2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muy desagradable	(2 -3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Altamente desagradable	(1 -4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 10: Ejemplo de cuestionario con escala hedónica de 9 puntos con más de dos productos.

FUENTE: Tomado de Ibañez y Barcina 2001

Ibañez y Barcina (2001) mencionan que para el tratamiento estadístico de los resultados obtenidos mediante esta escala, se pueden transformar las respuestas en números, existiendo dos alternativas:

- Asignar valores entre 1, para el extremo inferior «altamente desagradable», y 9, para el extremo superior «altamente agradable».
- Asociar la calificación de 0 al punto medio «ni agradable ni desagradable», de manera que los puntos que estén por encima de este valor sean valores positivos y los que estén por debajo sean negativos.

Al tratar este tipo de escalas, es condición indispensable que las diferencias entre intervalos sucesivos sean iguales para que el tratamiento estadístico por métodos paramétricos sucesivos sean iguales para el tratamiento estadístico por métodos paramétricos clásicos

sea válido. Sin embargo, las pruebas basadas en estas escalas han sido criticadas tanto porque las distancias entre puntos sean realmente iguales como por la dificultad para determinar los intervalos. A pesar de esto, esta escala continua utilizándose, probablemente por su facilidad de uso para el sujeto como por la ausencia de números que puedan conducirlo a error (Ibañez y Barcina 2001).

Cuando el número de muestras que se ha de probar sea grande, cada uno de los sujetos no podrá degustar todos los productos, ya que se corre el riesgo de fatigarles. En tales circunstancias es aconsejable diseñar la distribución de los productos de tal modo que cada sujeto analice su subconjunto de los mismos (Ibañez y Barcina 2001).

Ibañez y Barcina (2001) mencionan una observación importante cuando se recurre a este tipo de pruebas: no se deben evaluar atributos o características de textura, sabor u olor. Las razones son las siguientes:

- Los sujetos consumidores no están capacitados para evaluar una característica sensorial determinada, ya que cada sujeto entenderá tal característica de modo particular y la evaluará con una técnica diferente (por ejemplo, cada sujeto entenderá la «textura» de una forma y uno la evaluará según la firmeza y otro según la rugosidad).
- Cuando el sujeto asigna un valor numérico a una característica sobresaliente (sabor muy intenso, olor indeseable, etc.), inconscientemente tiende a calificar a las restantes propiedades en función a dicha característica sobresaliente.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN

La investigación se desarrolló en las siguientes instalaciones de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM):

- Carnicería del Centro de Ventas.
- Laboratorio de Análisis Físico Químico de Alimentos, Investigación e Instrumentación de la Facultad de Industrias Alimentarias.
- Laboratorio de Biotecnología de Alimentos de la Facultad de Industrias Alimentarias.

3.2 MATERIA PRIMA E INGREDIENTES

3.2.1 MATERIA PRIMA

- Carne fresca de llama macho de la raza *Ccara* de entre 18 a 24 meses de edad, provenientes del distrito de Marcapomacocha en la región de Junín.
- Papa variedad amarilla del Centro.
- Harina de kiwicha variedad (*Chullpi*) marca Renacer.

3.2.2 INGREDIENTES

- Sal común (0,5 por ciento)
- Rocoto molido (2 por ciento)
- Ají panca en pasta (1,3 por ciento)
- Pimienta negra molida (0,4 por ciento)
- Ajos molidos (0,7 por ciento)
- Azúcar (0,2 por ciento)
- Comino molido (0,4 por ciento)

- Humo líquido (0,02 por ciento)
- Tripas de ovino salada

3.3 MATERIALES Y EQUIPOS

3.3.1 MATERIALES

- Cuchillos
- Tabla de picar
- Ollas de acero inoxidable
- Recipientes de plástico y/o acero inoxidable

3.3.2 EQUIPOS E INSTRUMENTOS

- Cronómetro CASIO
- Croma meter marca MINOLTA, modelo CR400
- Balanza Analítica, marca Ohaus, N° 602207 850013. Italia.
- Analizador de Textura QTS25 (Brookfield® CNS Farnell, Middelboro, MA, USA).
- Moledora, marca Victoria, Mecánicos Unidos
- Embutidora
- Secador de bandejas
- Cámara de refrigeración

3.3.3 SOFTWARE

- *Design-Expert V8 Software for Design of Experiments (DOE)*

3.4 MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.4.1 ANÁLISIS PROXIMAL

El análisis proximal de la carne de llama y de la formulación de la fórmula de la longaniza optimizada obtenida mediante el diseño de mezclas, se determinó con los métodos oficiales de la AOAC (2007):

- Determinación de Humedad: según el método AOAC 950.46.
- Determinación de Proteína: según el método AOAC 928.08.
- Determinación de Cenizas: según el método AOAC 920.153.
- Determinación de Grasa: según el método AOAC 960.39.

El análisis proximal de la papa cocida se determinó por los métodos oficiales de la AOAC (2007), según corresponda a cada caso:

- Determinación de Humedad: según el método AOAC 934.01.
- Determinación de Proteína: según el método AOAC 920.87.
- Determinación de Cenizas: según el método AOAC 923.03.
- Determinación de Grasa: según el método AOAC 920.85.
- Determinación de Fibra: según el método AOAC 920.86.

El análisis proximal de la harina de kiwicha se determinó por los métodos oficiales de la A.O.A.C. (2007), según corresponda a cada caso:

- Determinación de Humedad: según el método AOAC 950.46.
- Determinación de Proteína: según el método AOAC 992.15.
- Determinación de Cenizas: según el método AOAC 920.153
- Determinación de Grasa: según el método AOAC 991.36.
- Determinación de fibra: según el método AOAC 920.86.

3.4.2 ANÁLISIS DE DUREZA

La caracterización de la textura en un alimento se basa en un conjunto de medidas. Actualmente el método de compresión de análisis del perfil de textura (TPA) es el método instrumental más usado para determinar propiedades de textura en alimentos, el cual imita las condiciones de compresión durante la masticación.

El método TPA ha sido empleado en evaluaciones de productos cárnicos, como en salchichas fermentadas deshidratadas, *cabanossi*, para determinar la calidad del producto o seleccionar el mejor ingrediente funcional (Herrera *et al.*, citados por Rebatta 2014). Este método pretende encontrar el mejor modelo de la masticación para proporcionar cierto

número de parámetros característicos de la acción de la mandíbula sobre el alimento (Roudot, citado por Rebatta 2014).

De acuerdo a Hleap y Velasco (2010), la dureza es la fuerza máxima que tiene lugar en cualquier tiempo durante el primer ciclo de compresión, es decir, se refiere a la fuerza requerida para comprimir un alimento entre los molares o entre la lengua y el paladar.

El Análisis de textura se trabajó con un texturómetro QTS 25 (Brookfield® CNS Farnell, Middelboro, MA, USA). Se utilizó una sonda cilíndrica Perspex de 25 mm de diámetro por 35 mm de diámetro de una altura y una celda de carga de 25 fuerza. Se programó la velocidad de 2 mm/min por una distancia de 15 mm. La distancia de penetración fue del 50 por ciento de la altura (7,5 mm). Las muestras se cortaron en cilindros de 20 mm de altura (Szczesniak 1973).

3.4.3 ANÁLISIS DE COLOR

Se realizó la medida directa a la longaniza por medio del Colorímetro Minolta modelo CR-400, siguiendo las recomendaciones propuestas por la AMSA (1991) y Honikel (1998):

- Asegurarse que el trozo de longaniza tenga un espesor mínimo de 1,5 cm, siendo lo recomendable un espesor de 2,0 cm.
- Prender el Colorímetro Minolta modelo CR-400 y calibrarlo mediante la función ubicada en el panel de selección y la placa blanca de calibración. Asegurarse de realizar el disparo de luz de manera vertical y directamente sobre la placa de calibración ubicada en una superficie plana.
- Programar el colorímetro para realizar cinco disparos.
- Abrir el envase, retirar la longaniza.
- Colocar de la longaniza en una superficie plana y realizar la medición de color directamente sobre la muestra, asegurándose que no exista espacio entre la longaniza y el lente del colorímetro.
- Después de cada disparo mover el lente del colorímetro a otro punto de la superficie de la longaniza.
- Reportar los resultados de las mediciones en las coordenadas de color L^* , a^* y b^* .

- El valor del *Croma* se calculó con la siguiente fórmula:

$$C^2 = a^2 + b^2$$

3.4.4 DETERMINACIÓN DE RENDIMIENTO

Se determinó el rendimiento de la longaniza durante la etapa de ahumado, por diferencias de pesos:

$$\frac{\text{Peso inicial} - \text{peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100 = \% \text{Rendimiento}$$

3.4.5 ANÁLISIS SENSORIAL

En la prueba se evaluó el nivel de agrado de la fórmula de longaniza optimizada (B) y de una longaniza elaborada con harina texturizada de soya, insumo utilizado mayormente en la industria cárnica (A) codificada. Para esta prueba se requirió por lo menos cincuenta panelistas.

La selección de panelistas se realizó a través de cartillas (ver anexo 2) estos fueron consumidores de embutidos y estuvieron comprendidos en el rango de edades de 18 a 30 años. La evaluación fue acompañada por un vaso de agua. El formato de evaluación que se utilizó fue una escala hedónica donde «Me gusta extremadamente» el número 1 y «Me disgusta extremadamente» el número 7, dicha ficha se presenta en el anexo 3. Donde a los panelistas se les pidió evaluar muestras codificadas de los productos, indicando cuanto les agrada la muestra.

Se realizó la prueba no paramétrica Mann-whitney para ver si hay diferencia significativa en las muestras evaluadas.

3.5 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

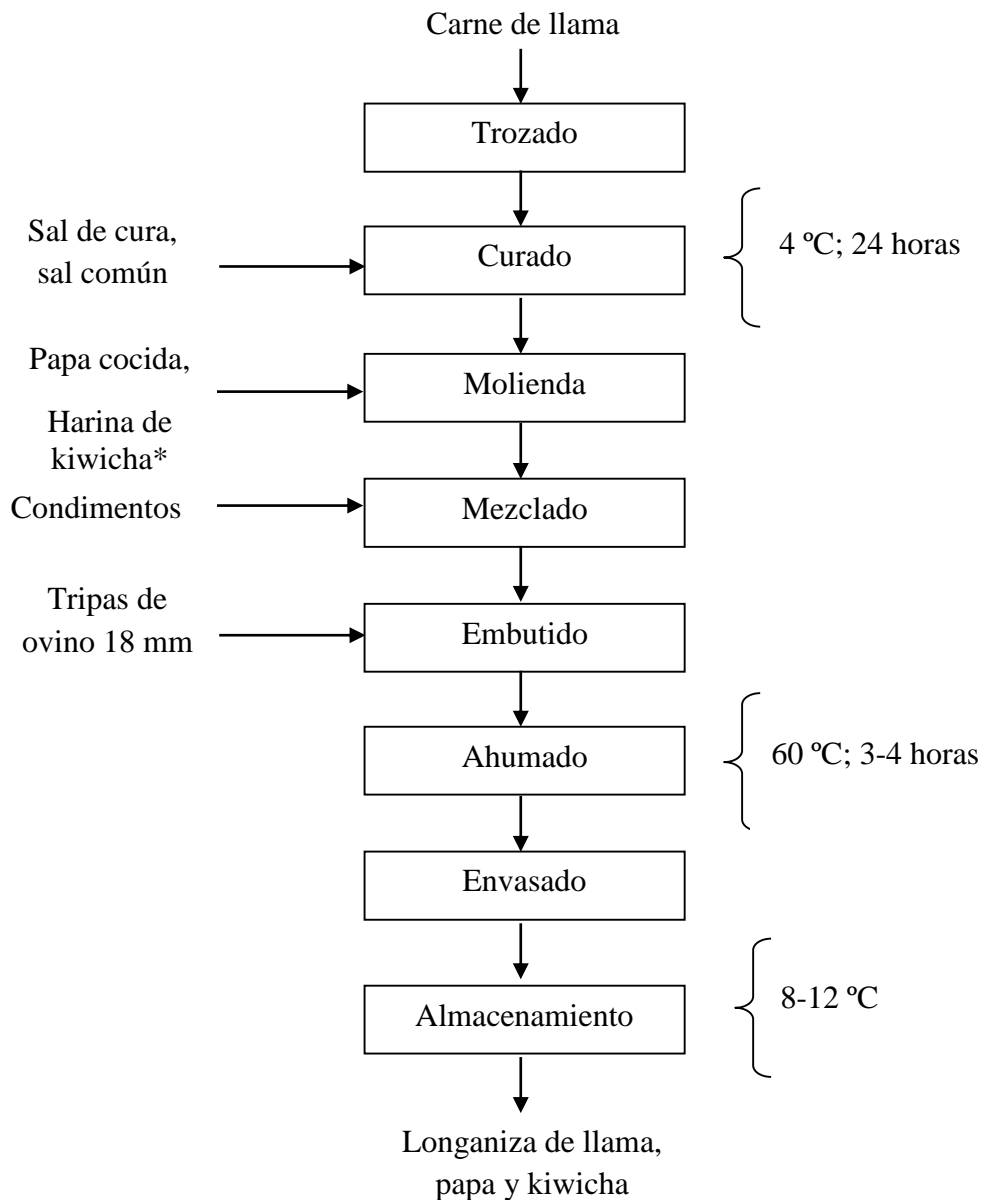
3.5.1 FLUJO DE OPERACIONES

A continuación se detallan los flujos de operaciones:

- a. La elaboración de longaniza de carnes de llama, papa amarilla y harina de kiwicha se realizó considerando el flujo de operaciones mostrado en la figura 11, que se describe a continuación:
- Trozado: Se partió la carne en trozos de 5 – 10 cm para luego pasar al curado.
 - Curado: La carne de llama fue curada con el uso sal (20 g/kg), de nitritos (200 ppm) y de azúcar (3 g/kg) con el objetivo de prolongar su conservación y favorecer la coloración del producto (Paltrinieri y Meyer 1996). El curado se realizó usando el método en seco, manteniendo a 4 °C durante 24 horas la carne trozada de 5 - 10 cm aproximadamente para luego ser mezclada con los aditivos.
 - Molienda: Tiene como objetivo disminuir el tamaño de partícula de la masa y aumentar así la superficie de contacto. La carne se molió junto con la papa cocida. Este proceso fue llevado a cabo con la materia prima refrigerada o congelada, a temperaturas entre 5 °C - 7 °C y vigilando que las cuchillas tengan un filo adecuado. De no ser así se pudo producir un sobrecalentamiento de la masa, ocasionando un picado deficiente, con desgarramientos de la carne, que ocasiona excesivas pérdidas por exudado. Esto conlleva defectos en la posterior maduración y desecación del producto, dando lugar a superficies de corte poco definidas (Jiménez y Carballo 1989).
 - Mezclado: Se realizó con el fin de entremezclar homogéneamente la carne y los ingredientes (Jiménez y Carballo 1989).
 - Embutido: Tiene como finalidad introducir la pasta finamente picada en la tripa para constituir las piezas. La masa obtenida anteriormente se embutió en tripas de ovino de calibre de 18 mm, en esta operación se hizo evitando introducir aire. El aire puede dar lugar a la formación de cavidades que pudieron provocar en el producto decoloraciones o aparición de coloraciones anormales, enmohecimiento, etc. También se tuvo que evitar durante el embutido que la masa entre en contacto con agua o con zonas húmedas que hubieran favorecido también la aparición de coloraciones anormales. Las tripas naturales se lavaron antes de su llenado para retirar la sal y evitar que ésta forme una costra en la superficie del producto (Jiménez y Carballo 1989).
 - Ahumado: Se realizó en un ahumado a 60 °C por aproximadamente 3-4 horas. Para crear una textura a la longaniza.
 - Envasado: se envasó en bolsas de polietileno de baja densidad.

