

**UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN**



ESCUELA DE POSGRADO

TESIS

**FORMULACIÓN, EVALUACIÓN Y APOORTE
NUTRICIONAL DE PASTAS ALIMENTICIAS
FORTIFICADOS CON PROTEINA FOLIAR
DE ALFALFA (Medicago sativa)**

PRESENTADO POR:

M(o). Cecilia Maura Mejía Domínguez

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE DOCTOR EN SALUD PÚBLICA

ASESOR:

Dra. Zoila Felipa Honorio Durand

HUACHO - 2019

**FORMULACIÓN, EVALUACIÓN Y APORTE NUTRICIONAL DE
PASTAS ALIMENTICIAS FORTIFICADOS CON PROTEINA
FOLIAR DE ALFALFA (Medicago sativa)**

M(o). Cecilia Maura Mejía Domínguez

TESIS DE DOCTORADO

ASESOR: Dra. Zoila Felipa Honorio Durand

**UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN
ESCUELA DE POSGRADO**

DOCTOR EN SALUD PÚBLICA

HUACHO

2019



DEDICATORIA

A mis padres: Eliseo y Teófila, por su gran amor y consejos para lograr mis metas.

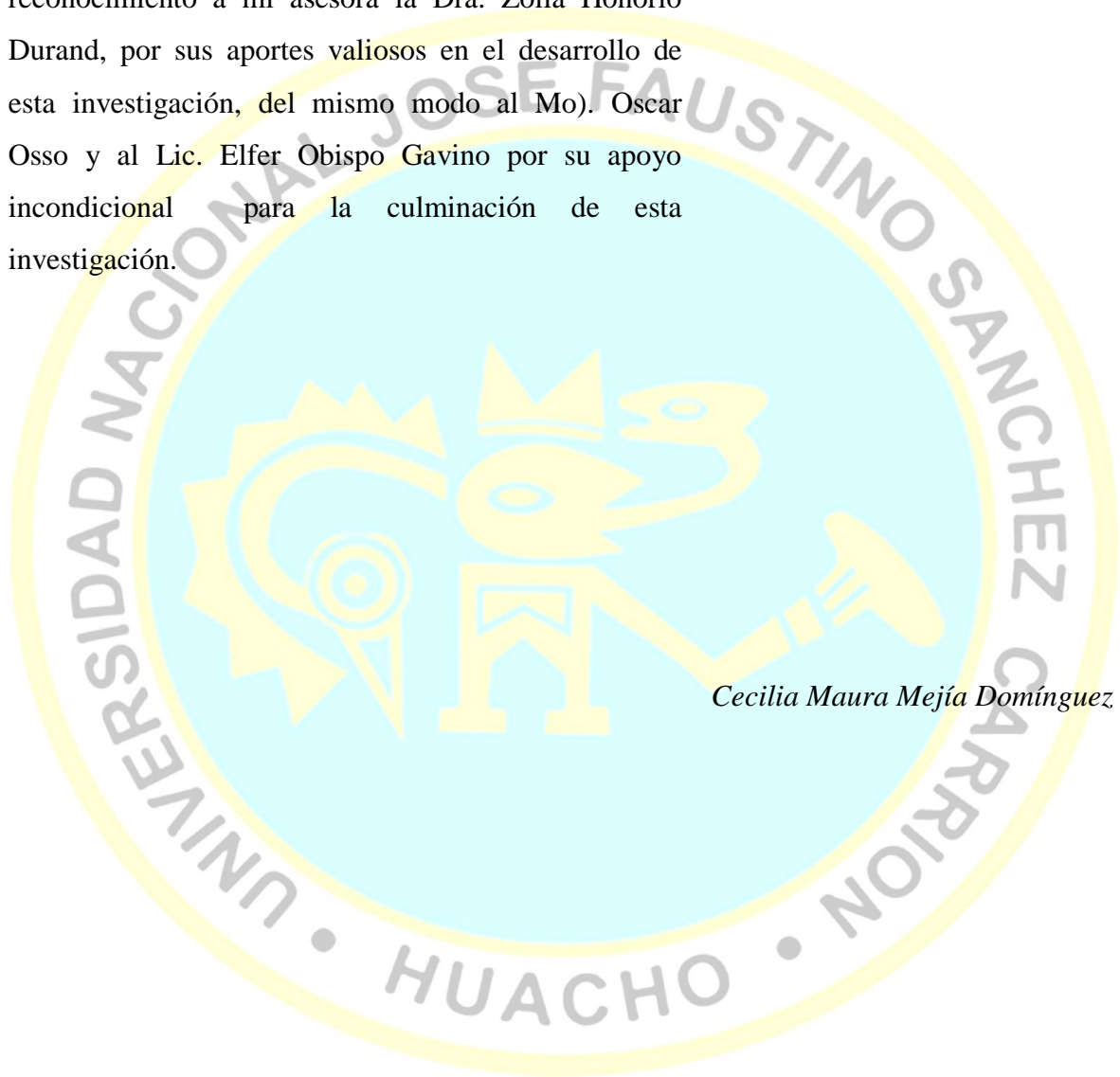
A mis hijos Leila y Junior por ser el motivo constante de mi superación. A mis hermanos: Lidia, Rosa, Julio, Fidel, Luis, Juan Sara y Ana y a mis sobrinos por su cariño y apoyo incondicional.

A Aldo por su apoyo para la culminación de una de mis metas anheladas.

Cecilia Maura Mejía Domínguez

AGRADECIMIENTO

A la Facultad de Bromatología y Nutrición por permitirme realizar esta investigación en los laboratorios y Talleres. Así mismo agradecer y mi reconocimiento a mi asesora la Dra. Zoila Honorio Durand, por sus aportes valiosos en el desarrollo de esta investigación, del mismo modo al Mo). Oscar Osso y al Lic. Elfer Obispo Gavino por su apoyo incondicional para la culminación de esta investigación.



ÍNDICE

| | |
|--|-------------|
| DEDICATORIA | iii |
| AGRADECIMIENTO | iv |
| RESUMEN | xii |
| ABSTRACT | xiii |
| CAPÍTULO I | 1 |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 1 |
| 1.1 Descripción de la realidad problemática | 1 |
| 1.2 Formulación del problema | 2 |
| 1.2.1 Problema general | 2 |
| 1.2.2 Problemas específicos | 2 |
| 1.3 Objetivos de la investigación | 2 |
| 1.3.1 Objetivo general | 2 |
| 1.3.2 Objetivos específicos | 2 |
| 1.4 Justificación de la investigación | 3 |
| 1.5 Delimitaciones del estudio | 3 |
| 1.6 Viabilidad del estudio | 4 |
| CAPÍTULO II | 5 |
| MARCO TEÓRICO | 5 |
| 2.1 Antecedentes de la investigación | 5 |
| 2.1.1 Investigaciones internacionales | 5 |
| 2.1.2 Investigaciones nacionales | 7 |
| 2.2 Bases teóricas | 8 |
| 2.3 Bases filosóficas | 24 |
| 2.4 Definición de términos básicos | 25 |
| 2.5 Hipótesis de investigación | 25 |
| 2.5.1 Hipótesis general | 25 |
| 2.5.2 Hipótesis específicas | 25 |
| 2.6 Operacionalización de las variables | 26 |
| CAPÍTULO III | 27 |
| METODOLOGÍA | 27 |
| 3.1 Diseño metodológico | 27 |
| 3.2 Población y muestra | 27 |
| 3.2.1 Población | 27 |

| | | |
|---------------------------------------|--|-----------|
| 3.2.2 | Muestra | 27 |
| 3.3 | Técnicas de recolección de datos | 28 |
| 3.3.3. | Formulaciones de la pasta alimenticia fortificada con proteína foliar de alfalfa y determinación de la zona de formulación factible. | 31 |
| 3.4 | Técnicas para el procesamiento de la información | 39 |
| CAPÍTULO IV | | 40 |
| RESULTADOS | | 40 |
| 4.1 | Análisis de resultados | 40 |
| 4.1.1. | Análisis proximal de variables independientes | 40 |
| 4.1.2. | Diseño y formulación de pastas alimenticias fortificadas con proteína foliar de alfalfa | 41 |
| 4.1.2.1. | Evaluación de la Humedad | 42 |
| 4.2 | Contrastación de hipótesis | 77 |
| CAPÍTULO V | | 79 |
| DISCUSIÓN | | 79 |
| 5.1 | Discusión de resultados | 79 |
| CAPÍTULO VI | | 83 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | | 83 |
| 6.1 | Conclusiones | 83 |
| 6.2 | Recomendaciones | 84 |
| REFERENCIAS | | 85 |
| 7.1 | Fuentes bibliográficas | 85 |
| 7.2 | Fuentes hemerográficas | 87 |
| 7.3 | Fuentes electrónicas | 89 |
| ANEXOS | | 90 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Concentrado Foliar de Alfalfa: Composición general y comparación con Leche entera en Polvo. | 11 |
| Tabla 2: Concentrado foliar seco de alfalfa: Composición de Aminoácidos esenciales y Comparación con otros alimentos. | 12 |
| Tabla 3: Concentrada foliar seco de alfalfa: Contenido de vitamina y contribución a la Ingesta de Nutrientes recomendada para niños (IRN)..... | 13 |
| Tabla 4: Contenido de minerales y elementos traza del concentrado foliar seco de alfalfa y contribución en la Ingesta nutricional requerido (IRN) para niños 4-6 años. | 14 |
| Tabla 5: Composición de Micronutrientes del concentrado foliar de Alfalfa..... | 14 |
| Tabla 6: Composición de la proteína foliar de alfalfa (Medicago sativa)..... | 16 |
| Tabla 7: Requisitos microbiológicos para pastas o fideos secos..... | 20 |
| Tabla 8: Producción de Pasta alimenticia en el mundo (por volumen en Toneladas - 2013) | 21 |
| Tabla 9: Consumo de pasta alimenticia a nivel mundial (toneladas) – Año 2013 | 22 |
| Tabla 10: Diseño mezclas D-optimal para una mezcla de proteína foliar de alfalfa, harina de trigo y huevo. | 34 |
| Tabla 11: Matriz experimental de las variables independientes y las dependientes, según el diseño experimental de mezclas D-óptimal..... | 37 |
| Tabla 12: Análisis químico proximal de la proteína foliar de alfalfa (Medicago sativa) expresado en base seca | 40 |
| Tabla 13: Análisis químico proximal de la harina de trigo, expresado en base seca | 40 |
| Tabla 14: Análisis químico proximal del huevo..... | 41 |
| Tabla 15: Resultado de los experimentos para la formulación de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa (Medicago sativa) – D optimal para la Humedad42 | |
| Tabla 16: Análisis de varianza de los modelos aplicados a la variable respuesta humedad de pastas alimenticias fortificadas con proteína foliar de alfalfa..... | 43 |
| Tabla 17: Coeficientes de regresión del modelo lineal aplicado a la humedad de pastas alimenticias fortificadas con proteína foliar de alfalfa | 43 |
| Tabla 18: Prueba de Friedman para análisis del color de las pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa..... | 47 |

| | |
|---|----|
| Tabla 19: Prueba de Friedman para análisis del olor de las pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa..... | 49 |
| Tabla 20: Prueba de Friedman para análisis del sabor de las pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa..... | 50 |
| Tabla 21: Prueba de Friedman para análisis de la textura de las pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa..... | 51 |
| Tabla 22: Prueba de Friedman para análisis de la apariencia de las pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa..... | 52 |
| Tabla 23: Resultados de la evaluación sensorial de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa..... | 53 |
| Tabla 24: Análisis de varianza de los modelos aplicados a la variable respuesta aceptabilidad sensorial de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa. ... | 54 |
| Tabla 25: Análisis de varianza del modelo lineal para la variable respuesta Aceptabilidad sensorial de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa..... | 54 |
| Tabla 26: Coeficientes de regresión del modelo lineal aplicado a la aceptabilidad sensorial de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa..... | 55 |
| Tabla 27: Contenido de Proteína en pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa..... | 58 |
| Tabla 28: Análisis de varianza de los modelos aplicados a la variable respuesta % proteína de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa..... | 59 |
| Tabla 29: Análisis de varianza del modelo lineal para la variable respuesta % proteína de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa..... | 59 |
| Tabla 30: Coeficientes de regresión del modelo lineal aplicado al % de proteína de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa | 60 |
| Tabla 31: Contenido de hierro(mg%) en pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa..... | 63 |
| Tabla 32: Análisis de varianza de los modelos aplicados a la variable respuesta mg% de hierro de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa | 64 |
| Tabla 33: Análisis de varianza del modelo lineal para la variable respuesta al mg% de hierro de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa | 64 |
| Tabla 34: Coeficientes de regresión del modelo lineal aplicado al mg% de hierro de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa | 65 |
| Tabla 35: Contenido de β - caroteno en pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa..... | 68 |

| | |
|---|----|
| Tabla 36: Análisis de varianza de los modelos aplicados a la variable respuesta mg% de β -caroteno de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa. | 69 |
| Tabla 37: Análisis de varianza del modelo lineal para la variable respuesta β - caroteno de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa..... | 69 |
| Tabla 38: Coeficientes de regresión del modelo lineal aplicado al mg% de β - caroteno de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa..... | 70 |
| Tabla 39: Caracterización fisicoquímica de la la pasta alimenticia fortificado con proteína foliar de alfalfa mayor aceptabilidad sensorial (T4)..... | 73 |
| Tabla 40: Valores asignados a las variables respuesta para la determinación de la zona de formulación factible..... | 74 |



INDICE DE FIGURAS

| | |
|---|--------------------------------------|
| Figura 1: Producción de pastas alimenticias a nivel mundial (%) (IPO, 2014..... | 21 |
| Figura 2: Consumo de Pasta alimenticia en el Mundo (Kg per cápita – Año 2013)..... | 22 |
| Figura 3: Flujograma de la producción de la concentrado o proteína foliar de alfalfa (Fellows 1987)..... | 28 |
| Figura 4: Flujograma de elaboración de pastas alimenticias fortificadas con proteína foliar de alfalfa (Medicago sativa). | 32 |
| Figura 5: Diseño de mezclas D optimal | 33 |
| Figura 6: Grafico del diseño mezclas D-optimal para la mezcla de proteína foliar, harina de trigo y huevo | 36 |
| Figura 7: Comportamiento de las trazas para respuestas esperadas de la humedad, respecto a los componentes..... | 44 |
| Figura 8: Representación gráfica de contorno para %humedad de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa..... | 45 |
| Figura 9: Representación gráfica de superficie de respuesta para % de humedad en las pastas alimenticias fortificadaocon proteína foliar de alfalfa..... | 45 |
| Figura 10: Análisis sensorial de color de los 11 tratamiento de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa..... | 47 |
| Figura 11: Análisis sensorial de olor de los 11 tratamiento de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa..... | 48 |
| Figura 12: Análisis sensorial de sabor de los 11 tratamiento de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa..... | 50 |
| Figura 13: Análisis sensorial de textura de los 11 tratamiento de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa..... | 51 |
| Figura 14: Análisis sensorial de apariencia de los 11 tratamiento de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa,..... | ¡Error! Marcador no definido. |
| Figura 15: Comportamiento de las trazas para respuestas esperadas para aceptabilidad sensorial respecto a los componentes. | 56 |
| Figura 16: Representación de la gráfica de contornos para aceptación sensorial de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa. | 57 |

| | |
|--|----|
| Figura 17: Representación de la gráfica de superficie de respuesta para aceptación sensorial de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa..... | 57 |
| Figura 18: Comportamiento de las trazas para respuestas esperadas para % de proteína respecto a los componentes. | 61 |
| Figura 19: Representación de la gráfica de contornos para % proteína de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa | 62 |
| Figura 20: Representación de la gráfica de superficie de respuesta para el % proteína de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa..... | 62 |
| Figura 21: Comportamiento de las trazas para respuestas esperadas de mg% hierro, respecto a los componentes. | 66 |
| Figura 22: Representación de la gráfica de contornos para mg% hierro de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa. | 66 |
| Figura 23: Representación de la gráfica de superficie de respuesta para el mg% de hierro en las pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa | 67 |
| Figura 24: Comportamiento de las trazas para respuestas esperadas mg% de β - caroteno, respecto a los componentes | 71 |
| Figura 25: Representación de la gráfica de contornos para mg% de β - caroteno de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa | 72 |
| Figura 26: Representación de la gráfica de superficie de respuesta para el mg% de β - caroteno en la pasta alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa..... | 72 |
| Figura 27: Superposición de gráficas de contorno de las variables respuesta, zonas de formulación factible y localización numérica de la mezcla óptima. | 76 |

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue formular y elaborar pastas alimenticias fortificadas con proteína foliar de alfalfa de alto aporte nutricional. Metodología: Se aplicó un Diseño experimental de mezclas, utilizando diversas proporciones de proteína foliar de alfalfa las cuales se obtuvieron por termocoagulación. Se ensayaron once mezclas experimentales en las que se incluyó harina de trigo, huevo, sal y agua. En las pastas alimenticias fortificadas se evaluaron: El % proteína, hierro y β -caroteno, del mismo modo la evaluación sensorial (aceptabilidad, color, olor, sabor y textura) a través de la escala hedónica de 9 puntos. Con los resultados obtenidos se determinó la mezcla óptima a través del análisis de superficie de respuesta. Resultados: La pasta alimenticia fortificada con proteína foliar de alfalfa formulada según el diseño de mezclas presentaron un rango de proteína desde 10,2g% hasta 16,12 g%, Hierro 2,38 a 8,34 mg%, β -caroteno desde 0,502 a 2,51 mg%, siendo el tratamiento 4 que presenta la mayor aceptabilidad seguido del tratamiento 7, 8 y 10, variando el porcentaje de proteína foliar de alfalfa desde 1,75 a 5,71%. La calidad nutricional de la pasta alimenticia de mayor aceptabilidad fue: Proteína 10,2 g%; Hierro 2,38 mg%; Calcio 39,23 mg%; Magnesio 27,2 mg% y β -caroteno 0.712 mg%. Conclusiones: La mezcla óptima para la formulación de pasta alimenticia fortificada con proteína foliar de alfalfa obtenida en la zona de mayor aceptación corresponde a: 3,848 % proteína foliar de alfalfa, harina de trigo 63,822% y huevo 15,64%, con una composición: 28,94 g% humedad, 12,26 g% de proteína; 4,50 mg% de hierro y 1,218mg% de β -caroteno.

Palabras clave: proteína foliar, alfalfa, pasta alimenticia fortificada, mezcla óptima, superficie de respuesta

ABSTRACT

The objective of the research was to formulate and elaborate pastas fortified with lucerne leaf protein of high nutritional value. Methodology: An experimental design of mixtures was applied, using different proportions of lucerne leaf protein which were obtained by thermocoagulation. Eleven experimental mixtures were tested in which wheat flour, egg, salt and water were included. Fortified pastas were evaluated: % protein, iron and β -carotene, in the same way the sensory evaluation (acceptability, color, smell, taste and texture) through the hedonic scale of 9 points. With the results obtained, the optimal mixture was determined through the response surface analysis. Results: The lucerne foliar protein fortified food paste formulated according to the design of mixtures presented a protein range from 10.2g% up to 16.12 g%, iron 2.38 to 8.34 mg%, β -carotene from 0.502 to 2.51 mg%, with treatment 4 having the highest acceptability followed by treatment 7, 8 and 10, varying the percentage of lucerne foliar protein from 1.75 to 5.71%. The nutritional quality of the pasta with the highest acceptability was: protein 10.2 g%; iron 2.38 mg%; calcium 39.23 mg%; magnesium 27.2 mg% and β -carotene 0.712 mg%. Conclusions: The optimum mixture for the formulation of alimentary paste fortified with lucerne leaf protein obtained in the zone of greater acceptance corresponds to: 3.848% foliar protein of lucerne, flour of wheat 63.822% and egg 15.64%, with a composition: 28.94 g% moisture, 12.26 g% protein; 4.50 mg% iron and 1.218 mg% β -carotene.

Keywords: foliar protein, lucerne, fortified alimentary paste, optimal mixture, response surface

INTRODUCCIÓN

La desnutrición por carencia de micronutrientes representa un problema de salud pública a nivel mundial, más frecuentes y graves en las poblaciones en condiciones precarias, pero también generalizada en las naciones industrializadas por el aumento del consumo de alimentos altamente procesados y de alta densidad energética y bajo valor nutritivo.

Las tres formas más comunes de la desnutrición por carencia de micronutrientes son la carencia de hierro, de vitamina A y de yodo, las que afectan por lo menos a la tercera parte de la población mundial, como en los países en desarrollo; de las tres, la carencia de hierro es la más prevalente. Se estima que 37% de la población tienen anemia, el 35% presenta un estado nutricional inadecuado de yodo y el 42% de niños en edad preescolar carencia de vitamina A (OMS/FAO 2017).

La mejor manera para prevenir las deficiencias de micronutrientes es asegurar el consumo de una dieta equilibrada, para ello se necesita de un acceso universal a alimentos adecuados en nutrientes inócuos y accesibles. Desde esta perspectiva, la fortificación de alimentos tiene la ventaja doble de proporcionar nutrientes a grandes segmentos de la población y sin cambios radicales en los patrones de su consumo.

En muchas situaciones, la fortificación puede conducir a mejoras relativamente rápidas del estado nutricional a un costo bastante razonable, especialmente si se puede aprovechar la tecnología existente y las redes locales de distribución. Debido a que los beneficios son potencialmente considerables, la fortificación de alimentos puede ser una intervención de salud pública costo/efectiva.

Una de las alternativas es la utilización de la proteína foliar cuyo aporte en micronutrientes es adecuado, y utilizándolo en forma directa o como ingrediente para la preparación de otros alimentos como en este caso en la preparación de pastas alimenticias como producto de calidad nutricional óptima por su aporte en proteínas, hierro, calcio, magnesio, vitaminas y β -caroteno, como estrategia de salud pública para hacer frente a las deficiencias de micronutrientes.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

Uno de los principales problemas de salud infantil en nuestro país, es la desnutrición crónica existente, originada por la ingesta de una dieta inadecuada o por la existencia de una enfermedad recurrente, o la presencia de ambas. La Organización Mundial de la Salud manifiesta que el problema de la desnutrición, está muy relacionado a los índices de pobreza y falta de cuidado de la salud y educación de la población, pero también a la falta de conocimientos específicos sobre salud, sanidad y principalmente, alimentación y nutrición infantil por parte de las madres. Todos estos factores repercuten en la capacidad intelectual, física y laboral de las personas en su etapa adulta. Según el INEI, el Perú logró un descenso del 13,6% a 12,9% en el 2017 en la prevalencia de desnutrición crónica infantil.

La desnutrición crónica en niños menores de 5 años, tiene como consecuencia una propensión a presentar capacidades cognitivas y productivas reducidas, además de alteraciones en el sistema inmunológico que favorecen el desarrollo de enfermedades crónicas, las que merman las capacidades futuras de la persona. La carencia de micronutrientes, denominada también como “hambre oculta”, tiene serias implicancias en la salud y el desarrollo físico y cognitivo, con efectos directos en la calidad de vida de las personas. (FAO y OPS, 2017).

La mejor vía para prevenir deficiencia de micronutrientes es el consumo de una dieta balanceada, adecuada en cuanto a calidad y cantidad de micronutrientes (Cuevas, 2009). La adición de nutrientes a los alimentos, ya sea por enriquecimiento (en sustitución de nutrientes que se pierden en el proceso) o de la fortificación (la adición de nutrientes en los niveles superiores a los que se producen naturalmente en el alimento), mejora los niveles

de uno o más nutrientes de ciertos alimentos de consumo masivo, asegura la ingesta más deseable (Fulgoni, Keast, Bailey y Dwyer, 2011).

La pasta alimenticia o tallarines es un alimento de consumo masivo y de alta aceptabilidad a nivel mundial debido a su bajo costo y fácil preparación culinaria. Por lo que se propone elaborar un tipo de pasta alimenticia fortificada, incorporando la proteína foliar de alfalfa para incrementar los niveles de proteína, hierro, calcio, magnesio y β -caroteno, que contribuya a mejorar la salud y el bienestar poblacional.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

- ¿Cómo formular y evaluar pastas alimenticias con proteína foliar de alfalfa (*Medicago sativa*) de alto aporte nutricional y de mayor aceptabilidad por el consumidor?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es la composición químico-bromatológica de la proteína foliar de alfalfa (*Medicago sativa*)?
- ¿Cuál es el porcentaje óptimo de proteína foliar de alfalfa entre 1,75 % a 8,68% para fortificar pastas alimenticias?
- ¿Qué niveles de proteínas, Hierro, y β -caroteno existe en las pastas alimenticias fortificadas con proteína foliar de alfalfa (*Medicago sativa*)?
- ¿Cuál es el grado de aceptabilidad de la pasta alimenticia fortificada con proteína foliar de alfalfa (*Medicago sativa*)?
- ¿Cuál es el aporte nutricional de la pasta alimenticia fortificada con proteína foliar de alfalfa de mayor aceptabilidad?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

- Formular y evaluar pastas alimenticias con proteína foliar de alfalfa (*Medicago sativa*) de alto aporte nutricional y de mayor aceptabilidad por el consumidor.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar la composición químico-bromatológica de la proteína foliar de alfalfa (*Medicago sativa*), harina de trigo y huevo.

- Establecer el nivel óptimo de proteína foliar de alfalfa entre 1.75% a 8,68% para fortificar pastas alimenticias, por el método diseño de mezclas D-optimal.
- Cuantificar los niveles de proteínas, hierro y β -caroteno en las pastas alimenticias fortificadas con proteína foliar de alfalfa (*Medicago sativa*).
- Determinar el grado de aceptabilidad de la pasta alimenticia fortificada con proteína foliar de alfalfa (*Medicago sativa*), por escala hedónica.
- Evaluar el aporte nutricional de la pasta alimenticia fortificada con proteína foliar de alfalfa de mayor aceptabilidad: proteína, hierro, calcio, magnesio y β -caroteno.

1.4 Justificación de la investigación

El organismo humano necesita de una alimentación balanceada, para desarrollarse adecuadamente, realizar sus funciones fisiológicas, preservar la salud y prevenir enfermedades. Los macro y micronutrientes se pueden obtener por medio de una dieta equilibrada, consumo de suplementos vitamínicos o de alimentos fortificados. La FAO (2010) publicó que un tercio de la población mundial presentaron deficiencias crónicas en micronutrientes: hierro, yodo y vitamina A. Las acciones como políticas de estado, aplican leyes y normas para asegurar una alimentación de calidad para la recuperación de la salud y prevenir enfermedades. Como parte de esta solución la industria de alimentos propone la caracterización de nuevos productos con composición nutricional y alternativas económicamente ventajosas, diseñar nuevos productos que satisfagan necesidades de composición específicas y adición de nutrientes para los alimentos fortificados.

En esta investigación, se plantea desarrollar un nuevo tipo de pastas alimenticias fortificada, utilizando la proteína foliar de alfalfa por su aporte en proteína, hierro, calcio, magnesio y β -caroteno, como estrategia de salud pública para hacer frente a las deficiencias de micronutrientes.

1.5 Delimitaciones del estudio

1.5.1 Temporal: La investigación propuesta tuvo una duración de un año y medio.

1.5.2 Espacial: Se ejecutó en los laboratorios de Control de Alimentos, Toxicología de los Alimentos, Laboratorio de Análisis sensorial y Taller de Técnica Dietética de la Facultad de Bromatología y Nutrición y en los laboratorios de la Universidad Agraria La Molina.

1.5.3 Social: Se logró un producto alimenticio de fácil acceso y disponibilidad que sirve como complemento nutricional para la población de extrema pobreza y/o personas con deficiencias nutricionales o problemas de desnutrición.

1.5.4 Conceptual:

Pastas alimenticias fortificadas con proteína foliar de alfalfa. Son productos no fermentados obtenidos por la mezcla de agua potable con harina de trigo durum a las cuales se le complementa en forma significativa con proteína foliar de alfalfa, luego la masa es sometida a un proceso de laminación y división como pasta o tallarines y una posterior desecación.

Evaluación y aporte nutricional de pastas alimenticias fortificadas: La pasta por ser un alimento elaborado a base de harina de trigo, tiene un elevado contenido en carbohidratos, 100 g de pasta contienen como máximo 75 g de hidratos de carbono. Los hidratos de carbono aportados son de absorción lenta con lo que libera la energía poco a poco manteniendo por más tiempo la sensación de saciedad. La pasta fortificada aporta niveles adecuados de micronutrientes como la provitamina A o B-caroteno, minerales como hierro, calcio y magnesio, a cantidades similares o mayores a otras pastas fortificadas.

1.5.5 Tecnológica: La formulación y elaboración de las pastas se realizaron a nivel de laboratorio para optimizar los niveles de fortificación con proteína foliar de alfalfa manteniendo las características propias de los estándares de calidad de las pastas alimenticias.

1.6 Viabilidad del estudio

Para la ejecución de la investigación se tenía los conocimientos teóricos tecnológicos, así como la materia prima (proteína foliar de alfalfa) para la fortificación de las pastas alimenticias, así como las técnicas, instrumentos y equipos de laboratorios de especialidad.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Investigaciones internacionales

Magon et al., (2014) realizaron una investigación en la India sobre la mejora de los resultados del embarazo con snacks calórico proteico prenatales fortificados con concentrado de hojas, para lo cual midieron las concentraciones de hemoglobina materna y el peso de los neonatos. Evaluaron a 105 mujeres embarazadas entre 18 a 35 años de edad. Las pruebas lo realizaron con 2 grupos controlados aleatoriamente durante 18 meses, de las cuales el 1,9% estuvieron severamente anémicas ($Hb \leq 6,0$ g / dL); el 53,4% moderadamente anémicas ($Hb 6,0-8,0$ g / dL); el 33,0% levemente anémicas ($Hb 8,6-10,9$ g / dL); y el 11,7% no estuvieron anémicas ($Hb \geq 11,0$ g / dL). Al grupo control (sRTE), le dieron un snack estándar (RTE) de 120 g (102 g de harina de trigo, 18 g de harina de soya); al grupo de intervención (IcRTE) le dieron el mismo snack, pero fortificado con 7 g de concentrado de hoja. Los resultados que hallaron en el último mes del embarazo fue que el 83,0% de las mujeres en el grupo sRTE tuvieron $Hb \leq 8,5$ g / dL en comparación con el 37,8% en el grupo IcRTE. La diferencia en las concentraciones de Hb debidas a la fortificación con LC fue de 0,94 g / dL. El peso medio al nacer vivo en el grupo de IcRTE fue de 2,695 g (SD 325 g) en comparación con 2,545 g (297 g) en el grupo de sRTE ($p = 0,02$). Concluyeron que la fortificación con concentrado foliar del snack proteico calórico prenatales protegieron contra la disminución de las concentraciones de hemoglobina en la madre e incrementó el peso al nacer de los bebés cuando se comparó con los snacks no fortificados.