- Almacenamiento: se realizó en refrigeración a 8-12 °C, que tuvo por finalidad asegurar la conservación del producto.

b. Se realizó la elaboración de longaniza de carne de llama, papa amarilla y texturizado de soya siguiendo el mismo proceso mencionado. Donde sólo se reemplazó a la harina de kiwicha por el texturizado de soya.



*Para la longaniza que se empleó como comparativo en el panel sensorial se empleó texturizado de soya en lugar de la harina de kiwicha.

Figura 11: Diagrama de flujo para la elaboración de longaniza con carne de llama, papa amarilla y harina de kiwicha.

FUENTE: Adaptado de Werkmeister 2008

3.5.2 FORMULACIONES PRELIMINARES

Con la finalidad de evaluar el efecto simultáneo de la mezcla de tres componentes que son la carne de llama, harina de kiwicha, y papa amarilla sobre el rendimiento, dureza y color de la longaniza. Considerando la metodología propuesta por Cornell (2002), para el caso de tres componentes, se aplicó en Diseño de Mezcla Axial, con restricciones mínimas y máximas sobre los mismos.

Para el caso de los límites de la carne de llama, harina de kiwicha y papa cocida se determinaron las restricciones mostradas en el cuadro 18.

Cuadro 18: Restricciones sobre los ingredientes de la masa principal

LÍMITES EN FUNCIÓN DE MASA PRINCIPAL (%)
56% < Carne de llama < 100%
0% < Papa cocida < 40% ⁽¹⁾
0% < Harina de kiwicha < 4% ⁽²⁾

FUENTE: Adaptado de ⁽¹⁾Saavedra 2014 y ⁽²⁾Lavy *et al.* 2015

Considerando la masa principal y restricciones determinadas anteriormente, se aplicó el *software* Design Expert[®] (*combined*). Se realizó 19 formulaciones que se presentan en el cuadro 19.

Cuadro 19: Tratamientos obtenidos a evaluar

TRATAMIENTO	COMPONENTE 1: CARNE	COMPONENTE 2: PAPA	COMPONENTE 3: KIWICHA
1	78,00	20,00	2,00
2	100,00	0,00	0,00
3	71,38	26,70	1,92
4	97,31	0,00	2,69
5	84,99	11,01	4,00
6	92,32	7,13	0,55

«continuación»

7	78,00	20,00	2,00
8	75,98	22,31	1,70
9	66,20	29,80	4,00
10	82,25	17,75	0,00
11	60,00	40,00	0,00
12	100,00	0,00	0,00
13	56,02	40,00	3,98
14	61,35	34,66	3,99
15	97,31	0,00	2,69
16	78,00	20,00	2,00
17	56,02	40,00	3,98
18	60,00	40,00	0,00
19	84,99	11,01	4,00

3.6 ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación consta de las etapas que se muestran en el cuadro 20, se detalla cada una a continuación:

3.6.1 CARACTERIZACIÓN

- Carne de llama: Se emplearon canales entre 18 a 24 meses a las cuales se realizó el desposte y la extracción de la carne. Para la elaboración de la longaniza se utilizó el músculo de la pierna, dorso y del lomo a los que se realizó el análisis proximal.
- Papa amarilla: Se empleó papa amarilla del Centro, la cual fue previamente sancochada y se le realizó una molienda gruesa, seguido se realizó el análisis proximal.
- Harina de Kiwicha: Se empleó harina de kiwicha Chullpi a la que se realizó el análisis proximal.

3.6.2 ELABORACIÓN DE TRATAMIENTOS

En esta etapa se elaboraron cada uno de los tratamientos (según se detalla en el flujo de operaciones de la figura 11). Se controló el tiempo de ahumado, temperatura y pesos en la elaboración de las longanizas.

3.6.3 EVALUACIÓN DE LONGANIZAS

Se evaluaron de los 19 tratamientos: el perfil de textura (dureza), colorímetro, rendimiento. Los resultados correspondientes a rendimiento, dureza y color expresados como el promedio de las observaciones registradas (tres mediciones por cada formulación).

Con los resultados observados en las formulaciones experimentales, según el caso de la característica analizada (rendimiento, dureza y color), se realizó el análisis de Regresión Múltiple (Métodos de Mínimos Cuadrados), con la finalidad de obtener el Polinomio Canónico de Sheffé que describa la dependencia de dicha característica en función de los ingredientes bajo estudio (Cornell 2002). La determinación de dicho polinomio, así como su respectivo Análisis de Varianza (ANVA) y Prueba de Significancia de coeficientes (nivel de significancia $\alpha = 0,05$), fueron llevados a cabo mediante la utilización del programa estadístico *software Design Expert® (combined)*.

En referencia al ANVA, este consistió de acuerdo a Cornell (2002), en establecer la significancia estadística del modelo y coeficientes del mismo; además de una Falta de ajuste (*Lack of Fit*) no significativa. La significancia estadística del modelo y de los coeficientes se estableció mediante la Prueba F de Fisher, debiéndose registrar un valor de probabilidad F ($\text{Prob} > F$) menor a 0,05.

3.6.4 ELECCIÓN DE LA FORMULACIÓN ÓPTIMA

Luego de obtener los modelos matemáticos para cada una de las respuestas estudiadas, se procedió a la optimización simultánea de las mismas. Para ello, se tuvo en cuenta la metodología de la Deseabilidad Global, descrita por Cornell (2002).

El objetivo de esta optimización fue encontrar aquella mezcla que cumpliera con las restricciones impuestas sobre cada una de las respuestas. Las restricciones consideradas fueron las siguientes:

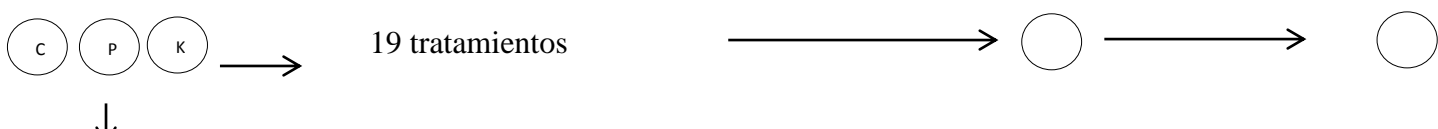
- Maximizar rendimiento
- Maximizar color
- Dureza (en rango)

Dichas restricciones fueron graficadas en forma de contorno sobre el espacio factorial de mezcla (gráfico bidimensional). La intersección de dichos contornos definió la denominada «zona de formulación factible», la misma que estuvo constituida por todas aquellas mezclas que cumplían simultáneamente con todas las restricciones impuestas y sobre la cual se realizó la optimización.

3.6.5 CARACTERIZACIÓN DE PRODUCTO

Se realizó un análisis proximal de la formulación óptima. Se realizó la evaluación sensorial de la longaniza elaborada con harina de kiwicha versus una longaniza elaborada con texturizado de soya.

Cuadro 20: Diseño experimental de investigación

ETAPA	A. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA	B. ELABORACIÓN DE TRATAMIENTOS	C. EVALUACIÓN DE LONGANIZAS	D. ELECCIÓN DE LA FÓRMULA ÓPTIMA	E. CARACTERIZACIÓN DE PRODUCTO
Tratamiento					
Análisis	- Proximal	- <i>Software Design</i> Expert ®		- Optimización mediante <i>software</i> Design Expert®	- Proximal
Parámetro	<ul style="list-style-type: none"> - Rendimiento - Perfil textura (dureza) - Color (<i>Croma</i>) 			<ul style="list-style-type: none"> - Maximización de rendimiento. - Maximización de color (<i>Croma</i>) - Dureza (en rango). 	- Análisis sensorial

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ANÁLISIS PROXIMAL DE LOS INGREDIENTES PRINCIPALES

4.1.1 CARNE DE LLAMA

Los resultados obtenidos tras el análisis proximal de la carne de llama se muestran en el cuadro 21. Cristofanelli *et al.*, citado por Mamani-Linares *et al.* (2014), mencionan que la cantidad de humedad en la carne de llama es de $73,9 \pm 1,9$ por ciento en el músculo *L. dorsi*. Este valor es muy cercano al de análisis proximal, ya que para esta muestra se utilizó músculo del dorso, lomo y pierna.

Cuadro 21: Composición químico proximal de la carne de llama

COMPONENTE	PORCENTAJE (%) \pm D.E.*
Humedad	73,99 % \pm 0,12
Proteína	20,59% \pm 0,13
Grasa	1,34 % \pm 0,05
Ceniza	1,42 % \pm 0,11
Carbohidratos	2,66% \pm 0,10

*D.E.: Desviación Estándar

Bravo (2008) sostiene que el pastoreo marginal genera una carne magra; característica que puede facilitar su difusión como un producto saludable. Por ejemplo, manifiesta que la carne de llama posee un 20,3 por ciento de proteínas totales, valor cercano al resultado del análisis proximal.

La canal de la llama se caracteriza por ser magra y con baja cobertura de grasa, debido a que la mayor concentración de grasa se encuentra alrededor de los órganos internos. La carne de llama presenta niveles de grasa entre 0,49-2,05 por ciento (Mamani-Linares *et al.* 2014). El resultado del análisis proximal es de 1,34 por ciento de valor que se encuentra dentro del rango mencionado.

Salinas (2006) afirma que la carne de llama contiene 1,41 por ciento de ceniza en su composición proximal. El resultado del análisis fue de 1,42 por ciento de cenizas valor similar al mencionado.

4.1.2 HARINA DE KIWICHA

Los resultados obtenidos del análisis proximal de la harina de kiwicha empleada se muestran en el cuadro 22. Son similares a los mencionados por Agroforum (s.f.), donde manifiesta que la harina de kiwicha presenta 10,49 por ciento en proteínas; 2,23 por ciento en grasa, carbohidratos 73,92 por ciento; y también cercanos a los valores mencionados por Zúñiga (2009), que sostiene que la kiwicha presenta 13,5 por ciento de proteína, grasa 7,1 por ciento carbohidratos; 64,5 por ciento; ceniza 2,4 por ciento.

Cuadro 22: Composición químico proximal de la harina de kiwicha

COMPONENTE	PORCENTAJE (%) ± D.E.*
Humedad	6,23% ± 0,11
Proteína	13,57% ± 0,39
Carbohidratos	69,83% ± 0,17
Grasa	6,53% ± 0,05
Ceniza	9,92% ± 0,07
Fibra Total	2,5% ± 0,05

*D.E.: Desviación Estándar

4.1.3 PAPA AMARILLA

En el cuadro 23 se reportan los resultados obtenidos al analizar la papa cocida que fue empleada en la elaboración de longanizas. Como se puede apreciar el componente mayoritario es la humedad (71,51 por ciento). Al respecto, USDA (2013) reporta valores similares de humedad (71,64 por ciento) y de grasa (0,14 por ciento), para papa cocida; también reportan valores de proteínas de 0,38 por ciento y fibra 0,4 por ciento. Estos resultados pueden deberse al índice de madurez, a la variedad de papa y las condiciones medio ambientales en las que se desarrollen.

Cuadro 23: Composición químico proximal de la papa amarilla sancochada

COMPONENTE	PORCENTAJE (%) ± D.E.*
Humedad	71,51% ± 0,20
Proteína	2,8% ± 0,20
Grasa	0,13% ± 0,03
Ceniza	1,28% ± 0,07
Fibra Total	2,15% ± 0,08

*D.E.: Desviación Estándar

4.2 EVALUACIÓN DE FORMULACIONES

4.2.1 EFECTO DE LOS INGREDIENTES SOBRE EL RENDIMIENTO DE LA LONGANIZA

A continuación se detalla el efecto de los ingredientes sobre el rendimiento de la longaniza:

a. Establecimiento del modelo matemático y análisis estadístico

Los valores observados y estimados de rendimiento de la longaniza, corresponden a cada una de las formulaciones de las longanizas estudiadas (cuadro 24).

Cuadro 24: Valores observados y estimados del rendimiento de las formulaciones experimentales de la longaniza

FORMU-LACIÓN	X1 CARNE DE LLAMA (%)	X2 PAPA AMARILLA (%)	X3 HARINA DE KIWICHA (%)	RENDIMIENTO DE LONGANIZA OBSERVADA (%)	RENDIMIENTO DE LONGANIZA PREDICHA \hat{Y} (%)
F1	78,00	20,00	2,00	71,817	73,268
F2	100,00	0,00	0,00	74,472	75,673
F3	71,38	26,70	1,92	72,137	71,899
F4	97,31	0,00	2,69	78,910	77,705
F5	84,99	1,01	4,00	77,085	76,538

«continuación»

F6	92,32	7,13	0,55	73,759	74,694
F7	78,00	20,00	2,00	74,015	73,268
F8	75,98	22,31	1,70	72,846	72,593
F9	66,20	29,80	4,00	75,450	72,859
F10	82,25	17,75	0,00	75,909	72,197
F11	60,00	40,00	0,00	66,375	67,842
F12	100,00	0,00	0,00	74,109	75,673
F13	56,02	40,00	3,98	66,620	70,847
F14	61,35	34,66	3,99	73,510	71,899
F15	97,31	0,00	2,69	76,756	77,705
F16	78,00	20,00	2,00	72,832	73,268
F17	56,02	40,00	3,98	70,296	70,847
F18	60,00	40,00	0,00	69,405	67,842
F19	84,99	11,01	4,00	77,011	76,538

Los valores observados fueron sometidos al análisis de regresión múltiple correspondiente, donde se obtuvo la siguiente ecuación polinomial de primer grado:

$$\hat{Y} = 0,75673x_1 + 0,56095x_2 + 1,51200x_3$$

Donde \hat{Y} representa el rendimiento de componentes estimada (porcentaje); mientras que x_1 , x_2 , x_3 corresponden a los porcentajes de carne de llama, papa cocida y harina de kiwicha, respectivamente, presentes en la mezcla. Los resultados del ANVA de dicho modelo se muestran en el siguiente cuadro 25.

Cuadro 25: Análisis de Varianza (ANVA) de la ecuación de regresión para el rendimiento de la longaniza

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	VALOR F	PROB > F
Modelo	150,43	2	75,22	21,5	< 0,0001
Falta de ajuste	39,81	9	4,42	1,92	0,2015
Error Puro	16,15	7	2,31		
Total	206,4	18			

Media= 73,32; Desviación estándar (SD) = 1,87; $R^2 = 0,7288$; $R^2_{adj} = 0,695$

El valor $-p$ (o p -value) prueba si el modelo es significativo o aporta elementos en la explicación de la respuesta al compararlo con el modelo anterior más bajo del orden (Gutiérrez y De la Vara 2008). Cornell (2002) menciona que cuando el p es mayor a 0,05 o 0,01 (dependiendo del nivel de significación escogido), el coeficiente asociado a dicho valor es no significativo. En el caso del modelo analizado, se puede afirmar que los coeficientes son significativos, ya que el valor p es, a un nivel de 95 por ciento, menor a 0,0001 como se muestra en el cuadro 25.

Como se puede observar, el valor F calculado es 21,50 en comparación con el valor tabular $F_{(2,16,\alpha=0,05)} = 2,8$; e incluso con el valor tabular $F_{(2,16,\alpha=0,01)} = 10,97$ lo que implica que el modelo es significativo, inclusive al 99 por ciento de nivel de confianza.

También se puede afirmar que el experimento tuvo buena reproducibilidad, puesto que la suma de cuadrados del error puro es menor con comparación con la suma de cuadrado total. Cornell (2002), señala que esta interpretación es válida, ya que la determinación de la suma de cuadrados del error puro se utilizan las repeticiones consideradas en el diseño experimental.

Adicionalmente, para la selección del modelo se tiene el criterio de los coeficientes de determinación R^2 y R^2_{adj} (coeficiente de determinación ajustado), los cuales muestran el

porcentaje de la variación en \hat{Y} que es explicada por el correspondiente modelo (Gutiérrez y De la Vara 2008). El coeficiente de determinación (R^2), el 72,88 por ciento de la variación en el rendimiento es explicado por el modelo seleccionado. Con este valor se puede afirmar que el modelo es significativo.

Con relación a los coeficientes de la ecuación, estos fueron analizados mediante la prueba F de Fisher, con la finalidad de eliminar aquellos que no presentaran significancia estadística (nivel de significación $\alpha = 0,05$) (Salazar 2006).

En el cuadro 26, se observa los valores de los coeficientes del Modelo de Regresión del Rendimiento de la longaniza.

Cuadro 26: Prueba de Significancia para los Coeficientes del Modelo de Regresión del Rendimiento de la longaniza

TÉRMINO DEL MODELO	COEFICIENTE ESTIMADO	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	VALOR F	P VALUE PROB>F
Lineal	X1 =0,7567 X2 =0,56095 X3= 1,51200	150,43	2	75,22	21,5	< 0,0001

b. Efecto de los ingredientes sobre el rendimiento de la longaniza

En las figuras 12 y 13 se muestra el ploteo de contornos para el rendimiento de la longaniza, en función al porcentaje de carne de llama (A), papa amarilla (B) y harina de kiwicha (C), se puede observar en dichas figuras que el color del gráfico cambia de rojo a verde y a azul, de acuerdo al incremento de la variable respuesta (como se indica en el mismo gráfico), siendo el color azul los niveles más bajos, verdes los intermedios y rojo y naranja los más altos. Donde se puede apreciar que la mayor influencia en el rendimiento son la carne de llama (A) y la harina de kiwicha (C).

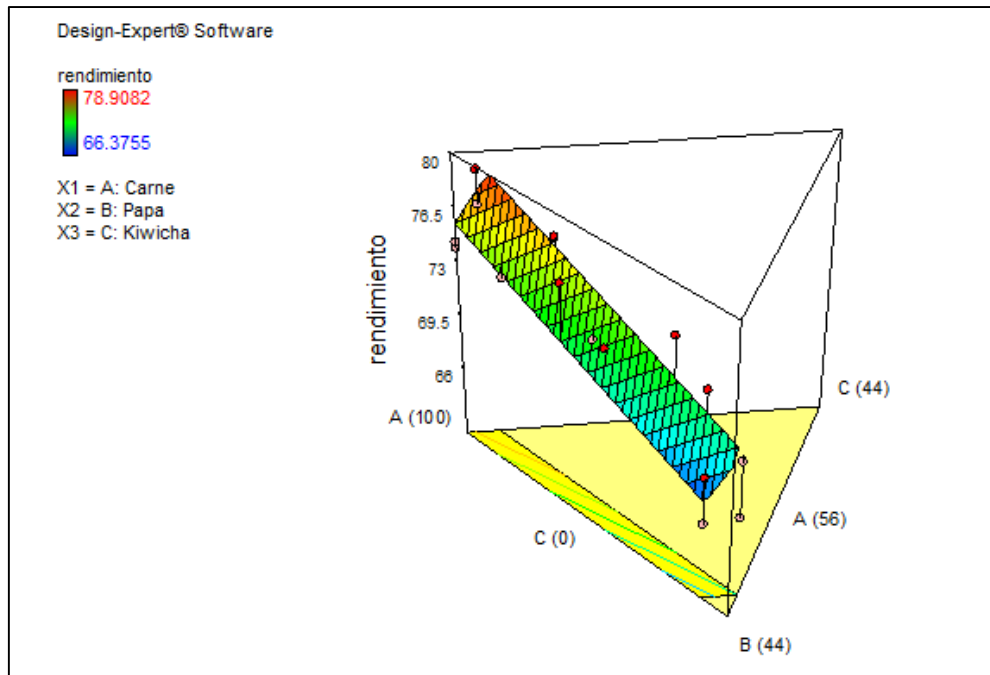


Figura 12: Superficie de respuesta tridimensional del rendimiento expresado en porcentaje.

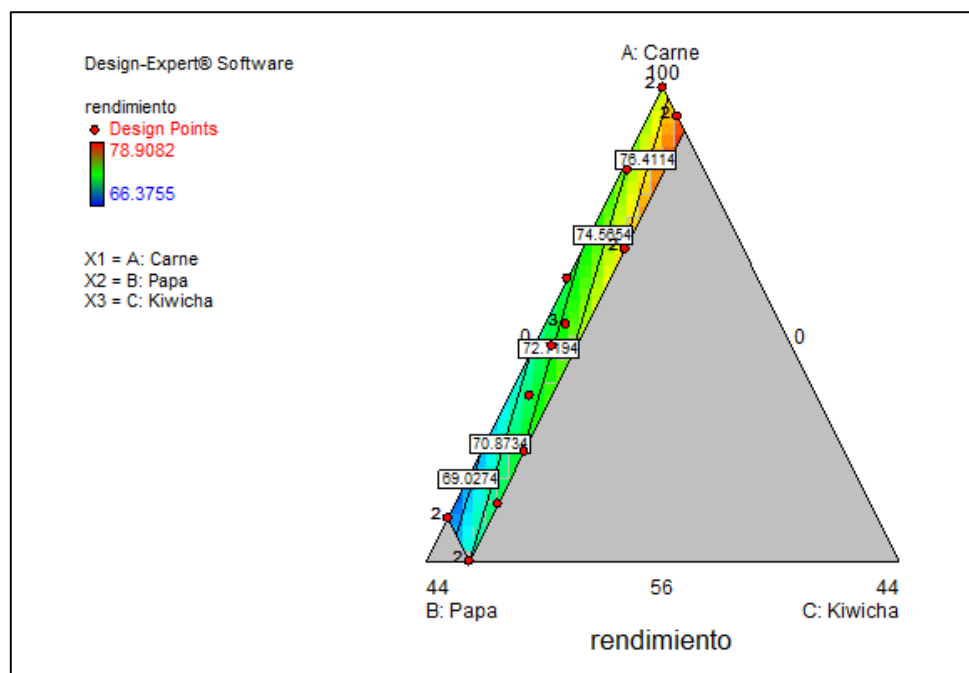


Figura 13: Ploteo de contornos del rendimiento de los componentes.

Con la finalidad de analizar detalladamente la influencia en la respuesta de los tres ingredientes estudiados, se consideraron los denominados «Trazos de Cox» para cada uno de ellos, presentados en la figura 14.

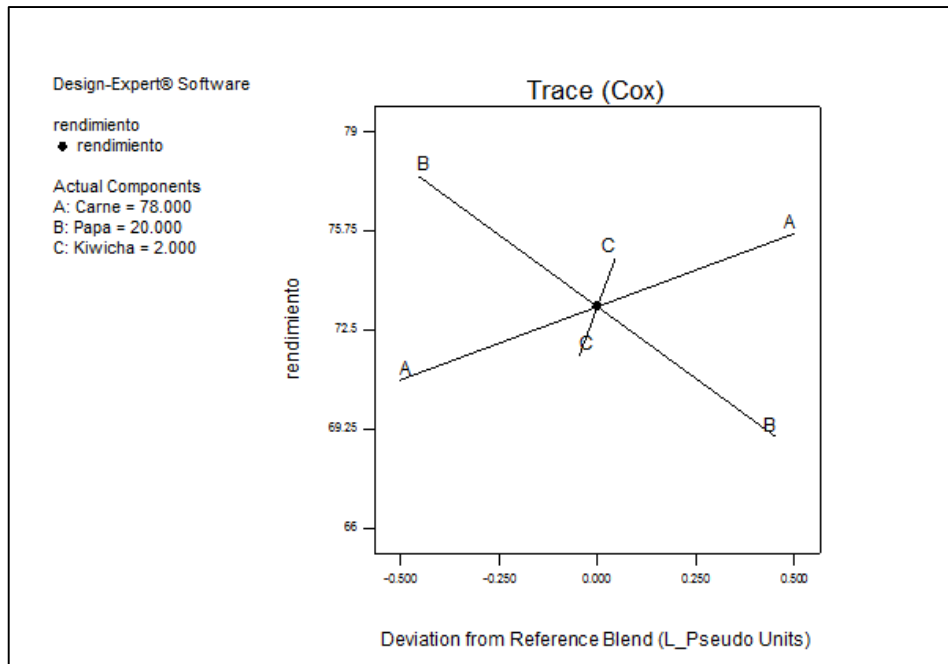


Figura 14: Trazos de Cox del rendimiento.

Gutiérrez y De la Vara (2008) mencionan que los «Trazos de Cox» son una forma de evaluar la importancia de los distintos componentes de una mezcla. Esta figura inicia con una mezcla de referencia (usualmente con el centroide de la región experimental), y va mostrando la manera en que la respuesta Y se modifica conforme uno de los componentes aumenta o disminuye su participación en la mezcla. Cuando uno de los componentes cambia, el resto se incrementa o disminuye en forma proporcional. De esta manera, la forma del gráfico de trazas muestra la importancia relativa de los componentes.

Con referencia a la papa amarilla cocida, se aprecia una gran influencia en la respuesta, debido a que el trazo de Cox es muy inclinado hacia la izquierda, por lo que el aumento de proporción de este ingrediente provoca una disminución en el rendimiento de la longaniza.

Durante el secado se producen las transformaciones físicas, químicas y bioquímicas propias de los embutidos que básicamente comprenden fenómenos de deshidratación, entre otras características (Martínez *et al.* 2009). Por tal, la papa amarilla cocida al presentar mayor porcentaje de humedad, pierde agua en el proceso de secado (etapa de ahumado de la longaniza); es decir, a mayor cantidad de papa amarilla mayor pérdida de peso (menor rendimiento) por deshidratación del agua.

Respecto al efecto de la carne de llama se puede establecer una influencia de gran magnitud, contrario al de la papa amarilla cocida (trazo de Cox con una inclinación hacia la derecha). Por lo que al incrementar el porcentaje de este ingrediente provocara un aumento en el rendimiento de la longaniza. Jiménez y Carballo (1989) mencionan que en el proceso de ahumado las proteínas de las carnes coagulan originando una textura característica de los embutidos. Al aumentar la cantidad de carne de llama podría aumentar el peso de la longaniza debido a que hay mayor coagulación de proteínas y menor pérdida de agua.

La kiwicha presenta una gran cantidad de proteínas. Estas están constituidas principalmente por albúminas entre 49-65 por ciento del total, seguidas por glutelinas 22,4 – 42,3 por ciento, las globulinas entre 13,7 – 18,1 por ciento y finalmente las prolaminas entre 1 – 3,2 por ciento (Segura-Nieto De La Rosa *et al.*, citados por Ventureira 2010). Una de las propiedades funcionales de las proteínas de la harina de kiwicha, de acuerdo a la interacción de las moléculas proteicas (proteína – proteína), es la gelificación (Castel 2010). Donde, desde el punto de vista fisicoquímico los geles son sistemas multicomponentes que contienen una importante fase líquida, pero exhiben un comportamiento típico de sólidos (Almdal *et al.*, citados por Yamul 2008). En estos geles el agua queda atrapada en los capilares de la matriz, lo que aumenta la capacidad de retención del agua y previene la sinéresis, mejorando el rendimiento de los productos alimenticios.

El efecto de la harina de kiwicha presenta un trazo de Cox con gran pendiente hacia la derecha, la cual indica que a medida que aumenta el porcentaje de este ingrediente en la mezcla el rendimiento aumenta, debido a la formación de geles mejorando el rendimiento de la longaniza.

4.2.2 EFECTO DE LOS INGREDIENTES SOBRE LA DUREZA DE LA LONGANIZA

a. Establecimiento del modelo matemático y análisis estadístico

Los valores observados (cuadro 27) fueron sometidos al análisis de regresión múltiple correspondiente, donde se obtuvo la siguiente ecuación polinomial de primer grado:

$$\hat{Y} = 47,854 x_1 - 35,676 x_2 + 143,876 x_3$$

Donde \hat{Y} representa la dureza de la longaniza estimada o predicha (porcentaje); mientras que x_1 , x_2 , x_3 corresponden a los porcentajes de carne de llama, papa cocida y harina de kiwicha, respectivamente, presentes en la mezcla.

Los resultados del ANVA de dicho modelo se muestran en el siguiente cuadro 28

El valor $-p$ (o p -value) prueba si el modelo es significativo o aporta elementos en la explicación de la respuesta al compararlo con el modelo anterior más bajo del orden (Gutiérrez y De la Vara 2008). Cornell (2002) menciona que cuando el p es mayor a 0,05 o 0,01 (dependiendo del nivel de significación escogido), el coeficiente asociado a dicho valor es no significativo. En el caso del modelo analizado, se puede afirmar que los coeficientes son significativos, ya que el valor p es, a un nivel de 95 por ciento, menor a 0,001 como se muestra en el cuadro 28.