Cárdenas (2012), en la Universidad de Querétaro México realizó una investigación sobre la composición química, características de calidad y actividad antioxidante de pasta enriquecida con harina y hoja de amaranto deshidratada, cuyo objetivo fue evaluar el potencial de la harina y hoja de amaranto deshidratada como ingredientes funcionales para la elaboración de pastas y sus efectos en la composición química, aceptación del consumidor y actividad antioxidante. Utilizó una metodología con un diseño estadístico experimental para mezclas con proporciones variables de harina de amaranto (24,45-49,57%), sémola de trigo (21,25-59,87%), hoja de amaranto deshidratada (0-15,33%), huevo (15,06-15,31%) y carboximetilcelulosa (0,085-0,28%), logrando diversas formulaciones de pastas cortas extruidas y deshidratadas. Los resultados que encontró revelaron que las pastas con ingredientes de amaranto incrementaron los porcentajes de proteína en 3,91%, grasa en 3,08%, fibra cruda en 3,42% y cenizas en 1,92% con respecto a la formulación control. Concluyó que el consumidor mostró preferencia por la formulación con el menor porcentaje de harina y hoja de amaranto debido a una sensación amarga, así como un sabor herbal de hoja que presenta la pasta formulada.

Vyas, Collin, Bertin, Davys y Mathur (2010), realizaron un estudio en la India sobre el Concentrado Foliar como una alternativa de suplementos de hierro y ácido fólico para niñas adolescentes anémicas, Evaluaron 102 niñas adolescentes de 14 a 18 años, aplicando un diseño aleatorio controlado de 2 grupos por un periodo mayor de 3 meses. A un grupo le dieron diariamente hierro y ácido fólico (IFA: 60 mg de hierro y 500 µg de ácido fólico), y el otro grupo recibió concentrado foliar de alfalfa (LC: 10 g de concentrado foliar que contiene 5 mg de hierro y 13 µg de ácido fólico). Realizaron mediciones antes y después del ensayo sobre la concentración de hemoglobina, volumen celular medio, hierro sérico, ferritina sérica y capacidad total de hierro enlazado. Entre sus resultados hallaron que de las 102 niñas evaluadas, cuatro (3,9%) estaban con anemia severa (Hb: < 7 g/dl), veintiocho (27,5%) con anemia moderada (Hb \geq 7g/dl, < 10 g/dl) y setenta (68, 6%) anemia leve (Hb \geq 10 g / dl, < 12 g / dl). Observaron que once niñas (20,4%) del grupo IFA se retiraron debido a efectos secundarios y una niña (2,1%) del grupo LC. Al final del ensayo, el 10,5% presentaba anemia moderada y el 30,2% tenían anemia leve y el 59,3% presentaron niveles normales de Hb \geq 12 g/dl. Concluyeron que el concentrado foliar de alfalfa es una alternativa eficaz y más apetecible al Fe y suplementos de ácido fólico para el tratamiento de la anemia en adolescentes.

Sánchez (2009), en México realizó una investigación sobre la evaluación de la composición química en productos enriquecidos con concentrado foliar de alfalfa (*Medicago sativa* L, var, Moapa), su objetivo fue establecer la dosis óptima en productos enriquecidos con concentrado de alfalfa y determinar su composición química, Para ello elaboró galletas de pasta seca y alimentos fritos (harina de maíz, agua y sal, fritos en aceite por 3 minutos) enriquecidos con 5, 10 y 15% de concentrado de alfalfa. Sus resultados mostraron que el concentrado de alfalfa contenía 60,01% de proteínas, hierro 387,41 ppm; magnesio 12,79 ppm y calcio 4008,33 ppm. Concluyó que la dosis óptima a utilizar para enriquecer los productos fritos y las galletas con concentrado de alfalfa fue de 15%, debido a que se incrementaron en un 83,9% el contenido de proteína en las galletas y 86% en los fritos, comparados con la muestra testigo (galleta tradicional).

Ramírez (2009), ejecutó una investigación sobre la Adición de concentrado foliar de alfalfa (*Medicago sativa*) en alimentos de bajo contenido proteico, en la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” México. Su objetivo fue desarrollar productos, de consumo popular, enriquecidos y fortificados con proteína vegetal extraída de la alfalfa (*Medicago sativa*) en forma de concentrado. Elaboró nachos y puré, incorporando 5; 7,5 y 10% de concentrado proteico de alfalfa, sustituyendo respecto a la cantidad de harina de maíz en el caso de los nachos y en el segundo producto adicionó las mismas cantidades del puré y finalmente evaluó su composición química y valor nutricional. Entre sus resultados halló que los nachos enriquecidos presentaron un incremento en el contenido de proteínas 39% para el T2 (5%), 55,9% para el T3 (7,5%) y 72,8% para el T4 (10%) y en relación al puré de papa que se incrementó la proteína del 19,185 y 37,12% con respecto al T2 (5%). Concluyó que el mejor tratamiento fue con adición del 10% de concentrado, elevando el potencial nutritivo de estos alimentos para la población consumidora, por lo cual recomienda se debe de utilizar el concentrado de alfalfa en alimentos que tengan bajo contenido de proteína, esto para disminuir la desnutrición.

2.1.2 Investigaciones nacionales

Soberon et al., (2009) de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, realizaron un estudio sobre el Impacto de una intervención alimentaria con un concentrado proteico de *Medicago sativa* (alfalfa), en niños ´prescolares con desnutrición crónica. Ellos evaluaron el efecto del consumo concentrado proteico de alfalfa mediante indicadores

bioquímicos y hematológicos en 23 niños con desnutrición crónica de una comunidad de Pampas, Huancavelica. Aplicaron una intervención alimentaria nutricional con el concentrado proteico de alfalfa como complemento alimenticio por un periodo de 25 días. Entre sus resultados que hallaron fue que en el indicador talla/edad, el 84,5% de los niños padecía desnutrición crónica; respecto a calorías y nutrientes consumidos por los niños, los valores de energía estuvieron entre 563 kcal y 2 597 kcal; de proteína, 9,7 g a 78 g; de grasas, 5,1 g a 53,8 g; carbohidratos, 79,8 g a 495,1 g; calcio, entre 180,9 mg y 986 mg; y hierro, 1,9 mg y 21,5 mg. Los valores de hemoglobina, proteínas totales, globulinas, creatinina, transaminasas y hematocrito obtenidos antes y después de la ingesta de CPA, no presentaron variaciones ($p>0,05$); pero, los valores de albúmina y recuento de reticulocitos se incrementaron significativamente después de la ingesta ($p<0,05$). Concluyeron que el consumo diario de concentrado proteico de alfalfa por los niños con desnutrición crónica aumento significativamente los valores de recuento de reticulocitos, así como los niveles de albumina sérica.

Caipo (1986), de la Universidad Nacional Agraria La Molina- Perú realizó la caracterización de un deshidratado proteico de alfalfa (*Medicago sativa*) var. Chola y su posible uso en la alimentación humana, con la finalidad de posibilitar su consumo para la elaboración de otros alimentos. Evaluó la composición química nutricional y microbiológico llegando a la conclusión que el deshidratado proteico de alfalfa tienen un alto valor nutricional que puede incorporarse a las diferentes formulaciones de alimentos, snack y también ser utilizado como aditivos debido a sus propiedades funcionales adecuada. Sin embargo, recomienda como suplemento proteico, no debe incorporarse más del 20 al 25% de la ingesta diaria de proteína.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Concentrado proteico foliar de alfalfa (*Medicago sativa*)

En el país la alfalfa se cultiva como forraje para animales; sin embargo, nuestra población de escasos recursos lo utiliza de manera esporádica y empírica el jugo extraído de las hojas frescas de alfalfa como una alternativa para disminuir la anemia, combatir la tuberculosis, en niños, gestantes y adultos. En otros países, se ha elaborado alimentos que tienen como ingrediente un extracto de hojas de alfalfa, rico en macronutrientes (proteínas, azúcares y lípidos) y micronutrientes (vitaminas y oligoelementos) (SOYNICA, 2005).

El concentrado de alfalfa tiene una composición nutricional en 100 gramos (base seca): 198 calorías, 53,8 gr. de proteína, 839 miligramos de calcio y 44,5 mg. de hierro (Cazares, 1995).

Existen diversos procedimientos para la obtención de un concentrado proteico foliar, consisten básicamente, de una extracción utilizando una solución extractora combinada con una operación mecánica que produce una ruptura celular para la liberación de los nutrientes solubles, produciendo un jugo verde y un residuo fibroso. El residuo fibroso es separado del jugo verde por medio de métodos convencionales de filtración o prensado, luego el jugo es precipitado, seguido de la centrifugación obteniéndose un sobrenadante y el concentrado proteico, terminando con la deshidratación.

Según Llanqing et al., (2008) y Martínez et al., (2010), reportado por Serpa, Hincapié y Álvarez (2014) indican que las proteínas presentes en fuentes foliares son insolubles en agua debido a su naturaleza hidrofóbica y a las uniones disulfuro entre las moléculas proteicas, dificultando su extracción debido a las características metabólicas y estructurales de los tejidos, especialmente de la pared celular.

El concentrado de hojas frescas y húmedas tiene la consistencia de un queso desmenuzable y es de color verde brillante a oscuro; Puede usarse fresco o conservarse, generalmente mediante granulación y secado, después de lo cual se muele hasta obtener una harina para su uso. Varias décadas de experiencia en muchos países han demostrado que el concentrado de hojas, frescas o secas, es altamente aceptable y se puede incorporar fácilmente a las dietas locales, en las comidas principales, en los bocadillos y en las bebidas. Los proyectos han variado significativamente en su nivel de sofisticación, desde la preparación en el hogar hasta la distribución en programas sociales y la comercialización de productos minoristas (Davys et al., 2011).

Se han realizado diversas investigaciones sobre la extracción de proteína foliar utilizando diversos tipos de hojas vegetales, Pico et al., (2011) que evaluaron concentrado proteico foliar de yuca, camote, frijol y alfalfa, reportando para la proteína foliar de alfalfa la siguiente composición: proteína 51,8 g%; hierro 32,7 mg% y β - caroteno 57,54 ug/g (solo isómero trans) y una digestibilidad de 78,06%. En cambio, el concentrado proteico de camote 22,6 g% de proteína; hierro 55,7 mg% y β -caroteno 44,56 ug/g; el concentrado proteico de frijol: 24,1 g% proteína, hierro 100,62 mg% y β -caroteno 595,8ug/g y el

concentrado proteico de yuca: 40,8 g% proteína, hierro 36,9 mg% y β -caroteno 622 ug/g y una digestibilidad de 71,18%.

Mejía (2009), evaluó el concentrado proteico foliar de zanahoria encontrando los siguientes valores: Proteína (43,8 g%), hierro (117mg%), calcio (1800 mg%) y β -caroteno (2,3mg%) y un perfil de aminoácidos favorable excepto para triptófano y metionina. Blas & Moreno (2014), investigaron sobre la composición físico químico de concentrado proteico foliar de nabo encontrando los siguientes resultados en base seca: humedad 16,28 g%; proteína 49,67 g %; grasa 4,05 g %; cenizas 4,50 g %; fibra 3,01 g%; carbohidratos 22,50 g%; calcio 821,5mg%; magnesio 114,6mg%; hierro 68,9mg% y β -caroteno 103,5 ug% y una digestibilidad in vitro de 89,3%.

Navarrete y Tamayo (2014), evaluaron la composición químico proximal del concentrado proteico foliar de betarraga: humedad 14,0 g%; proteína 49,8 g%; grasa 3,9 g%, fibra dietaria 10,2 g%; cenizas 12 g%, carbohidratos 20,3 g%, calcio 233,3 mg%; magnesio 30,3mg%; hierro 134,6 mg% y β -caroteno (provitamina A) 8480 ug%. En cuanto al perfil aminoácido del concentrado proteico foliar de betarraga es deficiente en metionina y triptófano. Los niveles de aminoácidos esenciales que presentan (g/100g de concentrado proteico) son: isoleucina, 0,20; leucina 3,79; lisina 2,66; metionina 0,98; fenilalanina 2,65; treonina 2,27; triptófano 0,75; valina 2,45 e histidina 1,92.

Según Dillon, reportado por Keneddy (1993) indica que 10 gramos diarios de extracto foliar para un(a) niño(a) de 10 kg de peso corporal aporta 300% de sus necesidades de vitamina A, 100% de hierro, 50% de ácido fólico, 40% de Vitamina B y 20% de sus necesidades en proteínas e indica que las cantidades recomendadas de extracto foliar son:

5 gramos por persona como complemento alimentario diario.

10 a 15 g diario para personas (niños(as) y adultos) desnutridos y/o anémicas como alimento de recuperación

10 a 15 g diario para mujeres embarazadas y madres lactantes

10 g diarios para personas convalecientes.

2.2.1.1 Valor nutricional del concentrado proteico de alfalfa.

El concentrado foliar es un alimento nutritivo. La proteína de alta calidad es aproximadamente 50% (peso seco), contiene todo el aminoácido esencial, con algunos

aminoácidos limitantes, junto con numerosos micronutrientes, principalmente β -caroteno y hierro. Varios componentes antinutricionales son eliminados por el proceso de fraccionamiento.

En el concentrado foliar se retiene la mayor parte de los componentes nutricionales de la hoja, asimismo en el mismo proceso de obtención se elimina en gran medida muchos factores anti nutricionales. Los fitatos, saponinas, L-canavanina y fitoestrógenos, incluido el cumesterol están presentes en concentraciones insignificantes (Bertin, 2007).

El concentrado foliar es rico en β -caroteno (provitamina A) y hierro, también contienen una proteína de alta calidad y muchos otros micronutrientes. En las tablas 1 y 2 están resumidas los componentes nutricionales del concentrado foliar de alfalfa producido industrialmente en Francia.

Tabla 1: *Concentrado Foliar de Alfalfa: Composición general y comparación con Leche entera en Polvo.*

| Nutrientes | Composición media (%) | |
|------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Concentrado Foliar | Leche entera en polvo |
| Agua | 8 | 3 |
| Proteína | 50,8 | 26 |
| Lípidos | 10,2 | 26 |
| PUFA | 4,7 | 0,9 |
| ω -3 PUFA | 3,5 | 0,2 |
| Minerales | 10,6 | 8 |
| Fibra | 2,5 | -- |

PUFA, ácidos grasos poliinsaturados

Fuente: Davys et al. (2011)

Tabla 2: Concentrado foliar seco de alfalfa: Composición de Aminoácidos esenciales y Comparación con otros alimentos.

| Aminoácido esencial (g/100 g alimento) | Concentrado de hoja | Huevo | Leche entera | Filete de terne | Pollo | Arroz cocido |
|---|----------------------------|--------------|---------------------|------------------------|--------------|---------------------|
| Valina | 3,1 | 0,8 | 0,2 | 1,6 | 1,3 | 0,2 |
| Leucina | 4,7 | 1,1 | 0,3 | 2,6 | 2,0 | 0,2 |
| Isoleucina | 2,6 | 0,7 | 0,2 | 1,5 | 1,4 | 0,1 |
| Metionina | 1,0 | 0,4 | 0,1 | 0,8 | 0,7 | 0,1 |
| Cisteína | 0,5 | 0,6 | 0,0 | 0,8 | 0,7 | 0,1 |
| Triptófano | 1,2 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,0 |
| Treonina | 2,4 | 0,6 | 0,1 | 1,3 | 1,1 | 0,1 |
| Lisina | 3,1 | 0,9 | 0,1 | 2,7 | 2,3 | 0,1 |
| Histidina | 1,2 | 0,3 | 0,1 | 1,0 | 0,8 | 0,1 |
| Fenilalanina | 3,0 | 0,7 | 0,1 | 1,3 | 1,1 | 0,1 |
| Tirosina | 2,2 | 0,5 | 0,2 | 1,0 | 0,9 | 0,1 |
| Metionina+ cisteína | 1,5 | 0,7 | 0,1 | 1,3 | 1,1 | 0,1 |
| Fenilalanina+ tirosina | 5,2 | 1,2 | 0,3 | 2,3 | 2,0 | 0,2 |
| % Contenido de aminoácido total | 250 | 6,8 | 1,5 | 14,8 | 12,6 | 1,2 |

Fuente: Davys et al. (2011)

En las tablas 3,4 y 5 se muestran los nutrientes seleccionados y comparados con la ingesta diaria recomendada para niños.