Cuadro 27: Valores observados y estimados de la dureza en las formulaciones experimentales de la longaniza

FORMULA- CIÓN	X1 CARNE DE LLAMA (%)	X2 PAPA AMARILLA (%)	X3 HARINA DE KIWICHA (%)	DUREZA DE LA LONGANIZA OBSERVADA	DUREZA DE LA LONGANIZA PREDICHA
F1	78,00	20,00	2,00	2628,25	3306,82
F2	100,00	0,00	0,00	4548,33	4785,36
F3	71,38	26,70	1,92	2668,14	2740,22
F4	97,31	0,00	2,69	5909,00	5043,75
F5	84,99	1,01	4,00	4285,00	4249,75
F6	92,32	7,13	0,55	2562,33	4243,04
F7	78,00	20,00	2,00	2530,00	3306,82
F8	75,98	22,31	1,70	2240,60	3085,42
F9	66,20	29,80	4,00	2704,40	2680,01
F10	82,25	17,75	0,00	4101,67	3302,49

«continuación»

F11	60,00	40,00	0,00	1972,20	1444,20
F12	100,00	0,00	0,00	4964,33	4785,36
F13	56,02	40,00	3,98	1936,33	1826,30
F14	61,35	34,66	3,99	2335,80	2273,14
F15	97,31	0,00	2,69	6496,67	5043,75
F16	78,00	20,00	2,00	3507,00	3306,82
F17	56,02	40,00	3,98	1755,67	1826,30
F18	60,00	40,00	0,00	2014,80	1444,20
F19	84,99	11,01	4,00	3783,00	4249,75

Cuadro 28: Análisis de Varianza (ANVA) de la ecuación de regresión para la dureza de la longaniza

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	VALOR F	PROB > F
Modelo	26 210 000	2	13 110 000	23,10	<0,0010
Falta de ajuste	8 098 000	9	899 800	6,42	0,0114
Error Puro	981 200	7	140 200		
Total	35 290 000	18			

Media= 3312,82; Desviación estándar (SD) = 753,30; $R^2 = 0,7427$; $R^2_{adj} = 0,7106$

Como se puede observar, el valor F calculado es 23,10 en comparación con el valor tabular $F_{(2,16,\alpha=0,05)} = 2,8$; e incluso con el valor tabular $F_{(2,16,\alpha=0,01)} = 10,97$ lo que implica que el modelo es significativo, inclusive al 99 por ciento de nivel de confianza.

También se puede afirmar que el experimento tuvo buena reproducibilidad, puesto que la suma de cuadrados del error puro es menor con comparación con la suma de cuadrado total. Cornell (2002) señala que esta interpretación es válida, ya que la determinación de la suma de cuadrados del error puro se utilizan las repeticiones consideradas en el diseño experimental.

Adicionalmente, para la selección del modelo se tiene el criterio de los coeficientes de determinación R^2 y R^2 adj (coeficiente de determinación ajustado), los cuales muestran el porcentaje de la variación en \hat{Y} que es explicada por el correspondiente modelo (Gutiérrez y De la Vara 2008).

El coeficiente de determinación (R^2), el 74,278 por ciento de la variación en el rendimiento es explicado por el modelo seleccionado. Con este valor se puede afirmar que el modelo es significativo.

Con relación a los coeficientes de la ecuación, estos fueron analizados mediante la prueba F de Fisher, con la finalidad de eliminar aquellos que no presentaran significancia estadística (nivel de significación $\alpha = 0,05$) (Salazar 2006).

En el cuadro 29, se observa los valores de los coeficientes del Modelo de Regresión del Dureza de la longaniza.

Cuadro 29: Prueba de Significancia para los Coeficientes del Modelo de Regresión de la dureza de la longaniza

TÉRMINO DEL MODELO	COEFICIENTE ESTIMADO	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	VALOR F	P VALUE PROB>F
Lineal	$X1 = 47,854$ $X2 = -35,676$ $X3 = 143,876$	26210000	2	13110 000	23,10	<0,0010

b. Efecto de los ingredientes sobre la dureza de la longaniza

En la figura 15, se muestra la superficie de respuesta del modelo en función a la mezcla de los componentes: carne de llama (A), papa amarilla (B) y harina de kiwicha (C) y en la figura 16 se muestra el ploteo de contornos la dureza de la longaniza, en función al porcentaje de carne de llama (A), papa amarilla (B) y harina de kiwicha (C).

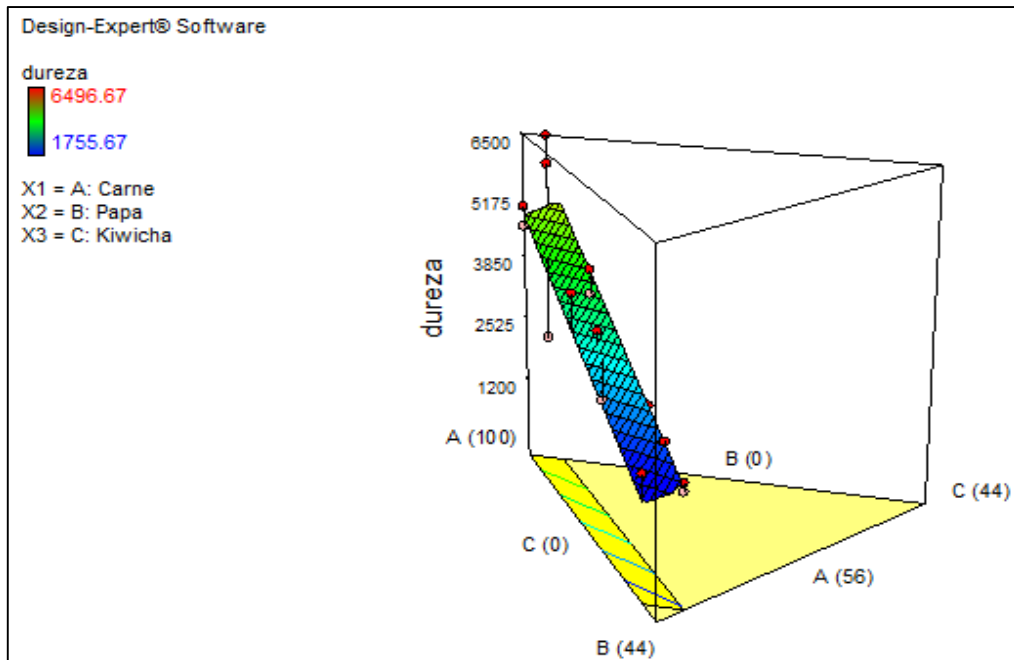


Figura 15: Superficie de respuesta de la dureza.

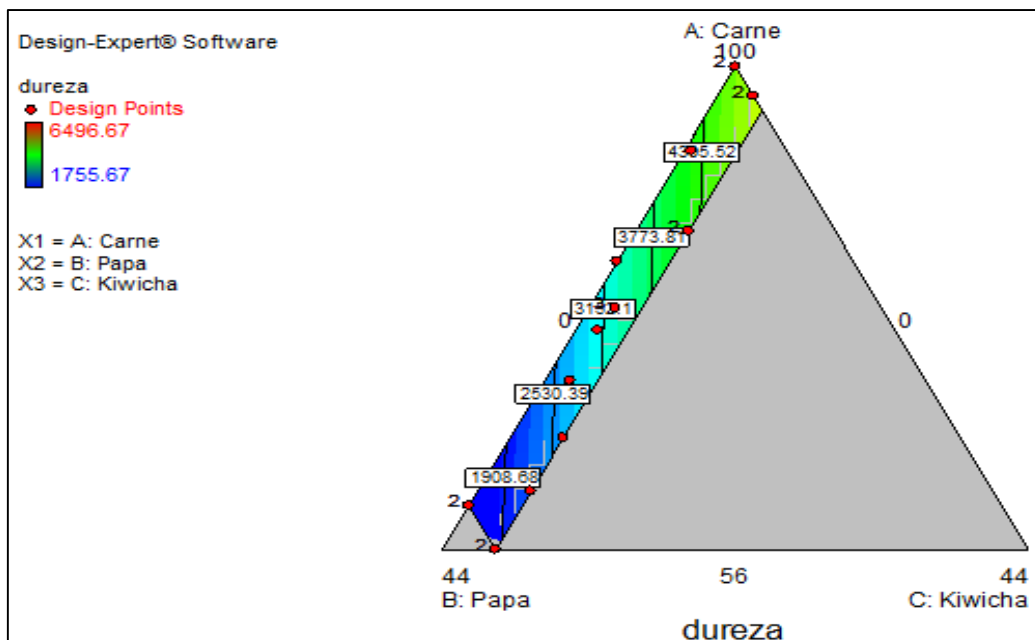


Figura 16: Ploteo de contornos de la dureza de los componentes.

En las figuras 15 y 16, se observa la carne de llama presenta mayor influencia y la harina de kiwicha (color verde) en la dureza de la longaniza, y menor influencia el componente papa amarilla (azul). Con la finalidad de analizar detalladamente la influencia en la respuesta de los tres ingredientes estudiados, se consideraron los denominados «Trazos de Cox» para cada uno de ellos, presentados en la figura 17.

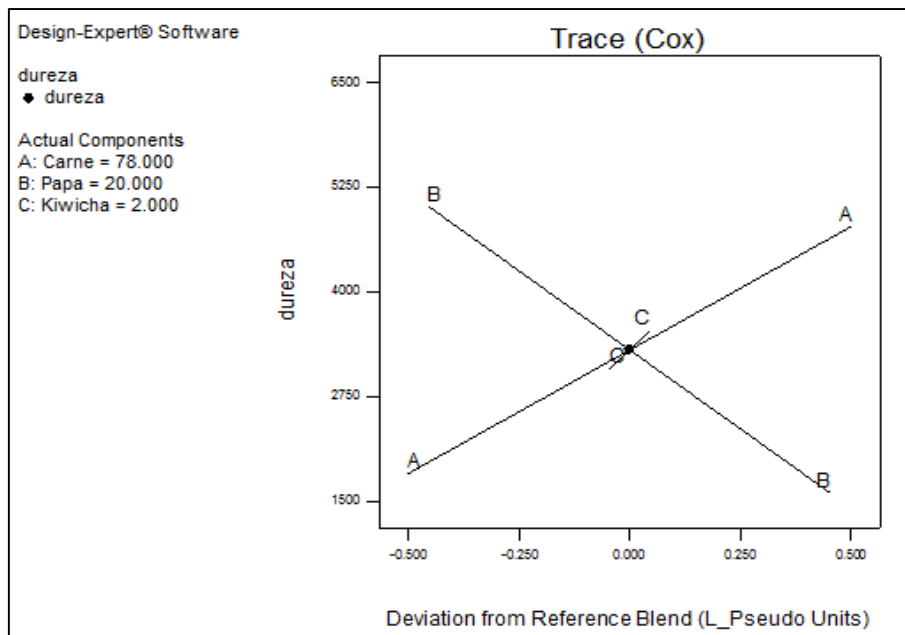


Figura 17: Trazos de Cox de la dureza.

Con referencia a la papa amarilla cocida, se aprecia una gran influencia en la respuesta, debido al que el trazo de Cox es muy inclinado hacia la izquierda, por lo que el aumento de proporción de este ingrediente provoca una disminución en la dureza de la longaniza.

García *et al.* (2002), citados por Rebatta (2014), indican que los carbohidratos y la fibra presentes en cereales que se incluyen en los embutidos, confieren al producto final características deseables de textura y retención de agua. Esto debido a que hacen más blando al producto. Es por eso que al aumentar la cantidad de papa amarilla, la dureza de la longaniza disminuye.

Respecto al efecto de la carne de llama se puede establecer una influencia de gran magnitud, aunque contrario al de la papa amarilla cocida (trazo de Cox con una inclinación hacia la derecha). Por lo que al incrementar el porcentaje de este ingrediente provocara un aumento en la dureza de la longaniza.

Jiménez y Carballo (1989) afirman que en el proceso de ahumado de las proteínas de la carne de los productos cárnicos coagulen originando una textura firme. Por tal, a mayor porcentaje de carne de llama da una textura más firme aumentando la dureza de la longaniza.

Yamul (2008) menciona que la concentración de las proteínas es uno de los factores más importantes involucrados en la gelificación. Si la concentración de éstas es muy baja la gelificación no ocurrirá, pero una vez alcanzada la concentración mínima de proteínas requerida, la fuerza del gel aumenta y el tiempo de gelificación disminuye a medida que la concentración proteica aumenta (Ross-Murphy, 1991; Taylor *et al.*, citados por Yamul 2008). La concentración de proteínas está directamente relacionada con la firmeza de los geles (Lupano *et al.*, citados por Yamul 2008). Meko *et al.*, citados por Yamul (2008), mencionan que la deformación de los geles disminuye con el aumento de la concentración de proteínas, no habiendo cambios significativos a la deformación.

Por tal, efecto de la harina de kiwicha se aprecia una influencia en que cuando aumenta este producto también aumenta la dureza de la longaniza, ya que presenta un trazo de Cox una en pendiente hacia la derecha elevada. Esto podría suceder a que aumenta la cantidad de proteínas de la harina de kiwicha y aumenta la dureza de los geles; por tal, la dureza de la longaniza.

4.2.3 EFECTO DE LOS INGREDIENTES SOBRE EL CROMA DE LA LONGANIZA

a. Establecimiento del modelo matemático y análisis estadístico

Los valores observados (cuadro 30) fueron sometidos al análisis de regresión múltiple correspondiente, donde se obtuvo la siguiente ecuación polinomial:

$$\hat{Y} = 0,179x_1 + 0,205x_2 + 34,558x_3 + 0,0015 x_1 x_2 - 0,350 x_1 x_3 - 0,389 x_2 x_3$$

Donde \hat{Y} representa al *Croma* de la longaniza estimada o predicha (porcentaje); mientras que x_1 , x_2 , x_3 corresponden a los porcentajes de carne de llama, papa cocida y harina de kiwicha, respectivamente, presentes en la mezcla.

Los resultados del ANVA de dicho modelo se muestran en el siguiente cuadro 31.

El valor $-p$ (o *p-value*) prueba si el modelo es significativo o aporta elementos en la explicación de la respuesta al compararlo con el modelo anterior más bajo del orden (Gutiérrez y De la Vara 2008). Cornell (2002) menciona que cuando el p es mayor a 0,05 o

0,01 (dependiendo del nivel de significación escogido), el coeficiente asociado a dicho valor es no significativo. En el caso del modelo analizado, se puede afirmar que los coeficientes son significativos, ya que el valor p es, a un nivel de 95 por ciento, menor a 0,0219 como se muestra en el cuadro 31.

Cuadro 30: Valores observados y estimados de estabilidad de pasta cruda de las formulaciones experimentales de la longaniza

FORMULA- CIÓN	X1 CARNE DE LLAMA (%)	X2 PAPA AMARILLA (%)	X3 HARINA DE KIWICHA (%)	CROMA DE LA LONGANIZA OBSERVADA	CROMA DE LA LONGANIZA PREDICHA
F1	78,00	20,00	2,00	19,478	19,440
F2	100,00	0,00	0,00	18,447	17,987
F3	71,38	26,70	1,92	20,276	19,633
F4	97,31	0,00	2,69	16,593	18,830
F5	84,99	1,01	4,00	22,484	21,054
F6	92,32	7,13	0,55	18,299	18,77
F7	78,00	20,00	2,00	19,821	19,440
F8	75,98	22,31	1,70	20,728	19,582
F9	66,20	29,80	4,00	17,623	20,174
F10	82,25	17,75	0,00	20,536	20,646
F11	60,00	40,00	0,00	22,286	22,629
F12	100,00	0,00	0,00	18,009	17,987
F13	56,02	40,00	3,98	19,174	19,238
F14	61,35	34,66	3,99	19,988	19,765
F15	97,31	0,00	2,69	20,154	18,830
F16	78,00	20,00	2,00	18,266	19,440
F17	56,02	40,00	3,98	20,296	19,238
F18	60,00	40,00	0,00	22,688	22,629
F19	84,99	11,01	4,00	21,224	21,054

Cuadro 31: Análisis de Varianza (ANVA) de la ecuación de regresión el *Croma* de la longaniza

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	VALOR F	PROB > F
Modelo	30,62	5	6,12	3,92	>0,0219
Falta de ajuste	11,06	6	1,84	1,39	0,3354
Error Puro	9,27	7	1,32		
Total	50,95	18			

Media= 19,81; Desviación estándar (SD) = 1,25; $R^2= 0,6010$; $R^2_{adj}= 0,4476$.

Como se puede observar, el valor F calculado es 3,92 en comparación con el valor tabular $F_{(5,13, \alpha=0,05)} = 3,03$; lo que implica que el modelo es significativo al 95 por ciento de nivel de confianza.

También se puede afirmar que el experimento tuvo buena reproducibilidad, puesto que la suma de cuadrados del error puro es menor con comparación con la suma de cuadrado total. Cornell (2002) señala que esta interpretación es válida, ya que la determinación de la suma de cuadrados del error puro se utilizan las repeticiones consideras en el diseño experimental.

Adicionalmente, para la selección del modelo se tiene el criterio de los coeficientes de determinación R^2 y R^2_{adj} (coeficiente de determinación ajustado), los cuales muestran el porcentaje de la variación en \hat{Y} que es explicada por el correspondiente modelo (Gutiérrez y De la Vara 2008).

El coeficiente de determinación (R^2), el 60,10 por ciento de la variación del color es explicado por el modelo seleccionado. Con este valor se puede afirmar que el modelo es significativo. En el caso del modelo elegido, el valor de R^2_{adj} es 0,4476, por lo que el grado de correlación entre los valores observados y predichos es regular.

Con relación a los coeficientes de la ecuación, estos fueron analizados mediante la prueba F de Fisher, con la finalidad de eliminar aquellos que no presentaran significancia estadística (nivel de significación $\alpha = 0,05$) (Salazar 2006).

En el cuadro 32, se observa los valores de los coeficientes del Modelo de Regresión del *Croma* de la longaniza.

Cuadro 32: Prueba de Significancia para los Coeficientes del Modelo de Regresión del *Croma* de la longaniza

TÉRMINO DEL MODELO	COEFICIENTE ESTIMADO	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	VALOR F	P VALUE PROB>F
Cúbico	$X1 = 0,179$ $X2 = 0,205$ $X3 = 34,558$ $X1X2 = 0,0015$ $X1X3 = -0,350$ $X2X3 = -0,389$	30,63	5	6,12	3,92	>0,0219

b. Efecto de los ingredientes sobre el *Croma* de la longaniza

En las figuras 18 y 19 se muestran la superficie de respuesta y el ploteo de contornos para el *Croma* de la longaniza respectivamente, en función al porcentaje de carne de llama (A), papa amarilla (B) y harina de kiwicha (C).

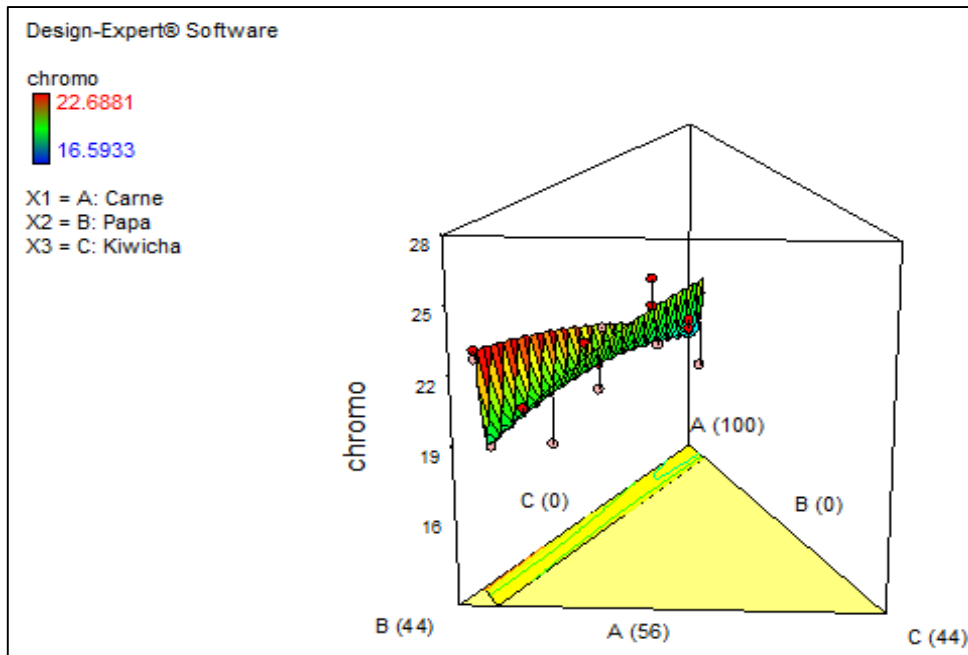


Figura 18: Superficie respuesta del *Croma*.

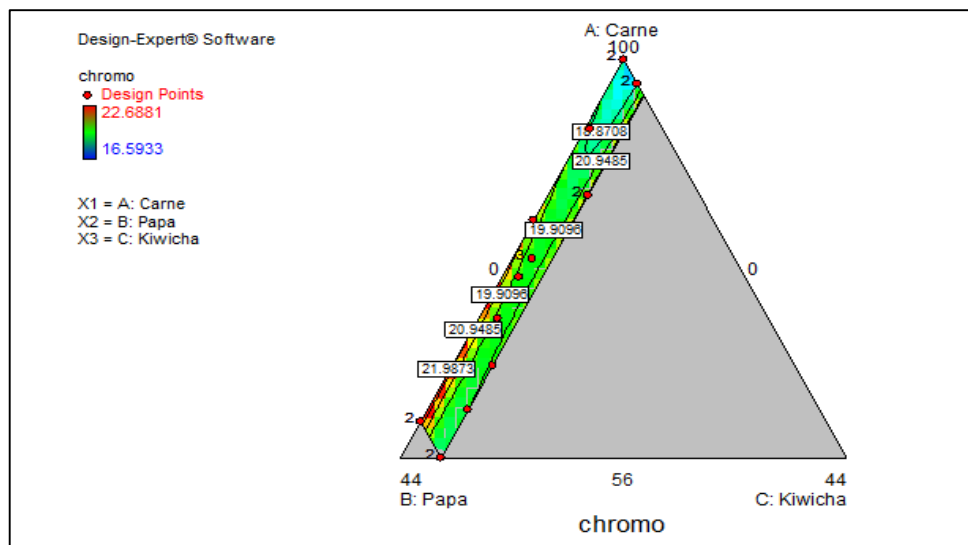


Figura 19: Ploteo de contornos del color expresados en *Croma* de los componentes.

En dichos gráficos se puede observar que el color del gráfico cambia de un rojo hasta un turquesa, pasando por un amarillo y verde, al incremento de la variable respuesta. Siendo el color rojo los valores más altos, el verde colores intermedios y el turquesa los valores más bajos. Los componentes que tienen mayor influencia sobre la variable respuesta es la papa (b) y la carne de llama (A).

Con la finalidad de analizar detalladamente la influencia en la respuesta de los tres ingredientes estudiados, se consideraron los denominados «Trazos de Cox» para cada uno de ellos (figura 20).

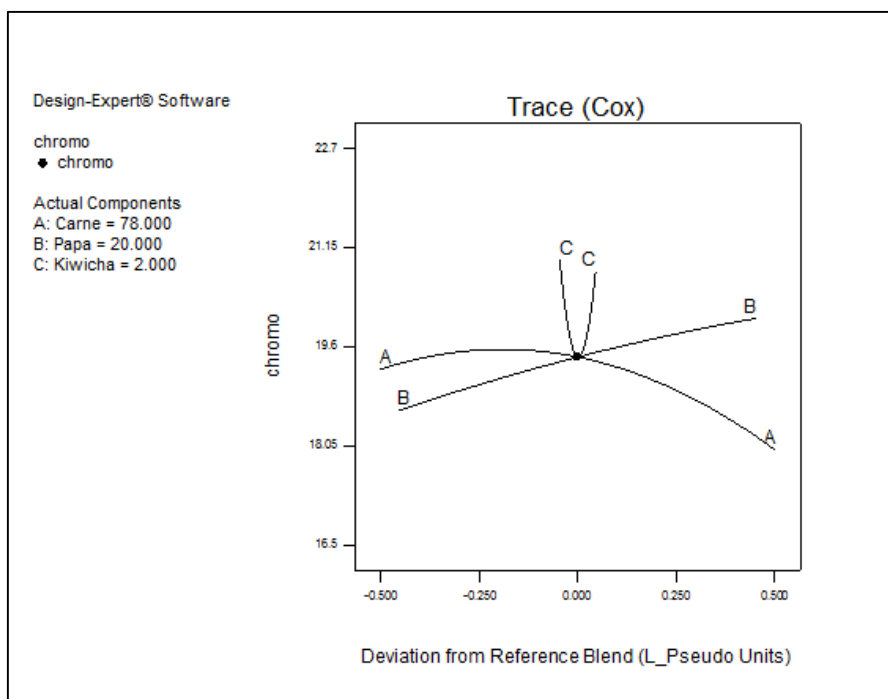


Figura 20: Trazos de Cox expresados en *Croma* de los componentes.

Respecto al efecto de la carne de llama (A) se puede establecer una influencia positiva hasta un límite y luego una influencia negativa. Es decir, el *Croma* aumenta al aumentar la carne de llama hasta que el *Croma* llega a un límite, después de este límite al aumentar la carne de llama el *Croma* disminuye.

Dubé y Andújar (2000) mencionan que la coloración de los productos cárnicos es un problema diferente a la de la carne fresca. Sostiene que para formar el pigmento de la carne curada (usada para los productos cárnicos) se emplea el nitrito de sodio. El nitrito se adiciona a las carnes y se transforma en óxido nítrico después de reacciones intermedias y reaccionan con la mioglobina y con algo de hemoglobina (de los glóbulos rojos de la sangre residual) para formar los nitrosopigmentos que le imparten el color rosado estable de las carnes curadas. Es por ello, que al aumentar la cantidad de carne de llama curada en la longaniza aumenta el *Croma*.

El mismo autor menciona que el nitrosopigmento aunque es estable al calor, es muy lábil a la oxidación. A consecuencia de esto, la pérdida gradual del color de la carne curada puede estar afectada por la exposición a la luz, temperatura, empaçado, crecimiento bacteriano, secado superficial, etc. La decoloración de la superficie de la carne curada cuando se expone a la luz constituye uno de los problemas más graves de la retención del color de los productos cárnicos porque cataliza la oxidación de los pigmentos y puede acelerar la decoloración. La luz y el oxígeno interactúan y causan decoloración en la superficie de los productos. La longaniza al estar expuesta a la luz y al oxígeno (bolsas de aire dentro del embutido) pudo sufrir una decoloración por estos factores, por lo que puede llevar a una disminución en el *Croma*.

Con referencia a la papa amarilla cocida (B), se aprecia una gran influencia en la respuesta, debido al que el trazo de Cox es muy inclinado hacia la derecha, por lo que el aumento de proporción de este ingrediente provoca un aumento en el *Croma*.

La papa amarilla presenta en su composición a los compuestos carotenoides, siendo los más abundantes en las papas la luteína y la zeaxantina (Peña y Restrepo 2013). Para el caso de la harina de kiwicha que tiene un color cremoso, influye en la tonalidad de amarillos. Es por tal motivo que las mezclas con mayor cantidad de papa amarilla presenta mayor +b*.

La harina de kiwicha (C) presenta una influencia curva en el color de la longaniza. Según el trazo de Cox, al aumentar la harina de kiwicha va disminuyendo el *Croma* hasta un punto (dos por ciento de harina de kiwicha) que la influencia es positiva, es decir al aumentar la harina de kiwicha aumenta el *Croma*.

Yamul (2008) manifiesta en su estudio que el almidón de la harina de trigo no aporta color a los geles. El almidón de la harina de kiwicha tampoco por sí misma podría dar color a los geles, por tal el *Croma* podría disminuir ya que los geles son opacos y no presentan color.

Ventureira (2010) menciona que los carbohidratos del amaranto se distribuyen en 57,5 por ciento de almidón y 1,5 por ciento de azúcares. Karin (2008) sostiene que el almidón, un polisacárido no reductor, puede sufrir un cierto grado de hidrólisis cuando se calienta aportando, de este modo, azúcares reductores. De esta manera, durante la gelificación térmica se puede producir azúcares reductores que favorecen las reacciones de

pardeamiento, modificando el color del gel obtenido. El mismo autor menciona que al aumentar el pardeamiento de los geles incrementa los parámetros a y b, con lo que aumenta el color rojo y amarillo de los geles. Por tal, al aumentar la harina de kiwicha a más del dos por ciento el *Croma* aumenta.

Las mezclas con mayor proporción de carne de llama presentaron obtuvieron valores más altos en +a* (color rojo) y +b* (color amarillo) más bajos. Mientras las mezclas que presentaron mayor proporción de papa amarilla obtuvieron valores menores valores de +a* (color rojo) y mayores colores +b* (color amarillo). Para el caso de la luminosidad L*, los mayores valores se observaron en las mezclas con mayores proporciones de papa amarilla y, los menores valores se observaron en las mezclas con mayor proporción de harina de kiwicha. En general, el color (*Croma*) se ve influenciado por la mayor proporción de carne de llama, en segundo lugar, por la papa amarilla y en tercer lugar por la harina de kiwicha.

4.3 OPTIMIZACIÓN SIMULTÁNEA DE RESPUESTA

Luego de obtener los modelos matemáticos para cada una de las respuestas estudiadas, se realizó la optimización simultánea de las mismas. De acuerdo a Cornell (2002), la optimización simultánea se da mediante la asignación de «1» para el exponente *t* en la función de deseabilidad. Por tal, se escogió la formulación con alta deseabilidad y que contengan los tres componentes involucrados: carne de llama, papa amarilla cocida y harina de kiwicha. La formulación seleccionada como óptima debía contar con las siguientes características:

- Maximizar el rendimiento
- Rango en dureza
- Maximizar *Croma*

En el cuadro 33, se observa la formulación óptima elegida y las variables respuestas estimadas por el programa.

Cuadro 33: Formulación óptima de la longaniza de carne de llama

CARNE (%)	PAPA (%)	KIWICHA (%)	RENDIMIENTO	DUREZA	CROMA	DESEABILIDAD (di)
86	10	4	76,74	4334,16	21,07	0,779

En las figuras 21 y 22, se muestran el punto óptimo elegido con una deseabilidad de 0,779.