Doraiswamy, Singh y Daniel (1969) realizaron una investigación en el sur de la India, en un albergue de 180 residentes; seleccionaron 80 niños entre 6 y 12 años sin síntomas clínicos anormales y enfermedad aparente a quienes les dieron dietas basadas en ragi (mijo), suplementadas con lisina (I), harina de sésamo (II) y proteína foliar de alfalfa (III, 15 gr diario). Luego de los 6 meses de evaluación encontraron que los niños que fueron alimentados con dieta suplementada con proteína foliar de alfalfa mostraron incrementos significativos en la talla y peso a diferencia de los otros niños con otras dietas suplementadas.

Tabla 3: Concentrada foliar seco de alfalfa: Contenido de vitamina y contribución a la Ingesta de Nutrientes recomendada para niños (IRN).

| Vitaminas | Contenido promedio por 10 g | % de IRN para niños 4-6 años * |
|-------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| A (µg RE) (β-caroteno) ^a | 767 | 170 |
| B ₁ (mg) (tiamina) | 0,022 | 4 |
| B ₂ (mg) (riboflavina) | 0,044 | 7 |
| B ₃ (mg) (niacina) | 0,042 | 1 |
| B ₅ (mg) (pantotenato) | -0 | 0 |
| B ₆ (mg) | 0,58 | 97 |
| B ₈ (ug) | 1,5 | - |
| B ₉ (ug) (folato) | 13,4 | 7 |
| B ₁₂ (ug) | 0,21 | 18 |
| C ^b (mg) | 6 | 20 |
| D (ug) | 0 | 0 |
| E (mg) | 0,9 | 198 |
| K (mg) | 0,08 | 400 |

^a Porque la vitamina A es suministrado en la forma de B caroteno, no hay riesgo de un exceso de vitamina A; 1000 ug de B caroteno = 167 ug retinol equivalente (RE).

^b La vitamina C es añadido por France-Luzerne durante la producción de concentrado de hoja a una concentración de 60 mg/100 g de concentrado de hoja.

• Según FAO/OMS (2001)

Fuente: Tomado de Davys et al.(2011)

Los estudios realizados durante muchos años, han demostrado que una porción diaria de 10 g de concentrado foliar seco es eficaz para aliviar las deficiencias de vitamina A y hierro. Recientemente, en Burkina Faso (África occidental), las comunidades encontraron que la incidencia de noma (*Cancrum oris*, una gangrena oral) se elimina cuando se consume regularmente concentrado foliar (Roque, 2004 y Pallanca, 2009).

Tabla 4: Contenido de minerales y elementos traza del concentrado foliar seco de alfalfa y contribución en la Ingesta nutricional requerido (IRN) para niños 4-6 años.

| Mineral/ elemento traza | Contenido promedio por 10 g * | % IRN para niños 4-6 años de edad** |
|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| Calcio (mg) | 338 | 56 |
| Magnesio (mg) | 14,8 | 20 |
| Fosforo (mg) | 79,1 | -- |
| Potasio (mg) | 80,1 | -- |
| Sodio (mg) | 1 | -- |
| Cobre (mg) | 0,076 | -- |
| Selenio (µg) | 0,5 | 2 |
| Yodo (µg) | 3 | 3 |
| Hierro (mg) | 5,4 | 135 ^a |
| Zinc (mg) | 0,2 | 6 ^b |

^a 15% de biodisponibilidad

^b alta biodisponibilidad

*Bertin, E. (2007) Composition nutritionnelle détaillée de l'extrait foliaire de luzerne (EFL). Association pour la Promotion des Extraits Foliaires en nutrition, Paris

** FAO/OMS (2001)

Fuente: Tomado de Davys et al.(2011)

Tabla 5: Composición de micronutrientes del concentrado foliar de alfalfa

| Nutriente | Contenido (por 10 g) ^a | Ingesta diaria para niñas de 14-18 años (por día) ^b |
|-------------------|-----------------------------------|--|
| Hierro (mg) | 5.4 ± 0,86 | 15 |
| Ácido fólico (ug) | 13.4 ± 7,3 | 400 |
| B-caroteno* (ug) | 380 ± 19.1 | 700 |
| Vitamina E (mg) | 9,9 ± 1,9 | 15 |
| Vitamina C (mg) | 6** | 65 |
| Ca (mg) | 338 ± 43 | 1300 |
| Cu (ug) | 76 ± 10 | 890 |
| Mn | 0,6 ± 0,06 | 1,6 |
| Zn (mg) | 0,2 ± 0,08 | 9 |

• Actividad equivalente de retinol (RAE)

** Corresponde al ácido ascórbico añadido durante su procesamiento para prevenir la oxidación.

^a Zanin (1998)

^b Otten (2006)

Fuente: Tomado de Vyas et al., (2010)

En el Centro de Investigación de Bioquímica y Nutrición, de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), Lima, Perú (2005 a 2007) se realizó un estudio sobre el valor biológico de un concentrado proteico obtenido de alfalfa (CPA), en ratas sometidas previamente a desnutrición crónica, concluyendo que este producto administrado como complemento con otras fuentes proteicas (caseína de la leche, proteína de kiwicha) mejora los niveles proteicos de estos animales de experimentación. También indicaron que el CPA es rico en hierro y este fue asimilado por animales previamente sometidos a desnutrición sin originar toxicidad hepática o esplénica, durante el tiempo de consumo, por lo que este producto se presenta como una alternativa para reducir la desnutrición. (Cordero, Oriondo, Agüero y Soheron, 2006 y Cordero, Oriondo, Soheron y Ramos, 2007).

Las observaciones de los profesionales médicos también son consistentes en señalar, que los que consumen concentrado foliar, presentan los siguientes efectos (Bonnet, 2009; Andrianasolo, 2009; Coly, 2009; Bremond, 2009 y Mathur, 2009):

- Una reducción en la incidencia y mejora de la recuperación de, diarreas e infecciones de la piel y el tracto respiratorio superior.
- Mejora la recuperación postoperatoria y la cicatrización de heridas
- Rápida mejora en el estado general de varios grupos vulnerables, incluyendo
 - embarazadas o madres lactantes (aumento de la leche materna y recuperación postnatal rápida);
 - niños severamente desnutridos, con anemia y/o kwashiorkor y marasmo;
 - enfermos de VIH / SIDA, malaria y tuberculosis, donde el concentrado de hojas se utiliza como complemento nutricional a un tratamiento específico.

2.2.1.2 Especificaciones de extracto proteico foliar de alfalfa (*Medicago sativa*)

El 13 de octubre del 2009 el Parlamento y el Consejo Europeo autorizó la comercialización de un extracto foliar de alfalfa (*Medicago sativa*) como nuevo alimento o nuevo ingrediente alimentario en virtud del Reglamento (CE) N° 258/97. Según esta comisión el concentrado de proteína de alfalfa puede comercializarse en la Comunidad como un nuevo ingrediente alimentario para su uso en complementos alimenticios y la cantidad máxima de extracto de proteína de alfalfa presente en una porción recomendada para el consumo diario será de 10 g.

Según este Parlamento hace una descripción de la obtención del concentrado proteico foliar en la cual menciona:

” que la alfalfa se procesa dentro de las 2 horas posteriores a la cosecha. Se corta y tritura en una prensadora, se obtiene un residuo fibroso y jugo (10% de materia seca). La materia seca contiene aproximadamente el 35% de la proteína cruda, el jugo obtenido (pH 5,8-6,2) se neutraliza. El precalentamiento y la inyección de vapor permite la coagulación de proteínas asociadas a pigmentos carotenoides y clorofila. Las proteínas precipitadas es separada por centrifugación y luego secado. Después de agregar ácido ascórbico, el concentrado de proteína de alfalfa se granula y almacena en un gas inerte o en una cámara frigorífica.

La composición química del concentrado foliar de alfalfa se indica en la Tabla 6.

Tabla 6: *Composición de la proteína foliar de alfalfa (Medicago sativa)*

| Componentes | Cantidad |
|--|---------------------|
| Proteína | 45-60% |
| Grasa | 9-11% |
| Carbohidratos solubles libre de fibra | 1-2% |
| Polisacáridos (fibra insoluble) incluyendo celulosa | 11-15% 2-3% |
| Minerales | 8-13% |
| Saponinas | No más de 1,4% |
| Isoflavonas | No más de 350 mg/kg |
| Cumestrol | No más de 100 mg/kg |
| Fitatos | No más de 200 mg/kg |
| L –canavavina | No más de 4,5 mg/kg |

Fuente: Commission of the European Communities (2009)

2.2.2 Fortificación

Según el Codex Alimentarius, la fortificación de alimentos es la adición de uno o más nutrientes esenciales que normalmente no están presentes en el alimento, con el propósito de prevenir o corregir una deficiencia demostrada en la población o grupos específicos de ella. La fortificación (especialmente con micronutrientes) puede ser un

método sostenible y efectivo a nivel de costos para prevenir y corregir deficiencias nutricionales endémicas. (WHO y FAO, 2006).

La fortificación de alimentos es una práctica que lleva décadas realizándose con el fin de controlar las deficiencias nutricionales en la población (FAO, 2006). De acuerdo a los "Principios Generales para la Adición de Nutrientes Esenciales a los Alimentos" (FAO & WHO, 1995), éstos pueden añadirse a los alimentos con el fin de alcanzar la restauración de nutrientes perdidos en el procesamiento, fortificación o garantizar la composición de nutrientes adecuados.

El enriquecimiento y fortificación de alimentos constituyen un logro de investigaciones científicas, que en los últimos años han dedicado su atención a muchos elementos que se pueden adicionar a los alimentos, con el fin de compensar deficiencias nutricionales, equilibrar balances dietéticos, mejorar las funciones fisiológicas y prevenir enfermedades. Los alimentos fortificados y suplementados, tienden a acercarse, lo más posible, a los requerimientos diarios de elementos nutritivos, especialmente en los niños; es el caso de lácteos, productos de panadería y galletería, cereales y pastas alimenticias.

El Codex Alimentarius recomienda que la composición de alimentos para infantes y niños en el caso de la fortificación debe de aportar dos tercios de la recomendación diaria por 100 g de alimento, esto significa un aporte entre el 30-50% del requerimiento diario de nutrientes, en dos o tres porciones al día (FAO, 2006).

2.2.1.4 Tipos de Fortificación

El proceso para la fortificación de alimentos puede tener diferentes enfoques, existe la fortificación de alimentos que son de consumo masivo para la población en general, llamada fortificación masiva; la fortificación de alimentos para grupos específicos, es llamada fortificación dirigida; y la fortificación voluntaria de los alimentos disponibles en el mercado, es llamada fortificación impulsada por el mercado (FAO, 2006). Para la fortificación dirigida, es permitido aportar por porción del 30% a 60% de nutrientes de la Ingesta Diaria Recomendada.

En términos generales, la fortificación masiva casi siempre es obligatoria, la fortificación focalizada puede ser obligatoria o voluntaria, dependiendo de la magnitud del problema de salud pública que se está abordando, y la fortificación orientada por el mercado es siempre voluntaria, pero gobernada por límites reglamentarios

Según la FAO (1995) y WHO y FAO (2006) los requisitos más importantes que se deben tener en cuenta para aplicar la fortificación a un alimento en específico deben ser los siguientes:

- Que sea comúnmente consumido por la población objetivo.
- El estado nutricional de la población objetivo (química y bioquímicamente).
- Datos de los patrones de consumo y dietas.
- Información detallada de los micronutrientes que usualmente se consumen.
- Composición química de las materias primas a utilizar.
- Buena estabilidad durante el almacenamiento.
- Relativamente de bajo costo.

Para realizar un proceso de fortificación se tiene que tomar en cuenta también la Ingesta Diaria Recomendada (IDR), valor que se utiliza para evaluar la ingesta de nutrientes en personas sanas. Al mismo tiempo existen tres referencias incluidas en la IDR, que es la Ingesta Dietética Recomendada (RDA), Ingesta Adecuada (AI), y el nivel de Ingesta Máxima Recomendable (UL).

2.2.3 La pasta alimenticia

Con el nombre de pasta alimenticia se designa a los productos obtenidos por desecación de una masa no fermentada elaborada con sémolas, semolinas o harina procedente de trigo duro, trigo semiduro o trigo blando o sus mezclas y agua potable.

La Organización Internacional de la Pasta, define a ésta como el alimento hecho de sémola (harina) de trigo duro mezclada con agua y algunas veces con huevo, los cuales se amasan, se transforman en diversas figuras y se secan para posteriormente ya en la cocina, hervirse previo a su consumo (IPO, 2010).

Según la NTP 206.010:1981, clasifica a los fideos o pastas de la siguiente manera (INDECOPI, 1981):

a) Por el contenido de humedad.

- Fideo seco: Será el fideo con un contenido de humedad (menor de 15%).

- Fideo fresco: Será el fideo con un contenido de humedad (mayor a 15%).

b) Por su proceso de elaboración.

- Fideo tipo Nápoles: Es el fideo obtenido por un proceso de moldeado mediante boquillas de diversas formas.
- Fideo tipo Bologna: Es el fideo obtenido mediante proceso de laminado.
- Fideos especiales: Son los que contienen agregado cantidades variables de gluten, huevos, vitaminas, minerales, verduras u otros elementos nutritivos permitidos con el fin de mejorar sus cualidades dietéticas.

c) Por su forma.

- Fideos rosca y nido: Son los fideos largos que se presentan en forma de madejas.
- Fideo largo o tallarín: Es el fideo tipo Nápoles o Bologna de tamaño y forma variable, con o sin hueco, de sección redonda, ovalada, rectangular u otros. Su dimensión fundamental es la longitud.
- Fideo cortado: Es el fideo tipo Nápoles o Bologna de tamaño y forma, sin características definidas de dimensión. Son más pequeños que los largos o tallarines.
- Fideos Pastina: Es el fideo tipo Nápoles que se caracteriza por su aspecto menudo.

d) Por su presentación.

- A granel
- Envasados

El Instituto de Defensa Nacional de Defensa de la Competencia y de la Propiedad, INDECOPI, también norma el proceso de fabricación del fideo a través de una norma técnica NTP 206.010:1981 “Pastas y fideos para consumo humano”, entre las cuales indica los requisitos químicos: Para fideos frescos, la humedad máxima de 35% y acidez titulable máxima 0,65% expresado en ácido láctico y para fideos secos, una humedad máxima de 15% y acidez titulable de 0,45% expresado como ácido láctico.

Asimismo los requisitos Microbiológicos según la Norma Sanitaria (NTS N°071 MINSA/DIGESA 2008), establece los criterios microbiológicos de calidad Sanitaria e Inocuidad para los Alimentos y Bebidas de Consumo Humano (Tabla 7).

Tabla 7: Requisitos microbiológicos para pastas o fideos secos.

| V.6 Fideos o pastas desecadas con o sin relleno (incluye fideos a base de verduras, al huevo, otros) | | | | | | |
|---|------------------|--------------|----------|----------|---------------------|-----------------|
| Agente microbiano | Categoría | Clase | n | c | Límite por g | |
| | | | | | m | M |
| Mohos | 2 | 3 | 5 | 2 | 10 ² | 10 ³ |
| Coliformes | 5 | 3 | 5 | 2 | 10 | 10 ² |
| <i>Staphylococcus aureus</i> | 8 | 3 | 5 | 1 | 10 ² | 10 ³ |
| <i>Clostridium perfringens</i> (*) | 8 | 3 | 5 | 1 | 10 ² | 10 ³ |
| <i>Salmonella sp</i> | 10 | 2 | 5 | 0 | Ausencia | --- |
| | | | | | /25 g | |

* solo para pastas con relleno de carne

n= Número de muestras que se van a examinar. m= Limite microbiológico que separa la calidad aceptable de la rechazable.