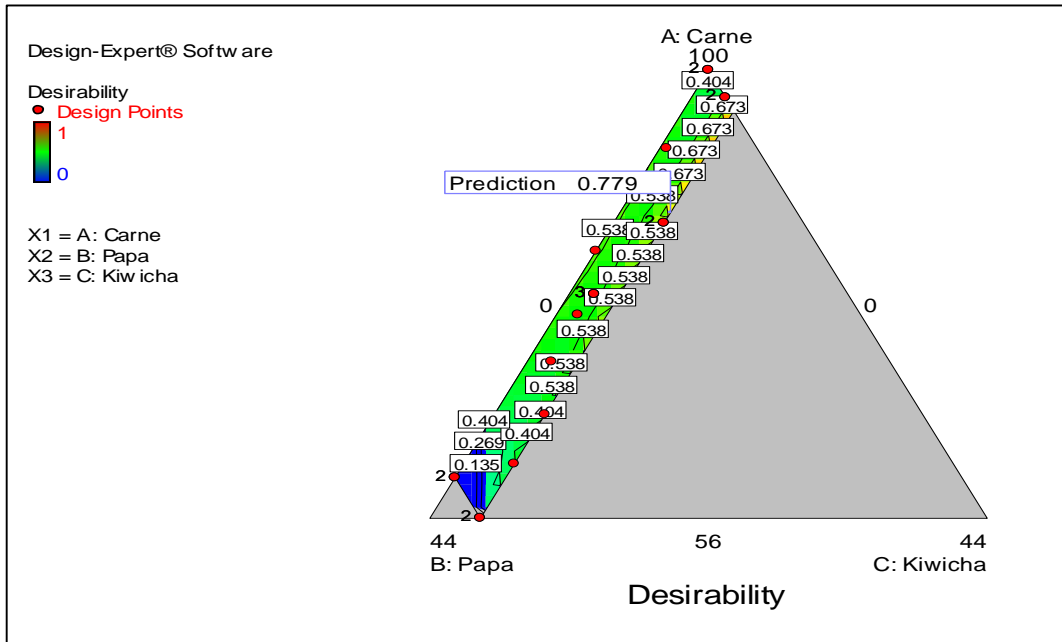


Figura 21: Deseabilidad y punto óptimo de los componentes de la carne de llama, papa cocida y harina de kiwicha.

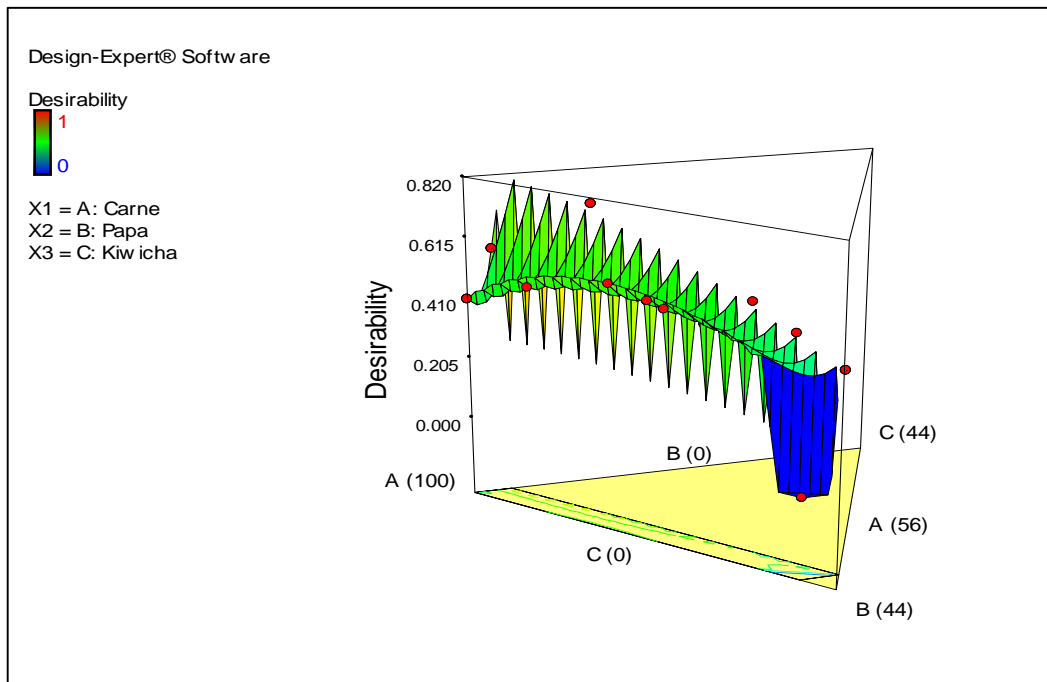


Figura 22: Superficie de respuesta de la formulación óptima de la longaniza.

4.4 VALIDACIÓN DEL PUNTO ÓPTIMO DE LA MEZCLA DE INGREDIENTES

Al obtener la formulación óptima de la longaniza de carne de llama, papa amarilla y harina de kiwicha se procedió a validar los resultados dados por el programa. Para esto se elaboró una longaniza con una deseabilidad de 0,779 y se realizaron los análisis de rendimiento, dureza y color. Estos resultados fueron comparados con los resultados estimados que se obtuvo mediante el modelo (cuadro 34).

Cuadro 34: Comparación de los resultados teóricos con los reales de a formulación óptima (carne de llama 86 por ciento papa amarilla 10 por ciento y harina de kiwicha 4 por ciento)

RESPUESTA	PREDICCIÓN	RESULTADO EXPERIMENTAL
Rendimiento (%)	76,74 ^a	77,075 ^a ± 1,018
Dureza (kg/cm ²)	4334,16 ^b	4286,57 ^b ± 5,133
Color (<i>Croma</i>)	21,07 ^c	22,458 ^c ± 3,188

Letras en superíndice iguales indican que no existe diferencia significativa ($p < 0,05$)

En el cuadro 34 se observa que existen ligeras diferencias entre los resultados comparados, esta variación puede deberse a factores propios del proceso y al procedimiento de toma de datos.

4.5 ANÁLISIS PROXIMAL DE LA FORMULA ÓPTIMA

En el cuadro 35, se muestran los resultados obtenidos del análisis proximal de la longaniza de carne de llama con papa amarilla y harina de kiwicha.

Un producto similar en sus características es el *kabanosy*, donde Mateo *et al.* (2011), mencionan que según la legislación europea la composición de este embutido debe cumplir con el contenido de proteínas no menos 15 por ciento, contenido de agua no más del 60 por ciento, contenido de materia grasa no más del 35 por ciento. Donde se puede apreciar que

la longaniza tiene un contenido de agua de 58,02 por ciento menor al 60 por ciento, presenta un mayor porcentaje de proteína de 28,45 por ciento, y como no se está empleando una materia prima grasa, solo tiene 7,12 por ciento, cantidad mucho menor a 35 por ciento.

Cuadro 35: Resultados del análisis proximal de la longaniza de carne de llama, papa amarilla y harina de kiwicha

	PORCENTAJE (%)
Humedad	58,02
Proteína	28,45
Grasa	7,12
Carbohidratos totales	4,5
Cenizas	1,51

4.6 EVALUACIÓN SENSORIAL

Se realizó la evaluación sensorial de la fórmula de longaniza óptima (B) y de una longaniza elaborada con harina texturizada de soya (A), esta se llevó a cabo con cincuenta panelistas de consumidores de embutidos. Mediante la prueba de aceptación con escala hedónica de siete puntos, como se explicó en la metodología.

En general, en la industria alimenticia el costo de las materias primas representa una proporción considerable del costo total de la producción. Esta proporción es particularmente elevada para la industria cárnica, en la que llega a 90 – 95 por ciento en el caso de la elaboración de la elaboración primeria (sacrificio, despiece, deshuese). Debido a esto, la industria cárnica por reducir costos se orientan en la introducción de materias primas alternativas como las materias primas no cárnicas. A estas se les llama extensores, que puede ser de origen vegetal como los derivados de soya (Andújar *et al.* 2000). El texturizado de soya tiene mucha similitud con la carne molida cuando es hidratada con agua, por tal, es uno de los extensores más utilizados en la industria cárnica, ya que a la industria les conviene desde el punto económico y porque permite conservar la calidad sensorial (Andújar *et al.* 2000).

La longaniza optimizada (carne de llama, papa amarilla cocida y harina de kiwicha) es comparada con una longaniza con carne de llama, papa amarilla cocida y texturizado de soya. Para ambos casos se evaluaron cuatro atributos sensoriales: color, olor, sabor y textura.

Para el análisis de los resultados, se le asignaron valores numéricos a cada nivel de la escala, siendo «Me gusta extremadamente» el número 1 y «Me disgusta extremadamente» el número 7. En cada característica sensorial evaluada se obtuvo el promedio de los niveles de agrado expresados por los consumidores y se muestran en el cuadro 36. En este cuadro se observa que el nivel de agrado del color para ambas muestras fue igual, siendo la calificación de «Me gusta ligeramente», para el caso del olor los comentarios fueron cercanos a la calificación «No me gusta ni me disgusta». Para el caso de sabor y textura la calificación para ambas muestra la calificación fue de «Me gusta ligeramente».

Cuadro 36: Puntuación General de comparación de Longaniza A (longaniza con soja) y B (longaniza óptima)

CARACTERÍSTICAS	MUESTRA A	MUESTRA B
Color	2,9 ^a ± 0,81	2,8 ^a ± 0,83
Olor	3,8 ^b ± 0,72	3,7 ^b ± 0,87
Sabor	3,0 ^c ± 0,80	2,9 ^c ± 0,82
Textura	3,0 ^d ± 0,91	3,1 ^d ± 0,85

Letras en superíndice iguales indican que no existe diferencia significativa ($p < 0,05$)

En las figuras 23, 24, 25 y 26 se puede observar los gráficos de los porcentajes de las calificaciones para los atributos color, olor, sabor y textura respectivamente. Es dichas figuras, se puede apreciar que más del 50 por ciento de los jueces optaron por «Me gusta mucho» y «Me gusta ligeramente», lo que genera una tendencia que el producto es aceptable.

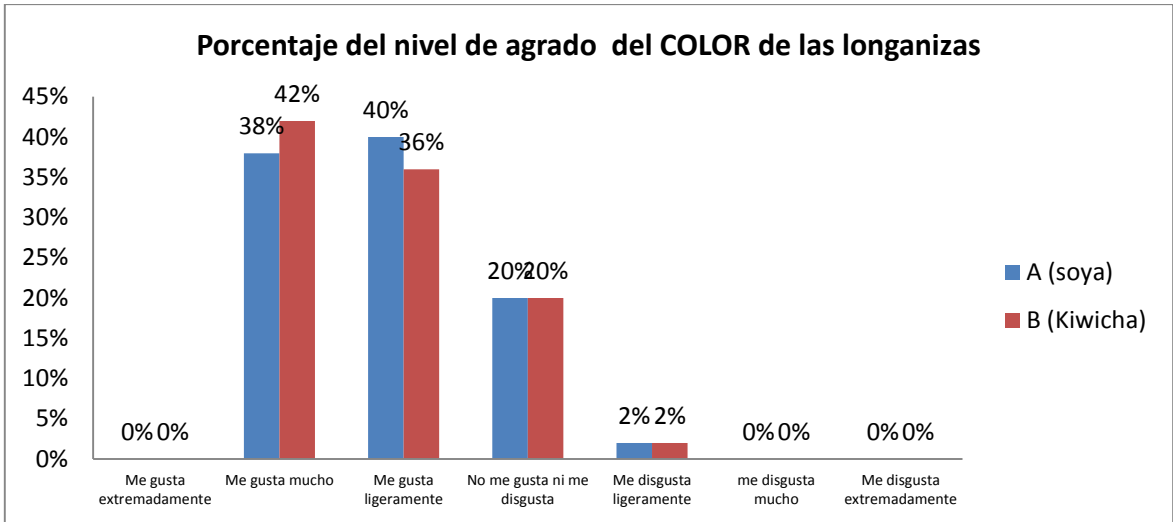


Figura 23: Porcentajes de opiniones sobre COLOR de las longanizas A (longaniza con soja) y B (longaniza óptima).

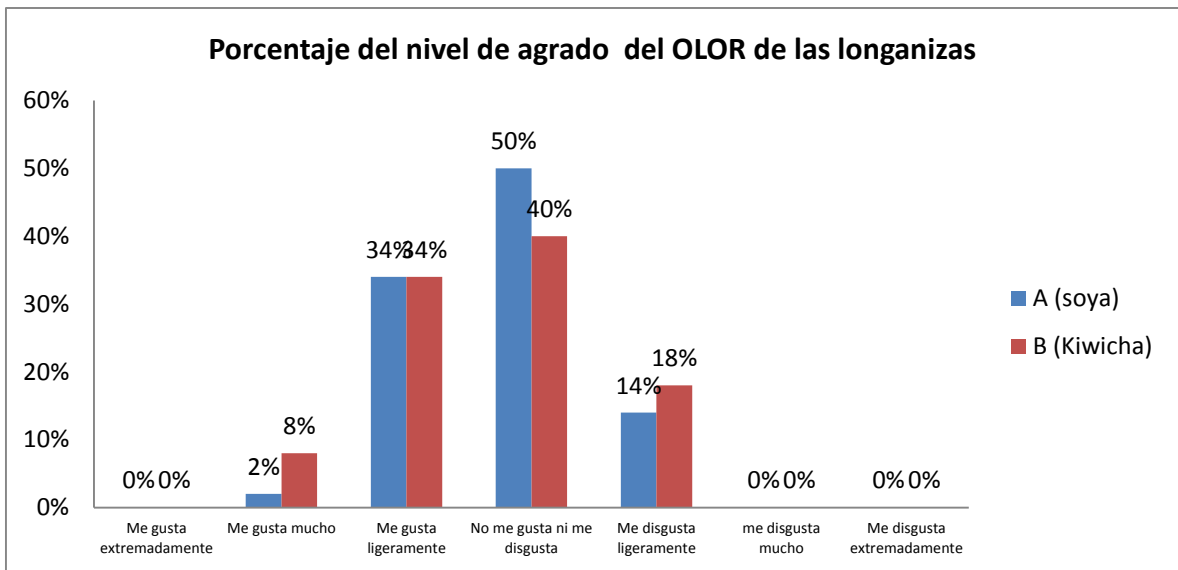


Figura 24: Porcentaje de opiniones sobre OLOR de las longanizas A (longaniza con soja) y B (longaniza óptima).