M= Valor por encima del cual se rechaza el lote y el alimento representa un riesgo para la salud. e= Número máximo de muestras permitidas con resultados entre m y M.

Fuente: MINSA/DIGESA, 2008

2.2.3.1 Producción y consumo de Pastas alimenticias.

La producción de pastas a nivel mundial en el año 2013 fue de 14,3 millones de toneladas, correspondiendo a Italia una producción de 3 408,999 toneladas; EEUU 2 000,000; Brasil 1 204,900 y Perú con 278,890 toneladas de pastas. El consumo per cápita de pastas alimenticias en los diferentes países fueron: Italia 25,3, Tunisia 16,0; Venezuela 12,2 y Perú con 8,2 kg per cápita y el Consumo de pastas a nivel mundial en toneladas corresponde a EEUU 2 700,000; Italia 1 507,145; Brasil 1 204,900 y Perú 244,600. (IPO, 2014), (Tablas 8 y 9 y Figuras 1 y 2).

La producción de pasta en nuestro país en el año 2013 fue de 278,890 toneladas, así mismo el consumo de pastas fue de 244,600 toneladas, correspondiendo a un consumo per cápita de 8,2 en el año 2013. (IPO, 2014). Según Herrero (2017), el Perú, consume un promedio de 7,5 kg de pasta per cápita, por debajo de Chile, y por arriba de Brasil, quien consume 6,7 kg de promedio anual.

Tabla 8: Producción de Pasta alimenticia en el mundo (por volumen en Toneladas - 2013)

| País | Toneladas | País | Toneladas |
|----------------|-----------|-----------|-----------|
| Italia | 3,408,499 | Alemania | 334,179 |
| Estados Unidos | 2,000,000 | Venezuela | 329,540 |
| Brasil | 1,204,900 | Tunisia | 303,100 |
| Turquía | 1,202,440 | Perú | 278,890 |
| Rusia | 1,083,000 | España | 260,288 |
| Iran | 560,000 | Francia | 241,573 |
| Egipto | 400,000 | Canadá | 170,000 |
| Argentina | 353,895 | Grecia | 170,000 |
| México | 337,000 | Polonia | 160,000 |

Fuente: Organización Internacional de la Pasta, IPO (2014).

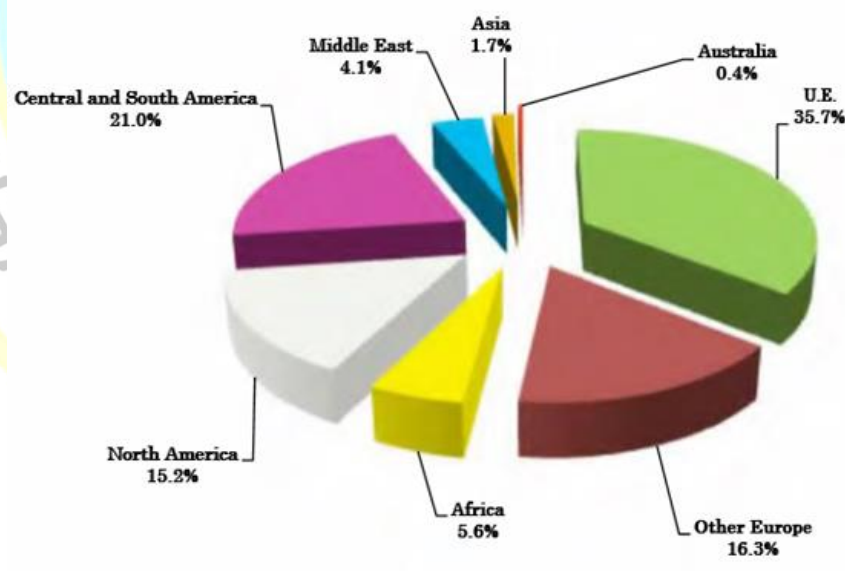


Figura 1: Producción de pastas alimenticias a nivel mundial (%) (IPO, 2014)

Tabla 9: Consumo de pasta alimenticia a nivel mundial (toneladas) – Año 2013

| País | Toneladas | País | Toneladas |
|----------------|-----------|-----------------|-----------|
| Estados Unidos | 2,700,000 | Polonia | 202,940 |
| Italia | 1,507,145 | Tunisia | 172,800 |
| Brasil | 1,204,900 | Chile | 146,968 |
| Rusia | 1,151,359 | Reino Unido | 135,000 |
| Alemania | 654,371 | Grecia | 127,000 |
| Turquía | 516,107 | Sudáfrica | 91,000 |
| Francia | 512,465 | Holanda | 89,071 |
| Venezuela | 366,625 | Suiza | 73,130 |
| Iran | 360,000 | Portugal | 70,000 |
| Argentina | 343,657 | Rumania | 68,531 |
| México | 279,876 | Suecia | 67,637 |
| España | 251,616 | Austria | 67,171 |
| Perú | 244,600 | Hungría | 63,986 |
| Colombia | 230,984 | República checa | 60,000 |

Fuente: IPO (2014)

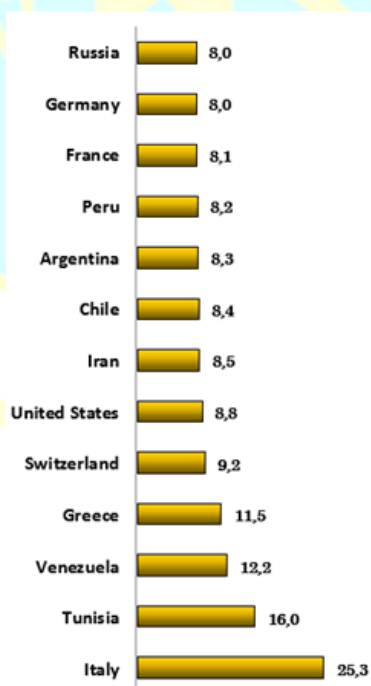


Figura 2: Consumo de Pasta alimenticia en el Mundo (Kg per cápita – Año 2013)

2.2.3.2 Pasta alimenticia con ingredientes no convencionales.

La pasta alimenticia juega hoy en día un importante papel en la nutrición humana, su valor nutricional, su larga vida de anaquel así como su difusión en el mundo le ha valido el reconocimiento de la Organización Mundial de la Salud y la Food and Drug Administration (FDA) como un importante vehículo para la adición de nutrientes y compuestos bioactivos (Chillo, Laverse, Falcone y del Nobile, 2008).

Múltiples grupos de investigación en diferentes partes del mundo han enfocado esfuerzos al desarrollo de nuevos tipos de pasta, así como a la evaluación de sus propiedades nutrimentales y nutracéuticas. Las primeras investigaciones se enfocaron a la elaboración de pastas a partir de harinas integrales, las cuales contienen más vitaminas, minerales y fibra dietaria en comparación con las pastas tradicionales. La fibra dietaria de los cereales integrales es rica en compuestos antioxidantes, principalmente compuestos fenólicos como el ácido ferúlico y el ácido cafeico, los cuales son liberados a nivel de colon, después de que la fibra es hidrolizada por la flora microbiana, pudiendo así ejercer su protección antioxidante.

Estudios realizados en pastas integrales comerciales han demostrado un contenido mayor de compuestos fenólicos en comparación con las pastas de sémola (Hirawan et al, 2010). Siguiendo la misma línea de investigación se encuentra el trabajo desarrollado por Fares et al., (2010), quienes desarrollaron pastas con sémola enriquecida con salvado de trigo, reconocido como una fuente natural importante de compuestos antioxidantes, útiles para la prevención de enfermedades crónico degenerativas asociadas al estrés oxidativo. Encontraron que el contenido de compuestos fenólicos se ve disminuido por efecto del procesamiento, sorprendentemente después de la cocción la pasta presentó un incremento en su capacidad antioxidante *in vitro*, debido a que la cocción en agua provoca una mayor extracción de compuestos fenólicos de la matriz alimentaria, destacando el contenido de ácido ferúlico.

Otra línea de investigación es la adición de ingredientes a formulaciones de pasta para mejorar el valor nutricional y nutracéutico de la pasta. Se ha adicionado orégano y hoja de zanahoria, para mejorar la actividad antioxidante de la pasta, donde se encontró un aumento en el contenido de ácido grasos omega 3 y en las propiedades antioxidantes, y en

concentraciones de hasta el 5% los componentes no interfieren con la calidad tecnológica y sensorial de la pasta (Boroski et al, 2011).

También se han desarrollado formulaciones de pastas con hoja de amaranto deshidratada, las cuales no mostraron diferencias significativas en composición química y aporte nutrimental y aceptación del consumidor al compararlas con las pastas con espinacas, con lo cual se abre el abanico de posibilidades de usos industriales para esta planta endémica de México (Borneo y Aguirre, 2008).

2.3 Bases filosóficas

Los diversos elementos del mundo se interrelacionan estructuralmente y cumplen una determinada función como sistema, los sistemas considerados como elementos de otro sistema mayor son subsistemas. Un órgano es parte de un sistema y ese sistema, es parte de otro más amplio, que es el medio donde vive y las relaciones con ese medio. Dentro de esas relaciones está la alimentación y la miseria, y la vida en la sociedad, donde puede ocurrir la mala nutrición. El mantener una buena nutrición es importante para desarrollar una actividad completa y prevenir las enfermedades. Se pueden evitar o modificar muchas complicaciones debilitantes si se atiende el estado y las deficiencias nutricionales.

En la actualidad, el mundo se enfrenta a una doble carga de malnutrición que incluye la desnutrición y la alimentación excesiva. La malnutrición también se caracteriza por la carencia de diversos nutrientes esenciales en la dieta, en particular hierro, ácido fólico, vitamina A y yodo.

Las estrategias abordadas incluyen formular a elaborar unas políticas apropiadas en materia de alimentos y nutrición; vigilar las tendencias mundiales en nutrición para informar la adopción de decisiones; proporcionar asesoramiento científico para ejecutar las medidas de intervención, y dirigir la colaboración mundial para mejorar la salud nutricional. La política de estado no puede circunscribirse a sólo programas de fortificación, suplementación y donación de alimentos, debe ir más allá y abarcar desde la producción y disponibilidad de alimentos hasta la biodisponibilidad de nutrientes para contrarrestar el problema de desnutrición.

2.4 Definición de términos básicos

a) **Concentrado proteico foliar:** Es un alimento extremadamente nutritivo que se obtiene machacando hojas normales, para obtener jugo, que luego se coagula con agua caliente. La proteína resultante es un sólido, verde oscuro, de sabor fuerte, parecido al té o el heno y con textura similar a la del queso (Guzmán, Blanco y Ayala, 1981).

b) **Fortificación:**

La fortificación es la práctica de incrementar deliberadamente el contenido de un micronutriente esencial, es decir, vitaminas y minerales (incluyendo elementos traza) en un alimento, de manera que mejore la calidad nutricional del suministro alimentario y proporcione un beneficio de salud pública con un riesgo mínimo para la salud.(OMS/FAO,2017).

c) **Enriquecimiento:**

El enriquecimiento es sinónimo de fortificación y se refiere a la adición de micronutrientes a un alimento sin importar si los nutrientes se encontraban o no en el alimento antes de su procesamiento (OMS/FAO, 2017).

d) **Pastas alimenticias:**

Se definen con el nombre de pastas alimenticias, “ todos aquellos productos obtenidos por desecación de una masa no fermentada elaborada con sémolas, semolinas o harinas procedente de trigo duro, trigo semiduro o trigo blando o sus mezclas y agua potable”.

http://www.infoalimentacion.com/cereales/propiedades_nutricionales_pasta.htm.

2.5 Hipótesis de investigación

2.5.1 Hipótesis general

- La fortificación de la pasta alimenticia con proteína foliar de alfalfa (*Medicago sativa*) aumenta la calidad nutricional de ésta, con proteína y micronutrientes (hierro, calcio, magnesio y β -caroteno) y es aceptable por el consumidor.

2.5.2 Hipótesis específicas

a)

Ho: La fortificación de las pastas alimenticias con proteína foliar de alfalfa (*Medicago sativa*), no produce cambios significativos en su calidad nutricional

Ha: La fortificación de las pastas alimenticias con proteína foliar de alfalfa (*Medicago sativa*), si produce cambios significativos en su calidad nutricional.

b)

Ho: Las pastas alimenticias fortificadas con diferentes concentraciones de proteína foliar de alfalfa (*Medicago sativa*) no presentan diferencia significativas en su aceptabilidad sensorial.

Ha: Las pastas alimenticias fortificadas con diferentes concentraciones de proteína foliar de alfalfa (*Medicago sativa*) si presentan diferencia significativas en su aceptabilidad sensorial.

2.6 Operacionalización de las variables

| VARIABLES | DIMENSIONES | INDICADORES | METODOLOGIA |
|---|--|---|--|
| V. INDEPENDIENTE | | | |
| Formulación de pastas alimenticias fortificadas con proteína foliar. | <ul style="list-style-type: none"> • Proteína foliar de Alfalfa | <ul style="list-style-type: none"> • Extracción de la Proteína foliar | <ul style="list-style-type: none"> • Por termo coagulación, según Fellows (1987) |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Formulación de las pastas alimenticias fortificada | <ul style="list-style-type: none"> • Composición químico-bromatológica • Mezcla óptima | <ul style="list-style-type: none"> • Métodos y técnicas aprobados por la AOAC. • Diseño experimental de mezclas con análisis de superficie de respuesta. |
| V. DEPENDIENTE | | | |
| Evaluación del Aporte nutricional y aceptabilidad de pastas alimenticias fortificadas con proteína foliar de alfalfa | <ul style="list-style-type: none"> • Calidad Nutricional | <ul style="list-style-type: none"> • Composición Químico Bromatológico (humedad, proteína y cenizas, • β- caroteno • Niveles de hierro, magnesio y calcio | <ul style="list-style-type: none"> • Métodos oficiales de la AOAC (206,2012) • Por cromatografía líquida de alta resolución • Por espectrofotometría de absorción atómica |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Inocuidad | <ul style="list-style-type: none"> • N° total de coliformes • Recuento de mohos • Análisis sensorial | <ul style="list-style-type: none"> • NMP • Recuento en placa |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Grado de aceptabilidad. | | <ul style="list-style-type: none"> • Escala hedónica de 9 puntos. |

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1 Diseño metodológico

El tipo de investigación fue experimental ya que la variable independiente fue manipulada para determinar los efectos en las otras variables.

Es de tipo cuantitativo porque se usó los datos recolectados para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico para establecer patrones de comportamiento.

Se ha aplicado la metodología de superficie de respuesta (RSM) para definir las relaciones entre las variables de respuesta y las variables independientes (Myers & Montgomery, 1995). Esta metodología permite con un mínimo de ensayos cubrir el máximo de interacciones de los componentes de la fórmula para alcanzar un óptimo. (Ozdemir et al, 2008).

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

- 100 kg de alfalfa fresca obtenida del mercado centenario de Huacho.
- Sémola de trigo duro 5 kg y 3 kg de huevos obtenidos de un centro de abastos de la ciudad de Huacho.

3.2.2 Muestra

Las muestras fueron tomadas con dos finalidades:

- Para valorar y analizar los parámetros fisicoquímicos de las materias primas para la elaboración de la pasta alimenticia fortificada.