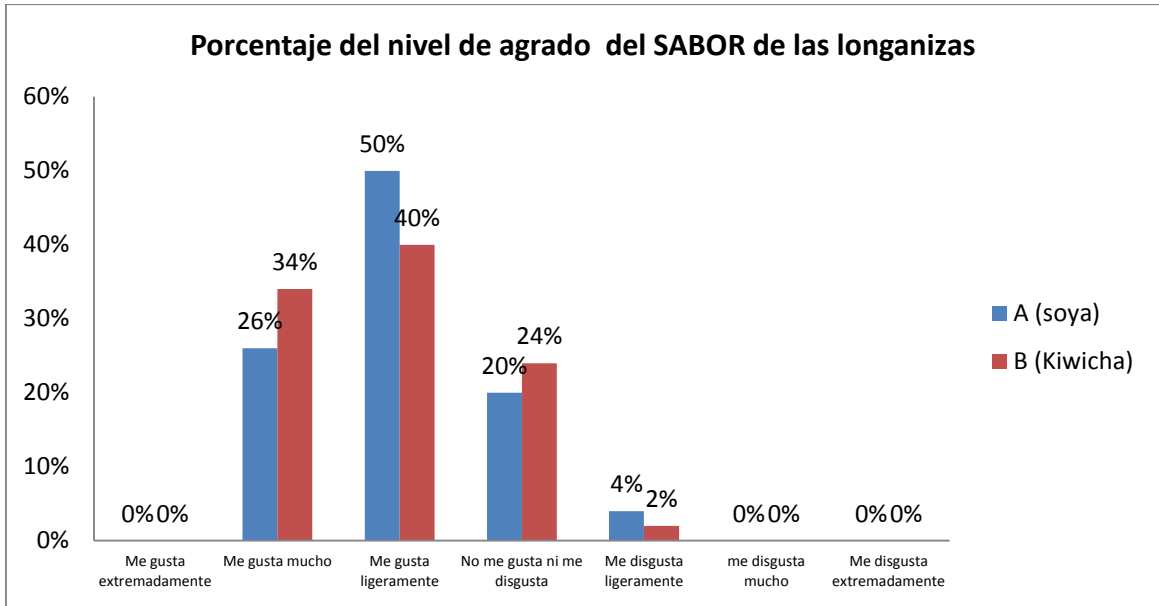


Figura 25: Porcentajes de opiniones sobre SABOR de las longanizas A (longaniza con soja) y B (longaniza óptima).

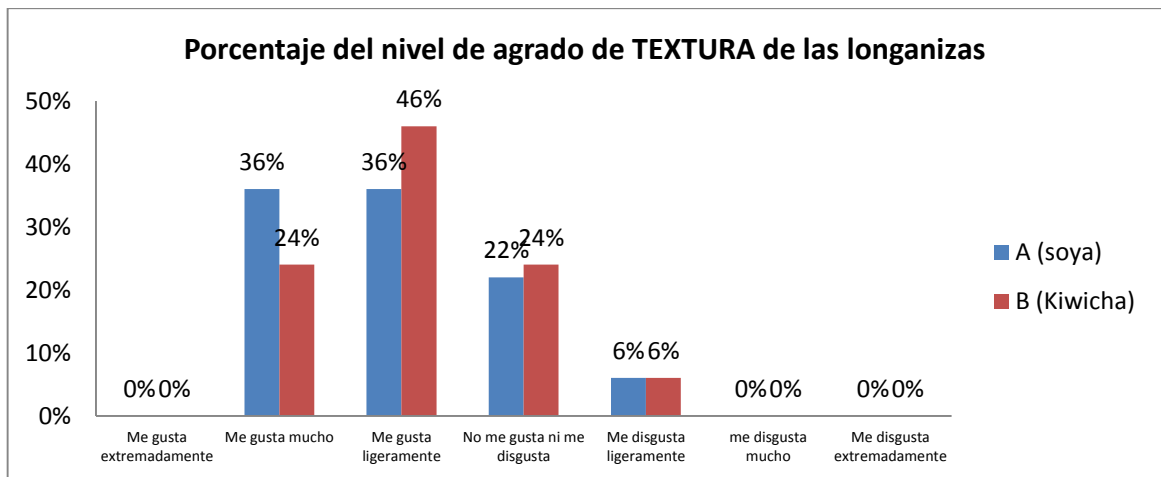


Figura 26: Porcentajes de opiniones sobre TEXTURA de las longanizas A (longaniza con soja) y B (longaniza óptima).

Realizando la prueba No Paramétrica Mann Whitney (anexo 5), se pudo apreciar que no existen diferencias significativas entre las muestras.

V. CONCLUSIONES

- La formulación óptima de la longaniza con carne de llama fue 86 por ciento de carne de llama, 10 por ciento de papa amarilla y 4 por ciento de harina de kiwicha.
- El producto obtenido con la formulación óptima tuvo de rendimiento 76,74 por ciento, dureza 4 334,16 kg/cm² y color (*Croma*) de 21,07.
- La variable de rendimiento se ajustó a un modelo lineal, con un coeficiente de determinación (R^2) 72,88 por ciento. Donde los componentes que más influyeron en esta variable fueron la carne de llama y la harina de kiwicha.
- La variable de dureza se ajustó a un modelo lineal, con un coeficiente de determinación (R^2) 74,27 por ciento. Donde los componentes que más influyeron en esta variable fueron la carne de llama y papa amarilla.
- La variable de color (*Croma*) se ajustó a un modelo cúbico, con un coeficiente de determinación (R^2) 60,10 por ciento. Donde los componentes que más influyeron en esta variable fueron la carne de llama, papa amarilla y harina de kiwicha.
- No existen diferencias significativas, según la prueba Mann-Whitney al comparar una longaniza con carne de llama, papa amarilla y harina de kiwicha con una longaniza de carne de llama elaborada con texturizado de soya desde el punto de vista sensorial: color, olor, sabor y textura.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar la optimización en la elaboración de longaniza con carne de llama, papa cocida y harina de kiwicha tomando como variables respuesta alguna característica sensorial (color, olor, textura, sabor).
- Realizar un análisis sensorial de la longaniza con carne de llama, papa cocida, harina de kiwicha comparada con una longaniza con texturizado de soya con un panel de expertos.
- Estudiar el tiempo de vida útil de la longaniza elaborada con carne de llama, papa cocida y harina de kiwicha.
- Realizar un análisis microbiológico a la longaniza de llama, papa cocida y harina de kiwicha.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agroforum. s.f. Especificaciones técnicas. Harina de kiwicha (en línea, sitio web). Consultado 2 set. 2015. Disponible en <https://www.agroforum.pe>.
- Albuja, G. 2013. ¿Por qué consumir carne de llama? (en línea, sitio web). Consultado 1 dic. 2013. Disponible en <http://www.uct.edu.ec/PicsBoletines/SERGIO/PROFESIONAL%20DEL%20TURISMO/Carne%20de%20llama.pdf>.
- Amerling, C. 2001. Antología: tecnología de la carne. España, Universidad Estatal a Distancia. 178 p.
- AMSA (American Meat Science Association, Estados Unidos). 1991. Guidelines for meat color evaluation. Centennial, Colorado, National Live Stock and Meat Board.
- Andújar, G; Guerra, M; Santos, R. 2000. La utilización de extensores. La Habana, Cuba, Instituto de Investigadores para la Industria Alimenticia. 56 p.
- AOAC (Association of Official Agricultural Chemists, Estados Unidos). 2007. Official Method. 18 ed. Maryland, Estados Unidos, AOAC.
- Ayala, G. 2014. Aportes de los cultivos andinos a la nutrición humana. Lima, Perú, Universidad Mayor de San Marcos. p. 101-112.
- Braña, D; Ramírez, E; Rubio, M; Sánchez, A; Torrescano, G; Arenas, M; Partida De La Peña, J; Ponce, E; Ríos, F. 2011. Manual de análisis de calidad en muestras de carne. Folleto Técnico N° 11. Querétaro, México Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal. 89 p.

- Bravo, E. 2008. Estudio sobre las propiedades organolépticas de la carne de llama y su aplicación en la gastronomía como sustituto de carnes rojas. Tesis Lic. Quito, Ecuador, Universidad Tecnológica Equinoccial. 123 p.
- Brenetes, E; Madrigal, K; Pérez, F; Valladares, K. 2001. El cluster de los camélidos en Perú: diagnóstico competitivo y recomendaciones estratégicas. Lima, Perú, Instituto Centroamericano de Administración de Empresas. 71 p.
- Bustacara, A; Duvan, F. 2007. Elaboración de tres productos cárnicos: chorizo, longaniza y hamburguesa con 100% carne de Babilla. Tesis Lic. Bogotá, Colombia, Universidad de la Salle. 116 p.
- Castel, M. 2010. Estudio de las propiedades funcionales, tecnológicas y fisiológicas de las proteínas de amaranto. Tesis Mg.Sc. Santa Fe, Argentina, Universidad Nacional del Litoral. 152 p.
- Chávez, P. 2013. La papa, tesoro de los Andes (en línea, sitio web). Consultado 18 jun. 2014. Disponible en http://fci.uib.es/digitalAssets/177/177040_peru.pdf.
- CIP (Centro Internacional de la Papa, Perú); FEDECH (Federación Departamental de Comunidades Campesinas de Huancavelica). 2006. Catálogo de variedades de papa nativa de Huancavelica - Perú. Perú, Impresión Metrocolor. 208 p.
- Cornell, JA. 2002. Experiments with mixtures: designs models and the analysis of mixture data. 3 ed. Nueva York, Estados Unidos, John Willey & Sons. 649 p.
- Cristofanelli, S; Antonini, M; Torres, D; Polidori, P; Renieri, C. 2004. Meat and carcass quality from peruvian llama (*Lama glama*) and alpaca (*Lama 104 pacos*). Meat Science 66(3):589-593.
- Dávila, M. 2007. Consumo de la leche de llama (*Lama glama*) en los Andes Peruanos. Ciencia y Desarrollo 8:1-14.

- Dubé, D; Andújar, G. 2000. Cambios de coloración de los productos cárnicos. Revista Cubana de Alimentación y Nutrición 14(2):114-123.
- Encina, C. 2005. Determinación de la máxima retención de ácido ascórbico de la conserva de aguaymanto (*Physalis peruviana*) en un almíbar aplicando los métodos Taguchi y Superficie de Respuesta. Tesis Ing. Lima, Perú, Universidad Agraria La Molina.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). 1996. Manual de prácticas de manejo de alpacas y llamas. Italia, FAO. 108 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). 2005. Proyecto de cooperación técnica en apoyo a la crianza y aprovechamiento de los camélidos Sudamericanos en la Región Andina TCP/RLA/2914. Italia, FAO. 62 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). 2016. Grupos de productos cárnicos (en línea, sitio web). Consultado 02 feb. 2016. Disponible en <http://www.fao.org/ag/ags/industrias-agroalimentarias/carne-y-leche/grupos-de-productos-carnicos/es/>.
- Fernández, C; Piñeiro, M. 2013. Superficies de respuestas: métodos y diseños (en línea). Tesis Lic. Argentina, Universidad Nacional del Litoral. Consultado 15 mar. 2016. Disponible en http://fbc.unl.edu.ar/laboratorios/ladaq/curso_TopQuim_2013/Bibliografia%20RSM/superficie%20de%20respuesta%201.pdf.
- Granados, L; Vilca, M; Sam, R. 2007. Saneamiento y detoxificación de carne de llama (*Lama glama*) infectada con *Sarcocystis aucheniae* mediante métodos químicos: marinado, ahumado, curado seco y curado húmedo. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú. 18(1):57-63.
- Gutiérrez, H; De La Vara, R. 2008. Análisis y diseño de experimentos. 2 ed. México, McGraw-Hill/Interamericana. 564 p.
- Hernández, E. 2005. Evaluación sensorial. 1 ed. Bogotá, Colombia, Universidad Nacional Abierta y a Distancia. 128 p.

- Hleap, J; Velasco, A. 2010. Análisis de las propiedades de textura durante el almacenamiento de salchichas elaboradas a partir de tilapia roja (*Oreochromis sp.*). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* 8(2):46-56.
- Honikel, K. 1998. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science* 49(4):447-457.
- Ibañez, F; Barcina, Y. 2001. Análisis sensorial de alimentos: métodos y aplicaciones. España, Universidad Pública de Pamplona. 180 p.
- INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y del Protección de la Propiedad Intelectual, Perú). 2002. Carne y productos cárnicos: determinación del contenido de grasas total. NTP 201.016:2002. Lima, Perú. 8 p.
- INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y del Protección de la Propiedad Intelectual, Perú). 2005. Carne y productos cárnicos: definiciones, requisitos y clasificación de carcasas y carne de alpacas y llamas. NTP 201.043:2005. Lima, Perú. 13 p.
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática, Perú). 2012. Sistema de información económica (en línea, sitio web). Consultado 20 may. 2015. Disponible en <http://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/economia/>.
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática, Perú). 2013. Población de ganado vacuno, alpacas y llamas: Unidad Agraria 2007-2013 (en línea, sitio web). Consultado 15 may. 2015. Disponible en https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1173/cap12/ind12.htm.
- Jiménez, F; Carballo, J. 1989. Principios básicos de elaboración de embutidos. España, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. v. 4, 20 p.
- Lamas, H. 2007. Desarrollo del encadenamiento productivo de la llama en la provincia de Jujuy, República Argentina. Argentina, Comisión Económica América Latina y el Caribe. 172 p.

- Lamelas, K; Pondé, M; Proaño, M. 2010. Sector camélidos. Argentina, Ministerio de Agroindustria. 332 p.
- Lamo, D. 2011. Camélidos sudamericanos: historia, usos y sanidad animal. Buenos Aires, Argentina, Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. 37 p.
- Lavy, L; Gutiérrez, G; Elías, C; Salvá, B. 2015. Propiedades tecnológicas de la butifarra dulce elaborada con carne de llama (*Lama glama*). Congreso Mundial en Camélidos Sudamericanos (7, 2015, Puno, Perú). Lima, Perú, Universidad Agraria La Molina.
- MAGRAMA (Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, España). s.f. Longanizas y chorizos (en línea, sitio web). Consultado 24 ene. 2016. Disponible en http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/fondo/pdf/44421_4.pdf.
- Mamani-Linares, L; Cayo, F; Gallo, C. 2014. Características de canal, calidad de carne y composición química de carne de llama: una revisión. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú 25(2):123-150.
- Martínez, P; Bedia, M; Méndez, L; Bañon, S. 2009. Contribución de la etapa de secado a la maduración de la longaniza crudo-curada fermentada. Anales de Veterinaria de Murcia 25:123-134.
- Mateo, J; Salvá, B; Ramos, D; Arenas, R; Caro, I; Díez, A; Castro, A; Fernández, D; Moreno, C; Romero, M; Encina, C. 2011. Manual de elaboración de diversos productos cárnicos de alpaca apropiados en la zona andina (Perú). 1 ed. España, Gráficas Celaeayn. 47 p.
- Muñoz-Nájar, T. 2008. Todo sobre la Papa: historia, secretos y recetas. Lima, Perú, Edelnor. 99 p.
- Paltrinieri, G; Meyer, M. 1996. Elaboración de productos cárnicos. México, Trillas. 61 p.