- Para realizar los ensayos y las pruebas pilotos para la estandarización del producto.
- Para la obtención de la proteína foliar se utilizaron 100 kg de alfalfa frescas y maduras que se compraron en horas de la mañana en el Mercado Central de Huacho, para evitar la pérdida de humedad de las hojas y transportados rápidamente al Taller de Técnica Dietética y el Laboratorio de Toxicología de los Alimentos de la Facultad de Bromatología y Nutrición.
- Pastas alimenticias fortificadas con proteína foliar de alfalfa de los 11 tratamientos según diseño aplicado.

3.3 Técnicas de recolección de datos

Se utilizaron diversas técnicas e instrumentos para la recolección de datos, como son: protocolos y métodos de análisis. Para ello se aplicó el siguiente diseño experimental:

- 1° Extracción de la proteína foliar de alfalfa por termo coagulación a 85°C.
- 2° Análisis químico bromatológicos de la proteína foliar de alfalfa, de la sémola de trigo duro y huevo.
- 3° Formulación de las pastas alimenticias fortificadas con proteína foliar de alfalfa, según Diseño de mezclas con análisis de Superficie de respuesta.
- 4° Evaluación de las características sensoriales de las pastas alimenticias y su aceptabilidad.
- 5° Determinar la calidad nutricional de la pasta fortificada de mayor aceptabilidad.

3.3.1 Extracción de la proteína foliar de alfalfa (*Medicago sativa*).

Se hizo a nivel de laboratorio, según lo indicado por: Fellows (1987) tal como se muestra en la Figura 3.

- **Selección.** - Esta operación se hizo teniendo en cuenta la sanidad de la hoja, eliminando los follajes u hojas que presentaron daños mecánicos (golpes, cortaduras, hojas marchitas), ataques microbiológicos o por insectos, así como material extraño (malas hierbas, piedras u otras partículas diferentes a la materia prima).

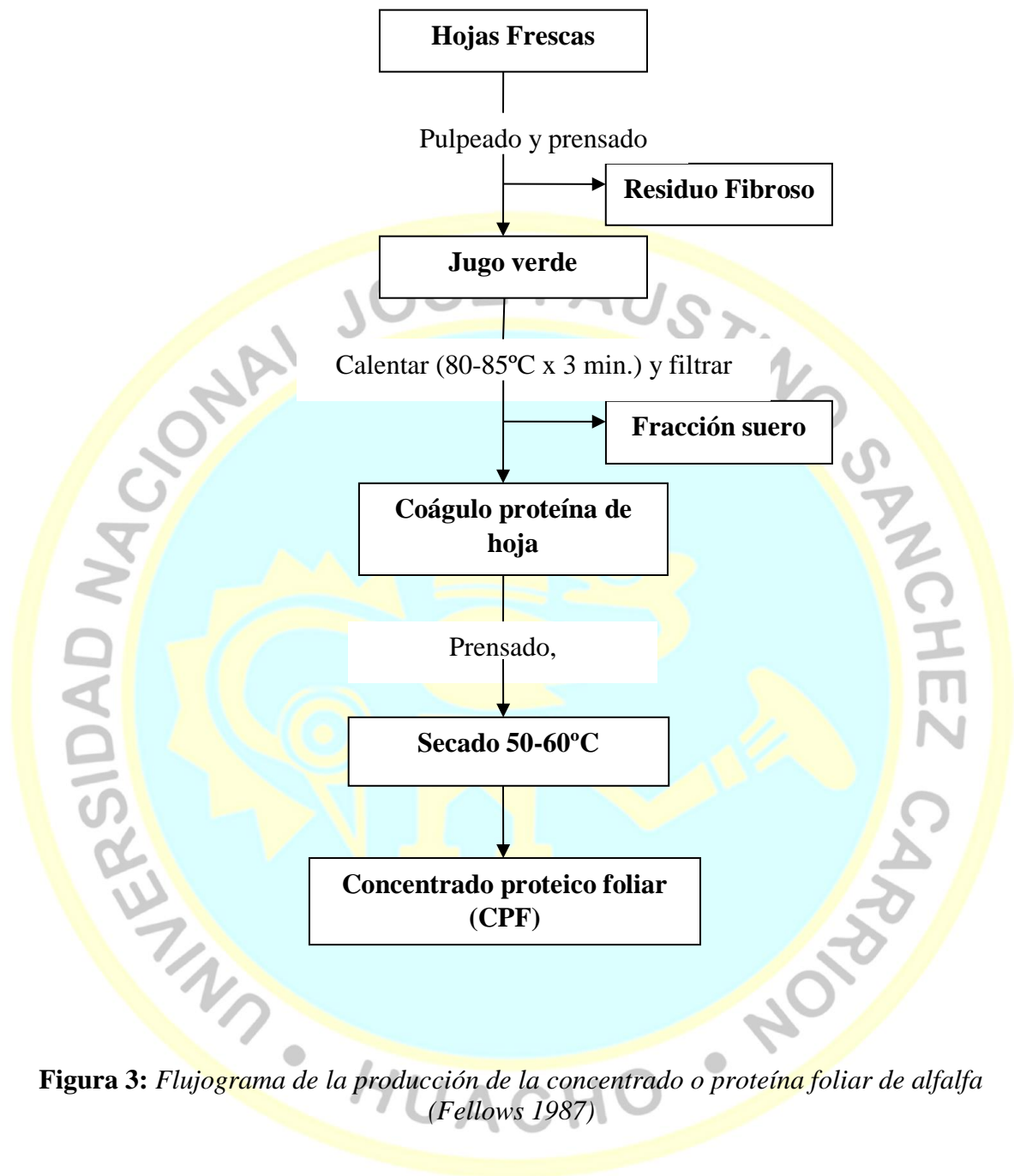


Figura 3: Flujograma de la producción de la concentrado o proteína foliar de alfalfa (Fellows 1987)

- **Lavado.** - Se sumergieron las hojas en agua potable con cloro para quitar el polvo, suciedad y reducir carga microbiana, esto se realizó en tinas y baldes, luego se retiraron las hojas para escurrirlo y pasar inmediatamente al corte o picado.

- **Corte o Picado.** - En esta operación se logró reducir el tamaño del follaje, se realizó sobre tablas de madera con cuchillos de acero inoxidable en tamaño de 3 cm.
- **Licuada o Pulpeado.**- Se utilizó una licuadora semindustrial de acero inoxidable, añadiendo agua en la proporción de 1 a 2 y la molienda en un tiempo de 3 minutos. Esta fue la etapa más crítica, ya que era necesario garantizar un buen molido o pulpeado para poder exprimir fácilmente el jugo y obtener la mayor parte de proteína presente en la pulpa o licuado de hojas.
- **Filtración o Prensado.**- se realizó a través de una tela tocuyo y se exprimió todo el jugo presente en la pulpa de hoja. La parte sólida correspondió a la Fibra indigerible y el jugo verde obtenido se pasó a la siguiente etapa. El pH del jugo fue de 7. Este proceso se debe de hacer lo más rápido posible para limitar la hidrólisis de las proteínas celulares por las proteasas. Los elementos nutricionales, compuestos principalmente de proteínas protoplásticas y citoplásmicas, de pigmentos y vitaminas se concentran y recogen en el jugo verde.
- **Calentamiento.** - Se calentó hasta una temperatura de 85°C. El cuajo empezó a formarse a los 55 °C, pero se llevó hasta los 85 °C, se enfrió por unos minutos y se procedió a separar el cuajo.
- **Separación del coágulo.** - Se realizó a través de una tela muy fina con un tejido muy tupido, se exprimió todo el líquido posible del cuajo hasta obtener una pasta fácil de desmoronar en la palma de la mano, con una humedad de 60% aproximadamente.
- **Secado.** - El cuajo obtenido o proteína foliar se llevó a secar en la estufa a 50-60 °C con circulación de aire hasta obtener una proteína foliar de alfalfa con menos del 10% de humedad.
- **Molienda o pulverizado.** - El concentrado proteico foliar obtenido se trituró y pulverizó en un mortero y luego en un molino de chchillas hasta obtener un polvo fino de color verde oscuro.
- **Almacenamiento.** - La proteína foliar obtenido se guardó en frascos de color ámbar y cerrados herméticamente, almacenándolo en un lugar fresco y seco.

3.3.2 Análisis químico bromatológico de la proteína foliar de alfalfa (*Medicago sativa*), sémola de trigo duro y huevo

Se determinaron los siguientes parámetros:

- Humedad. - Método Gravimétrico (NTP 206.011.1981) (Revisada al 2016)
- Proteína. - Método Kjeldahl (AOAC 935.39 (C): 2012. Se determinó en base al contenido de nitrógeno total y el factor utilizado para la obtención de la proteína bruta fue 6.25
- Cenizas. - Método de Incineración directa (AOAC 935.39. 2012).
- Determinación de Hierro: Por espectrometría de absorción Atómica, según AOAC 987.03 (2012).
- Determinación de Calcio y Magnesio. - Por espectrometría de absorción atómica, según AOAC 975.03 (2012).
- Determinación de Provitamina A o β -caroteno. - Se aplicó el método de Cromatografía Líquida de Alta Resolución (AOAC 2000)

3.3.3. Formulaciones de la pasta alimenticia fortificada con proteína foliar de alfalfa y determinación de la zona de formulación factible.

3.3.3.1 Descripción del proceso de elaboración de pasta alimenticia fortificada

Las pastas alimenticias fueron elaboradas en el taller de Técnica Dietética de la Facultad de Bromatología y Nutrición, según el flujograma de la Figura 4.

El amasado y homogenización se efectuó manualmente mediante un amasador, inicialmente se mezclaron la harina de trigo y la proteína foliar de alfalfa por 5 minutos, luego se adicionó lentamente la mezcla de agua-huevo y se amasó por 15 minutos, tiempo suficiente para obtener una masa homogénea, que se mantuvo en reposo por 30 minutos, luego se laminó con un rodillo sobre la mesa limpia hasta alcanzar un espesor de aproximadamente 1,8 mm y luego llevó a la máquina para obtener la pasta alimenticia en tiras de 0,5cm de ancho por 20 cm de largo aproximadamente, en forma de tallarines Se llevaron a un proceso de secado por 30 minutos y posteriormente fueron empacadas en bolsas con cierre hermético.

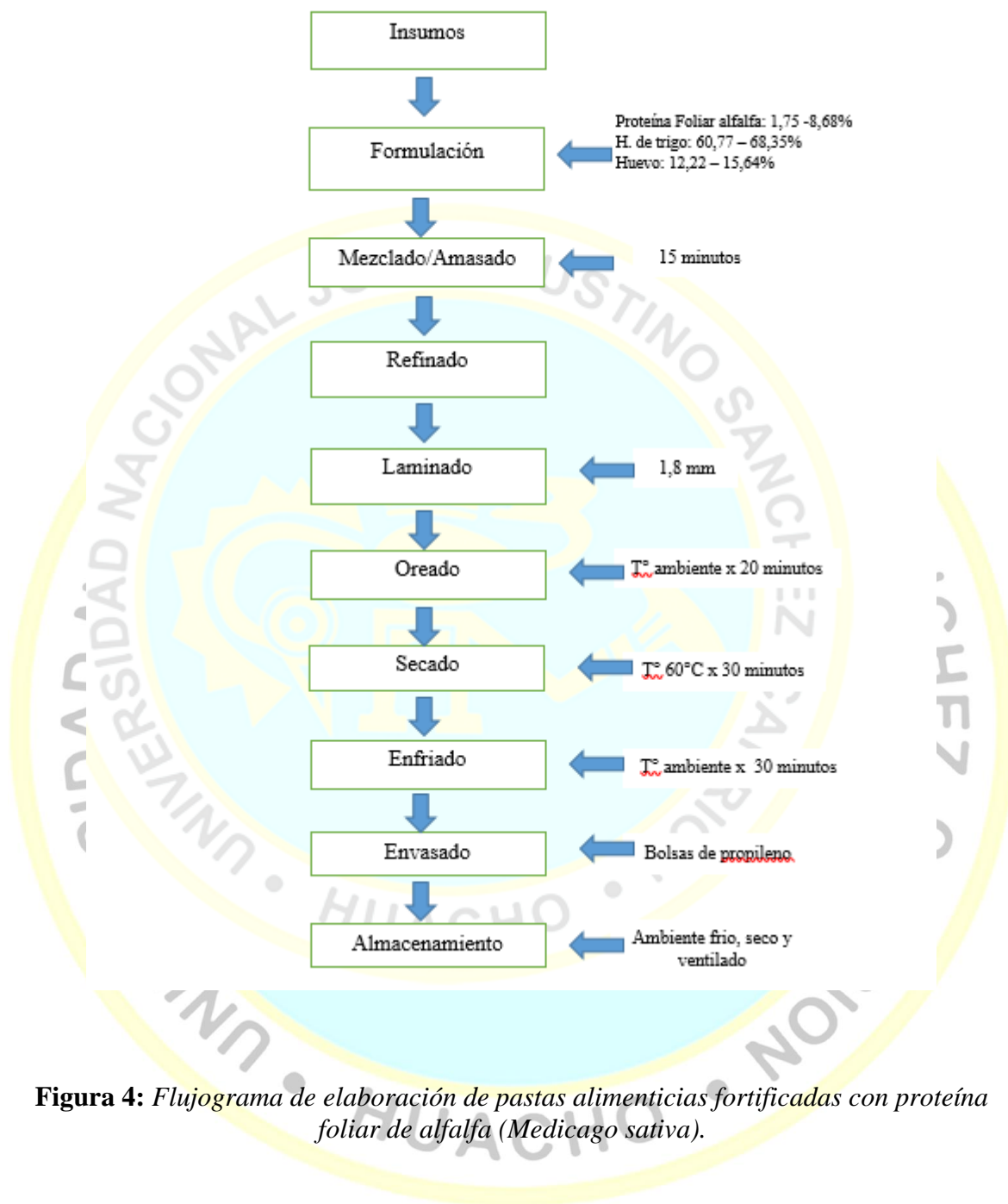


Figura 4: *Flujograma de elaboración de pastas alimenticias fortificadas con proteína foliar de alfalfa (Medicago sativa).*

Una vez definido el Flujo de Procesamiento de la pasta alimenticia fortificada con proteína foliar de alfalfa se procedió a desarrollar las siguientes etapas:

- Definición del Diseño Estadístico y Obtención de los Pseudocomponentes con Incorporación de proteína foliar, harina de quinua y huevo.
- Determinación de las Líneas de Restricción
- Determinación de la Zona de Formulación Factible

3.3.3.2 Definición del Diseño Estadístico y Obtención de los Pseudocomponentes con incorporación de proteína foliar de alfalfa, harina de trigo y huevo.

El esquema experimental empleado para la elaboración de pasta alimenticia fortificada con proteína foliar de alfalfa corresponde al desarrollo de un “diseño de mezclas” denominado “D - optimal”, con una combinación de 11 tratamientos (Montgomery, 2013).

Estos tratamientos lo constituyen las mezclas puras (formadas por un solo ingrediente): (1,0,0); (0,1,0) y (0,0,1); los tres lados representan las mezclas binarias que sólo tienen dos de los tres componentes: (1/2,1/2,0); (0,1/2,1/2) y (1/2,0,1/2); Se incluye el centroide correspondiente a la mezcla ternaria en las cuales los tres ingredientes son diferentes de cero: (1/3, 1/3, 1/3). En el Diseño de mezclas D-Optimal incluye cinco componentes más: (5/12,1/6,5/12), (5/12,5/12, 1/6), (2/3, 1/6, 1/6), (1/6, 2/3, 1/6), (1/6, 1/6, 2/3), obteniéndose con ello un total de 11 tratamientos.

Este diseño se muestra en la figura 5 y la tabla 10.

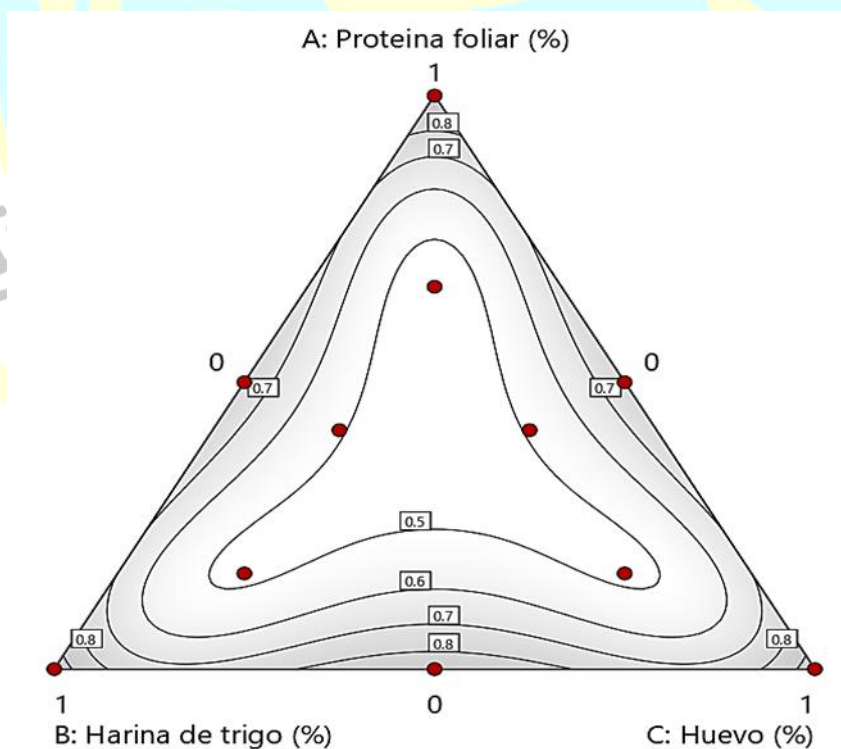


Figura 5: Diseño de mezclas D optimal

Fuente: Montgomery (2013)

En la Tabla 10 se presentan los datos que brinda el software Design expert versión 11 al ingresar los datos:

Tabla 10: Diseño mezclas D-optimal para una mezcla de proteína foliar de alfalfa, harina de trigo y huevo.

| Tratamiento | Variables independientes | | | Respuesta | Datos de control | | | |
|-----------------|--------------------------|-----------------|-------|-----------|----------------------|---------|----------|--------|
| | (%) | | | | Aceptación sensorial | Humedad | Proteína | Hierro |
| | Proteína foliar | Harina de trigo | Huevo | | | | | |
| T ₁ | 1 | 0 | 0 | | | | | |
| T ₂ | 0 | 1 | 0 | | | | | |
| T ₃ | 0 | 0 | 1 | | | | | |
| T ₄ | 0,5 | 0,5 | 0 | | | | | |
| T ₅ | 0,5 | 0 | 0,5 | | | | | |
| T ₆ | 0 | 0,5 | 0,5 | | | | | |
| T ₇ | 0,42 | 0,17 | 0,42 | | | | | |
| T ₈ | 0,42 | 0,42 | 0,17 | | | | | |
| T ₉ | 0,67 | 0,17 | 0,17 | | | | | |
| T ₁₀ | 0,17 | 0,67 | 0,17 | | | | | |
| T ₁₁ | 0,17 | 0,17 | 0,67 | | | | | |

Este diseño responde al siguiente modelo matemático:

- a. Lineal: El número de corridas en el diseño base si el modelo más complicado se ajusta a un modelo lineal. Un modelo lineal tiene la forma

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 \quad (1)$$

- b. Cuadrático: El número de corridas en el diseño base si el modelo más complicado se ajusta a un modelo cuadrático. Un modelo cuadrático tiene la forma

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 \quad (2)$$

- c. Cúbico Especial: El número de corridas en el diseño base si el modelo más complicado se ajusta a un modelo cúbico. Un modelo cúbico tiene la forma:

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 + \beta_{123} X_1 X_2 X_3 \quad (3)$$

- d. Cúbico completo: El número de corridas en el diseño base si el modelo más complicado se ajusta a un modelo cúbico completo. Un modelo cúbico completo tiene la forma:

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 + \beta_{123} X_1 X_2 X_3 + D_{12} X_1 X_2 (X_1 - X_2) + D_{13} X_1 X_3 (X_1 - X_3) + D_{23} X_2 X_3 (X_2 - X_3) \quad (4)$$

Como es evidente, no se puede lograr una mezcla con 100% de proteína foliar, 100 % de harina de trigo o 100% de Huevo, por lo que el diseño definido anteriormente corresponde a un triángulo que tenga la misma distribución, pero inscrito en otro triángulo que represente todo el universo de posibilidades de mezclas; es decir, se tiene un diseño de mezclas con restricciones.

Las restricciones corresponden a los límites máximos y mínimos de cada uno de los componentes, estos fueron obtenidos mediante pruebas preliminares y por lo descrito por Sanhueza Picon (2007), los mismos que serán definidos posteriormente. A las coordenadas iniciales del diseño se le llamara: Pseudocomponentes y a las coordenadas de la superficie inscrito: Componentes. Se restringió de la siguiente manera, para garantizar la participación de los tres componentes (Figura 6).

| | |
|----------------------------------|---|
| <i>Proteína foliar</i> (X_1) | : 1,75 a 8,68% |
| <i>Harina de trigo</i> (X_2) | : 60,77 a 68,35% |
| <i>Huevo</i> (X_3) | : 12,22 a 15,64% |
| | $X_1 + X_2 + X_3 = 83,31$ |

Una vez definidas las coordenadas de los pseudocomponente, así como, los límites proteína foliar, harina de trigo y huevo, se establecieron ecuaciones que permitieron las transformaciones de pseudocomponentes a componentes. Para tal fin se utilizó con el software Design-Expert 11 versión de prueba, como se detalla en la Tabla 11 mostrado a continuación.

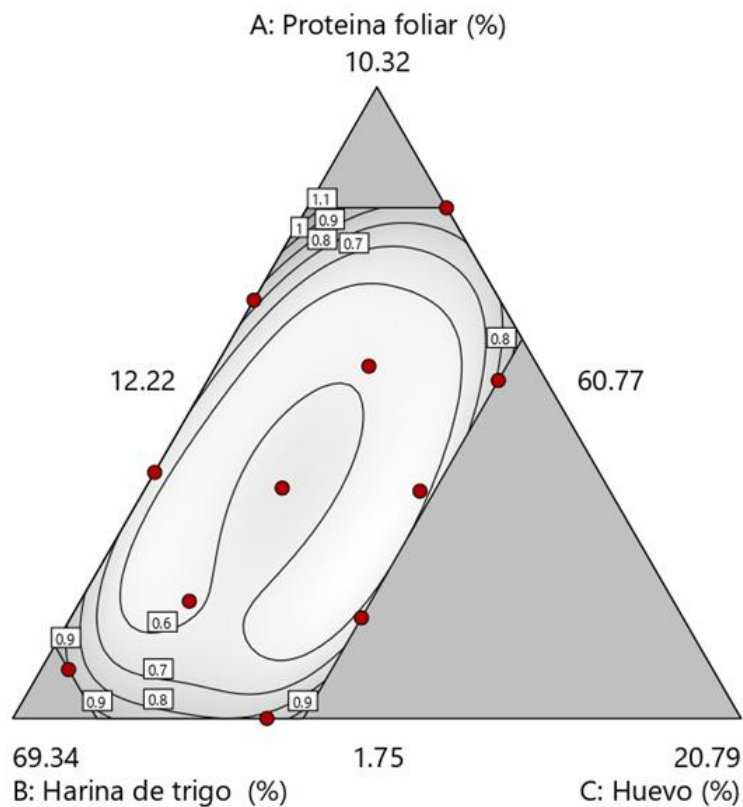


Figura 6. Gráfico del diseño mezclas D-optimal para la mezcla de proteína foliar, harina de trigo y huevo

A partir de la matriz experimental de la Tabla 11 diseñada con el software Desing Expert 11.0, se formularon y elaboraron las 11 pruebas experimentales, luego se evaluaron las variables dependientes como la humedad, aceptabilidad, proteína y β -caroteno, así como atributos de color, olor, sabor, textura y apariencia) de las pastas alimenticias formuladas. Posteriormente se construyó la gráfica de superficies de respuesta para determinar la influencia de las diferentes corridas o porcentajes de harina de trigo, concentrado proteico foliar de alfalfa y huevo sobre la aceptabilidad de las pastas según el: Diseño estadístico fue el diseño de mezclas D-optimal mediante la aplicación del software Design Expert 11(Anexo 01).

Tabla 11: Matriz experimental de las variables independientes y las dependientes, según el diseño experimental de mezclas D-óptimal.

| Tratamiento | Componente 1 A: Proteína foliar % | Componente 2 B: Harina de trigo % | Componente 3 C: Huevo % | Respuesta 1 aceptación sensorial | Respuesta 2 Humedad % | Respuesta 3 Proteína % | Respuesta 4 Hierro mg% | Respuesta 5 β - caroteno mg% |
|-------------|---|---|-------------------------------|--|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|--|
| 1 | 6,88167 | 62,5992 | 13,8292 | | | | | |
| 2 | 3,41667 | 65,1742 | 14,7192 | | | | | |
| 3 | 6,9 | 60,77 | 15,64 | | | | | |
| 4 | 1,75 | 65,92 | 15,64 | | | | | |
| 5 | 8,68 | 60,77 | 13,86 | | | | | |
| 6 | 5,08333 | 64,4283 | 13,7983 | | | | | |
| 7 | 1,75 | 67,135 | 14,425 | | | | | |
| 8 | 5,71 | 65,38 | 12,22 | | | | | |
| 9 | 2,74 | 68,35 | 12,22 | | | | | |
| 10 | 4,325 | 63,345 | 15,64 | | | | | |
| 11 | 8,68 | 62,41 | 12,22 | | | | | |

3.3.3.3 Determinación de la zona de formulación factible y localización numérica de la mezcla óptima usando el diseño experimental de mezclas D-óptimal.

La optimización simultánea de respuestas múltiples requirió construir un modelo de superficie de respuesta apropiado para cada variable respuesta y después intentar encontrar un conjunto de condiciones de operación que optimizara todas las respuestas o que al menos las mantenga dentro de rangos deseados previamente establecidos. Se construyeron los modelos de superficie de respuesta a partir de modelos matemáticos (lineales, cuadráticos, y cúbicos),

Se realizó la superposición de las gráficas de contorno de humedad, aceptación sensorial, proteína, hierro y β - carotenos (que fueron las variables respuesta que se ajustaron a un determinado modelo matemático) mediante el software Design Expert 11.0.0; teniendo en consideración que cuando hay más de tres variables respuesta resulta muy complicada la superposición de gráficas de contorno, ya que ésta es bidimensional. Se establecieron rangos (restricciones) para cada variable respuesta considerando si lo que se desea es un valor mínimo, máximo u objetivo (óptimo).

3.3.3.4 Evaluación de las pastas alimenticias fortificadas con proteína foliar de alfalfa.

Análisis Químico Proximal. - A partir de muestras de los 11 tratamientos previamente pulverizadas se efectuaron los análisis químicos proximales. Se aplicaron los mismos métodos usados para la proteína foliar de alfalfa, para determinar Humedad, cenizas, proteína, β -caroteno, hierro, calcio y magnesio.

Análisis microbiológico. - Se realizó siguiendo los métodos recomendados por la Comisión Internacional sobre especificaciones Microbiológicas para Alimentos (ICMSF) y comprendió la numeración de Hongos y numeración de coliformes.

Evaluación Sensorial.

Las pastas elaboradas en las diferentes formulaciones propuestas según el modelo Design Expert se evaluaron sensorialmente en el Laboratorio de Análisis sensorial e Instrumental de la Facultad de Bromatología y Nutrición, aplicando la escala hedónica estructurada de 9 puntos, donde el nivel de aceptabilidad se da entre el rango 1 “me

disgusta muchísimo” a 9 puntos “ me gusta muchísimo”. Participaron 10 panelistas semi entrenados para desarrollar la prueba. Las pastas fueron evaluadas después del proceso de cocción, sirviendo a cada panelista 80 g de cada pasta formulada y libre de aderezos

Escala de valoración: 9 me gusta muchísimo, 8 me gusta mucho, 7 me gusta bastante, 6 me gusta ligeramente, 5 ni me gusta ni me disgusta, 4me disgusta ligeramente, 3 me disgusta bastante, 2 me disgusta mucho, 1 me disgusta muchísimo.

Se calculó el % de aceptabilidad de la pasta alimenticia fortificada con proteína foliar de alfalfa, empleando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Aceptabilidad} = (N/\text{No}) \times 100$$

Donde:

N = N° de personas que prefirieron la pasta alimenticia X

No= Número total de personas encuestadas.

3.4 Técnicas para el procesamiento de la información

Se utilizó el programa estadístico Design Expert v11.0 y Xlstat 2018 en sus versiones de prueba en el cual se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) para establecer si existía diferencia significativa entre las medias.

El diseño estadístico se empleó para evaluar el efecto que causa la concentración de concentrado proteico foliar de alfalfa sobre la humedad, Aceptabilidad, color, olor, sabor, textura proteína, contenido de hierro y β -caroteno de la pasta alimenticia fortificada con proteína foliar de alfalfa.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Análisis de resultados

4.1.1. Análisis proximal de variables independientes

Tabla 12. Análisis químico proximal de la proteína foliar de alfalfa (*Medicago sativa*) expresado en base seca

| Nutrientes | Contenido |
|-------------------|------------------|
| Humedad (%) | 9,49 ± 0,24 |
| Proteína (%) | 52,1 ± 0,28 |
| Cenizas (%) | 3,09 ± 0,05 |
| Calcio (mg%) | 952,75 ± 0,80 |
| Hierro (mg%) | 58,85 ± 0,10 |
| Magnesio (mg%) | 126,68 ± 0,30 |
| β-caroteno (mg%) | 79,8 ± 0,57 |

Tabla 13. Análisis químico proximal de la harina de trigo, expresado en base seca

| Nutrientes | Contenido |
|-------------------|------------------|
| Humedad (%) | 11,91 ± 0,15 |
| Proteína (%) | 9,92 ± 0,04 |
| Cenizas (%) | 0,49 ± 0,02 |
| Calcio (mg%) | 15,98 ± 0,13 |
| Hierro (mg%) | 0,98 ± 0,02 |

Tabla 14: *Análisis químico proximal del huevo.*

| Nutrientes | Contenido |
|-------------------|------------------|
| Agua (%) | 74,75 ± 1,48 |
| Proteína (%) | 12,55 ± 0,21 |
| ceniza (%) | 11,00 ± 0,14 |
| Calcio (mg%) | 32,85 ± 0,91 |
| Hierro (mg%) | 2,60 ± 0,28 |
| Vitamina A (ugER) | 139,15 ± 2,76 |

La composición química proximal de los insumos para la formulación de la pasta alimenticia fortificada presentan valores diferenciados, como es el caso en la proteína, la harina de trigo tiene 9,92%, la proteína foliar de alfalfa tiene 52,1% y el huevo 12,55% así como los micronutrientes las concentraciones son mayores y con excepción del β . caroteno que no lo contienen la harina de trigo, pero el huevo contiene 139,15ug Equivalente retinol de vitamina A, tal como se muestra en las Tablas 12, 13 y 14.