- Peña, C; Restrepo, L. 2013. Compuestos fenólicos y carotenoides en la papa: revisión. Actualización en Nutrición 14(1):25-32.
- Polidori, P; Antonini, M; Torres, D; Beghelli, D; Renieri, C. 2007b. Tenderness evaluation and mineral levels of llama (*Lama glama*) and alpaca (*Lama pacos*) meat. Meat Science 77(4):599-601.
- Polidori, P; Renieri, C; Antonini, M; Passamonti, P. 2007a. Meat fatty acid composition of llama (*Lama glama*) reared in the Andean Highlands. Meat Science 75(1):356-358.
- Portella, C. 2011. Nacida en los Andes: La kiwicha y sus beneficios. Revista Generación 204(28):16-19.
- Quispe, E; Rodríguez, T; Iñiguez, L; Mueller, J. 2009. Producción de fibra de alpaca, llama, vicuña y guanaco en Sudamérica. Animal Genetic Resource Information 45:1-14.
- Rebatta, M. 2014. Utilización de quinua (*Chenopodium quinoa*) y harina de cebada (*Hordeum vulgare*) en la elaboración de cabanossi con carne de ovino (*Ovis orientalis aries*). Tesis Lic. Lima, Perú, Universidad Mayor de San Marcos. 115 p.
- Repo De Carrasco, R; Encina, C. 2008. Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos de cereales andinos: Quinua (*Chenopodium quinoa*), Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) y Kiwicha (*Amaranthus caudatus*). Revista de la Sociedad Química del Perú 74(2):85-99.
- Rodríguez, F. 2004. Cría rentable de camélidos sudamericanos. Argentina, s.e. 101 p.
- Rodríguez, J. 2005. Preparación de masas y piezas cárnicas: Técnicas, procesos, útiles y herramientas. España, Ideas propias. 168 p.
- Saavedra, O. 2014. Evaluación de la inclusión de quinua (*Chenopodium quinoa*) o papa (*Solanum tuberosum*) en la elaboración de cabanossi con carne de alpaca (*Vicugna pacos*). Tesis Ing. Lima, Perú, Universidad Agraria La Molina.

- Salazar, A. 2006. Optimización del nivel de sustitución de tejido graso de cerdo por inulina en la formulación de un paté bajo en grasa. Tesis Ing. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Salinas, F. 2006. Camélidos en la era global: alimento del futuro. Perú, Universidad Nacional Federico Villareal. 50 p.
- Salvá, B; Mateo, J; Ramos, D. s.f. Productos cárnicos saludables de carne de alpaca (en línea). Revista Industrias Alimentarias 22:2-7. Consultado 17 dic. 2015. Disponible en <http://www.industriaalimentaria.org/assets/carnedealpaca.pdf>.
- Salvá, B; Mateo, J; Ramos, D; Canales, I; Prieto, B; González, A. 2010. Características de la carne de alpaca y procesamiento de charqui en los departamentos de Puno y Cusco (Perú). España, Gráficas Celaeayn. 64 p.
- Schoenstedt, L. 1999. Propuesta de la Norma Higiénica en la elaboración artesanal de embutidos crudos. Tesis Lic. Guatemala, Universidad San Carlos de Guatemala. 67 p.
- Sepúlveda, N. 2011. Manual para el manejo de camélidos sudamericanos domésticos. Santiago de Chile, Chile, Fundación para la Innovación Agraria. 74 p.
- Sierra y Selva Exportadora, Perú. s.f. Perfil Comercial kiwicha (en línea, sitio web). Consultado 15 ene. 2016. Disponible en http://www.sierraexportadora.gob.pe/perfil_comercial/KIWICHA.pdf.
- Szcesniak, A. 1973. Instrumental methods of texture measurements. Texture Measurements of Foods 6:71-108.
- Tay Wo Chong, JC. 2010. Determinación del efecto de la inclusión de mono y diglicéridos en la estabilidad, untuosidad y costos de elaboración de paté de hígado de pollo aplicando el diseño de mezclas. Tesis Ing. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina. 119 p.

- Torres, F. 2009. Estudio de pre-factibilidad para la elaboración de cápsulas vitamínicas en base de cereales andinos. Tesis Ing. Lima, Perú, Pontifica Universidad Católica. 99 p.
- USDA (United States Department of Agriculture, Estados Unidos). 2013. National nutrient database for standard reference (en línea, sitio web). Consultado 1 abr. 2016. Disponible en <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/3077>.
- Ventureira, J. 2010. Propiedades estructurales y funcionales de preparados proteicos de amaranto modificados y soja-amaranto. Tesis Ph.D. La Plata, Argentina, Universidad Nacional de la Plata. 196 p.
- Werkmeister, R. 2008. Propuestas de un sistema de aseguramiento de calidad HACCP en la elaboración de longaniza. Tesis Lic. Valdivia, Chile, Universidad Austral de Chile. 42 p.
- Yamul, D. 2008. Propiedades de geles de concentrado de proteínas de lactosuero, miel y harina. Tesis Ph.D. La Plata, Argentina, Universidad Nacional de La Plata. 187 p.
- Zimmerman, M. 2010. pH de la carne y factores que lo afectan (en línea). *In* Sañudos, C; Gonzales C (eds.). Aspectos estratégicos para obtener carne ovina de calidad en el cono sur americano. Buenos Aires, Argentina, Tandil. Consultado 4 jun. 2015. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_ovina/produccion_ovina_carne/146-carne.pdf.
- Zúñiga, J. 2009. Catálogo de la oferta exportable de la región de Ancash (en línea, sitio web). Consultado 25 nov. 2015. Disponible en <http://www.mincetur.gob.pe/Comercio/ueperu/licitacion/pdfs/Informes/14.pdf>.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: LONGANIZA FORMULA ÓPTIMA



Longaniza de carne de llama 86 por ciento, papa amarilla 10 por ciento y harina de kiwicha 4 por ciento

ANEXO 2: CARTILLA DE SELECCIÓN

Nombre _____ Edad _____ Sexo _____ Fecha _____

¿Usted consume / ha consumido embutidos? No () Sí ()

¿Con qué frecuencia? _____

¿Qué le agrada de los embutidos?

☺ ¡¡¡Gracias!!!

ANEXO 3: CARTILLA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

Nombre: _____ Fecha: _____

INSTRUCCIONES:

Pruebe el producto que se presenta y señale con una cruz su grado de aceptabilidad.

Muestras	Escala	Color	Olor	Sabor	Textura
Muestra A	Me gusta extremadamente Me gusta mucho Me gusta ligeramente No me gusta ni me disgusta Me disgusta ligeramente Me disgusta mucho Me disgusta mucho				
Muestra B	Me gusta extremadamente Me gusta mucho Me gusta ligeramente No me gusta ni me disgusta Me disgusta ligeramente Me disgusta mucho Me disgusta mucho				

COMENTARIOS: _____

ANEXO 4: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE VALIDACIÓN DE LA FORMULACIÓN ÓPTIMA

ANOVA Simple - variable por factor (DUREZA):

Variable dependiente: variable

Factor: factor

Número de observaciones: 7

Número de niveles: 2

El StatAdvisor

Este procedimiento ejecuta un análisis de varianza de un factor para variable. Construye varias pruebas y gráficas para comparar los valores medios de variable para los dos diferentes niveles de factor. La prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias. Si las hay, las Pruebas de Rangos Múltiples le dirán cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Si le preocupa la presencia de valores atípicos, puede elegir la Prueba de Kruskal-Wallis la cual compara las medianas en lugar de las medias. Las diferentes gráficas le ayudarán a juzgar la significancia práctica de los resultados, así como le permitirán buscar posibles violaciones de los supuestos subyacentes en el análisis de varianza.

Tabla ANOVA para variable por factor:

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN-F	VALOR-P
Entre grupos	3234,08	1	3234,08	0,08	0,7842
Intra grupos	193659,	5	38731,7		
Total (Corr.)	196893,	6			

El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la varianza de variable en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0,0834995; es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05; no existe una

diferencia estadísticamente significativa entre la media de variable entre un nivel de factor y otro, con un nivel del 95,0 por ciento de confianza.

Pruebas de Múltiple Rangos para variable por factor

Método: 95,0 porcentaje LSD

FACTOR	CASOS	MEDIA	GRUPOS HOMOGÉNEOS
Experimental	5	4286,58	X
Predicción	2	4334,16	X
CONTRASTE	SIG.	DIFERENCIA	+/- LÍMITES
Experimental - predicción		-47,58	423,268

* indica una diferencia significativa

El StatAdvisor

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. No hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95,0 por ciento de confianza. En la parte superior de la página, se ha identificado un grupo homogéneo, según la alineación de las X's en columna. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0 por ciento al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

ANOVA Simple - variable por factor (CROMA):

Variable dependiente: variable

Factor: factor

Número de observaciones: 5

Número de niveles: 2

El StatAdvisor

Este procedimiento ejecuta un análisis de varianza de un factor para variable. Construye varias pruebas y gráficas para comparar los valores medios de variable para los dos diferentes niveles de factor. La prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias. Si las hay, las Pruebas de Rangos Múltiples le dirán cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Si le preocupa la presencia de valores atípicos, puede elegir la Prueba de Kruskal-Wallis la cual compara las medianas en lugar de las medias. Las diferentes gráficas le ayudarán a juzgar la significancia práctica de los resultados, así como le permitirán buscar posibles violaciones de los supuestos subyacentes en el análisis de varianza.

Tabla ANOVA para variable por factor

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN-F	VALOR-P
Entre grupos	2,33523	1	2,33523	6,82	0,0795
Intra grupos	1,02666	3	0,342221		
Total (Corr.)	3,36189	4			

El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la varianza de variable en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 6,82376; es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de variable entre un nivel de factor y otro, con un nivel del 95,0 por ciento de confianza.

Pruebas de Múltiple Rangos para variable por factor

Método: 95,0 porcentaje LSD

FACTOR	CASOS	MEDIA	GRUPOS HOMOGÉNEOS
Predicción	2	21,07	X
experimental	3	22,465	X

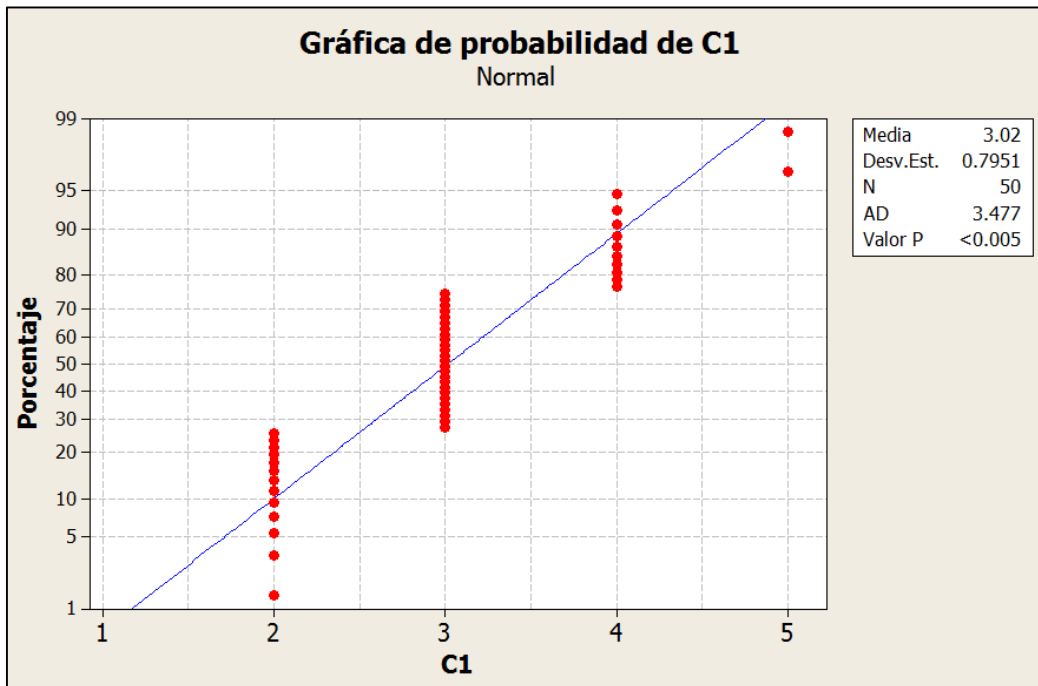
CONTRASTE	SIG.	DIFERE NCIA	+/- LÍMITES
experimental - predicción		1,395	1,69951

* indica una diferencia significativa.

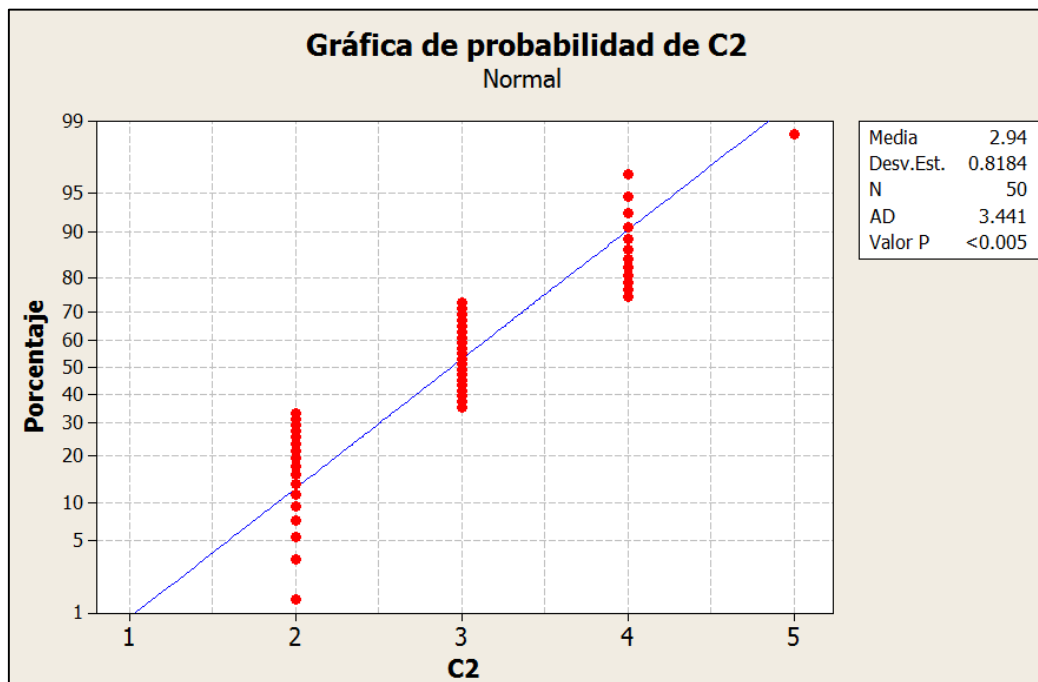
El StatAdvisor

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. No hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95,0 por ciento de confianza. En la parte superior de la página, se ha identificado un grupo homogéneo, según la alineación de las X's en columna. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0 por ciento al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

ANEXO 5: PRUEBA DE SIGNIFICANCIA MANN-WHITNEY



Longaniza elaborada con texturizado de soya, carne de llama y papa amarilla



Longaniza elaborada con harina de kiwicha, carne de llama y papa amarilla

Prueba de Mann-Whitney e IC: C1, C2

N Mediana

C1 50 3,0000

C2 50 3,0000

La estimación del punto para ETA1-ETA2 es -0,0000

95,0 El porcentaje IC para ETA1-ETA2 es (-0,0001;-0,0000)

W = 2589,5

Prueba de ETA1 = ETA2 vs. ETA1 no es = ETA2 es significativa en 0,6591

La prueba es significativa en 0,6364 (ajustado por empates)