4.1.2. Diseño y formulación de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa.

Se formularon y elaboraron 11 pruebas experimentales de pastas alimenticias fortificado según el diseño de mezclas con el software Desing Expert v 11.0. Los valores de las variables dependientes como % humedad, aceptabilidad, proteína, hierro y β -caroteno, así como los valores de atributos de color, olor, sabor, textura y apariencia se aprecian en el Anexo 02 y Anexo 03).

A continuación, se realiza una evaluación detallada de la variable respuesta Humedad, Evaluación sensorial, proteína, hierro y β - caroteno,

4.1.2.1. Evaluación de la Humedad

Tabla 15. Resultado de los experimentos para la formulación de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa (*Medicago sativa*) – D optimal para la Humedad

| Corrida | Factor 1 | Factor 2 | Componente 3 | Respuesta |
|---------|-------------------------|-------------------------|---------------|--------------|
| | A: Proteína foliar % | B: Harina de Trigo % | C: Huevo % | Humedad % |
| 1 | 6,88167 | 62,5992 | 13,8292 | 29,91 |
| 2 | 3,41667 | 65,1742 | 14,7192 | 31,6 |
| 3 | 6,9 | 60,77 | 15,64 | 31,2 |
| 4 | 1,75 | 65,92 | 15,64 | 27,49 |
| 5 | 8,68 | 60,77 | 13,86 | 29,2 |
| 6 | 5,08333 | 64,4283 | 13,7983 | 29,76 |
| 7 | 1,75 | 67,135 | 14,425 | 27,21 |
| 8 | 5,71 | 65,38 | 12,22 | 29,81 |
| 9 | 2,74 | 68,35 | 12,22 | 28,63 |
| 10 | 4,325 | 63,345 | 15,64 | 27,79 |
| 11 | 8,68 | 62,41 | 12,22 | 30,68 |

Los valores de humedad corresponden a fideos frescos obteniendo valores en los diferentes tratamientos entre 27,21 a 31,6 %, (Tabla 15), valores dentro de lo permitido (35% máximo) por INDECOPI (1981).

Tabla 16. Análisis de varianza de los modelos aplicados a la variable respuesta humedad de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa.

| Modelo | Suma de cuadrados (SC) | Grado de libertad (GL) | Cuadrados medios (CM) | F | p | R ² | R ² ajustado | R ² predecido |
|-----------------|------------------------|------------------------|-----------------------|--------|--------|----------------|-------------------------|--------------------------|
| Lineal | 7,15 | 2 | 3,58 | 1,93 | 0,2065 | 0,3259 | 0,1573 | -0,1374 |
| Cuadrático | 9,83 | 5 | 1,97 | 0,8121 | 0,5876 | 0,4481 | -0,1037 | -1,3088 |
| Cúbico | 9,97 | 6 | 1,66 | 0,5549 | 0,7528 | 0,4542 | -0,3644 | -4,2316 |
| Cúbico especial | 15,50 | 9 | 1,72 | 0,2672 | 0,9149 | 0,7063 | -1,9367 | -409,9367 |

En la Tabla 16 se presentan los resultados del análisis de varianza de los modelos para la variable respuesta humedad de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa.

Al analizar los resultados se tuvo que ningún modelo matemático se ajustó al comportamiento de la variable respuesta humedad, ya que ninguno tuvo un coeficiente de determinación mayor o igual a 0,85 ($R^2 \geq 85\%$).

Además, la adición de proteína foliar de alfalfa no tuvo efecto significativo sobre la humedad ($p > 0,05$).

Tabla 17. Coeficientes de regresión del modelo lineal aplicado a la humedad de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa

| Variables | Coefficiente Estimada | G.L | Error Standard | -95% Límite de confianza | +95% Límite de confianza | VIF |
|-------------------|-----------------------|-----|----------------|--------------------------|--------------------------|------|
| A-Proteína foliar | 31,16 | 1 | 1,03 | 28,79 | 33,54 | 1,45 |
| B-Harina de trigo | 28,33 | 1 | 1,05 | 25,91 | 30,76 | 1,55 |
| C-Huevo | 28,12 | 1 | 2,19 | 23,07 | 33,17 | 1,91 |

En la Tabla 17 se presenta los coeficientes de la regresión del modelo lineal aplicado al atributo humedad de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa.

La estimación del coeficiente representa el cambio esperado en la respuesta por unidad de cambio en el valor del factor cuando todos los factores restantes se mantienen constantes. La intercepción en un diseño ortogonal es la respuesta promedio general de todas las ejecuciones. Los coeficientes son ajustes alrededor de ese promedio basados en la configuración del factor. Cuando los factores son ortogonales, los VIF son 1; Los VIF mayores que 1 indican la multicolinealidad, cuanto más alto es el VIF, más grave es la correlación de factores. Como regla general, los VIF de menos de 10 son tolerables.

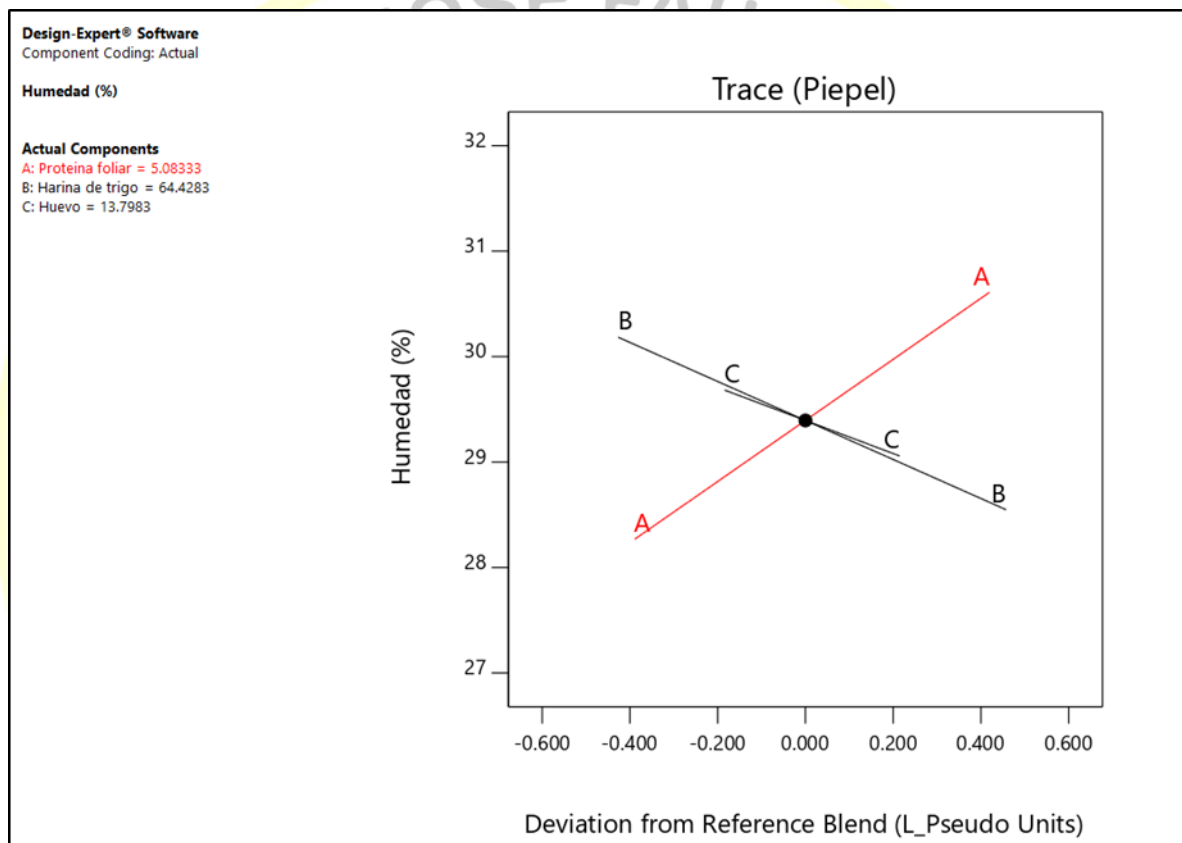


Figura 7. Comportamiento de las trazas para respuestas esperadas de la humedad, respecto a los componentes

En la figura 7 permite entender cómo es que se comportan los componentes y su importancia por si solos, nótese que a medida que aumenta en la mezcla la proteína foliar de alfalfa se incrementa la humedad. Lo contrario ocurre con la harina de trigo y el huevo, donde se observa un efecto negativo respecto a la humedad.

El modelo seleccionado fue usado para generar los contornos de las restricciones para la humedad de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa (Figura 8), en la cual se aprecia los valores de humedad representados por áreas; además, su representación gráfica en tres dimensiones (Figura 9).

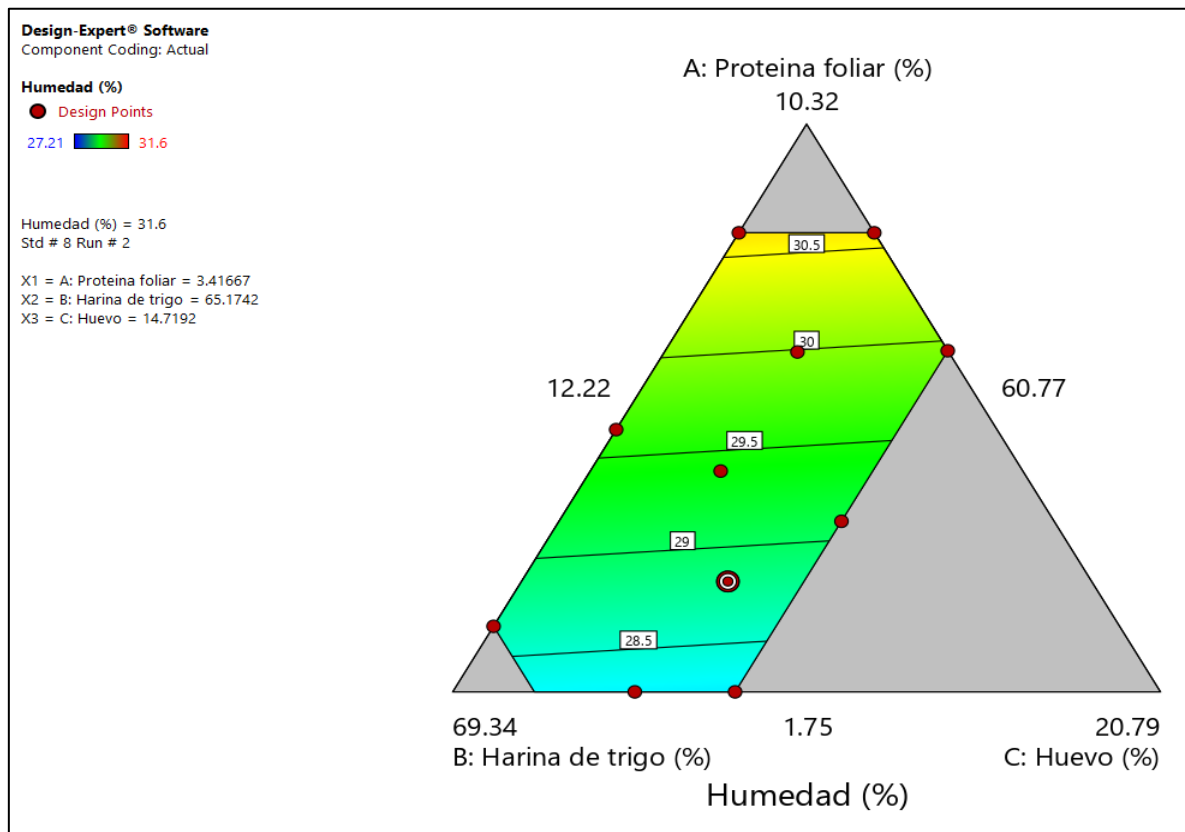


Figura 8. Representación gráfica de contorno para %humedad de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa

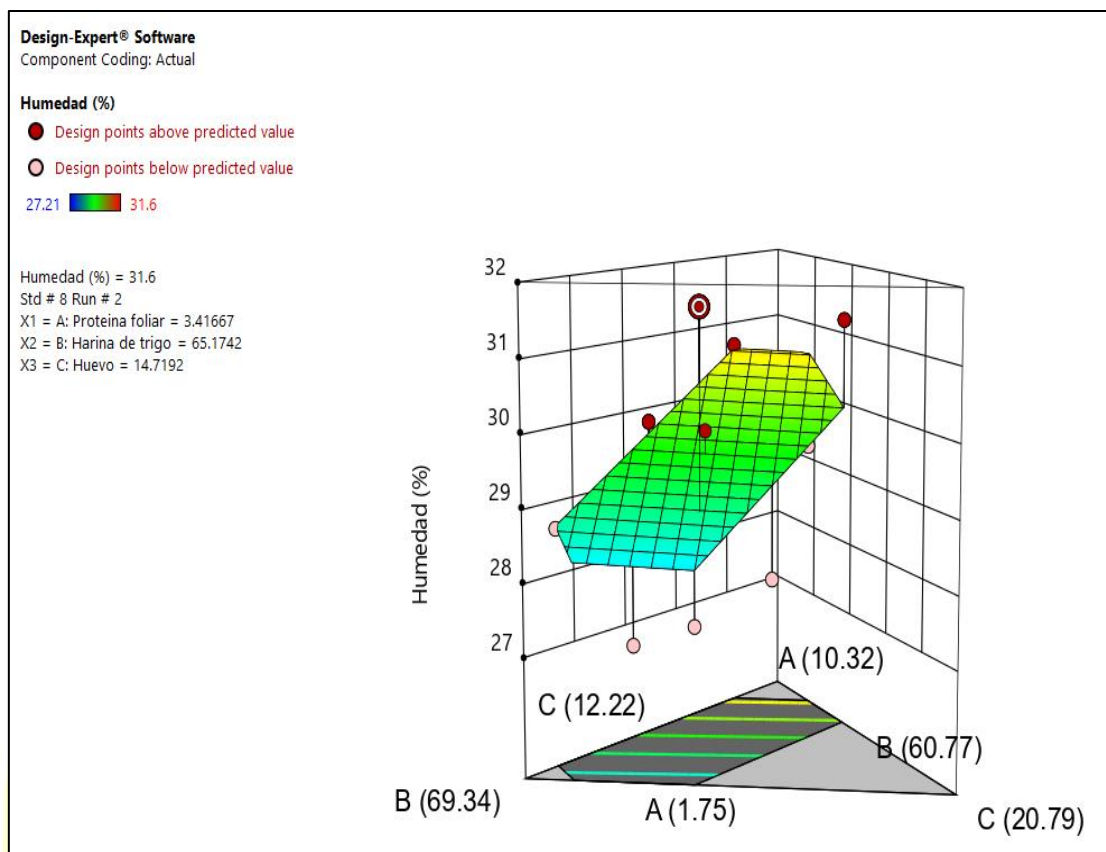


Figura 9. Representación gráfica de superficie de respuesta para % de humedad en las pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa.

4.1.2.2. Evaluación sensorial de la pasta alimenticia fortificado con proteína foliar de alfalfa

Se determinó que la aplicación de proteína foliar en la formulación de pastas tuvo incidencias significativas en el aspecto sensorial de la pasta alimenticia fortificado, según se detalla más adelante los resultados de la evaluación sensorial y el análisis estadístico.

La respuesta de los 10 jueces entrenados en cada atributo sensorial evaluado se muestra en los Anexos 04, 05 y 06. Las tablas 18, 19, 20, 21, 22 y Figuras 10 al 14, muestran las respuestas que se obtuvieron en el análisis sensorial: Color, Olor, Sabor, Textura y apariencia de los ensayos del diseño experimental.

a. Color

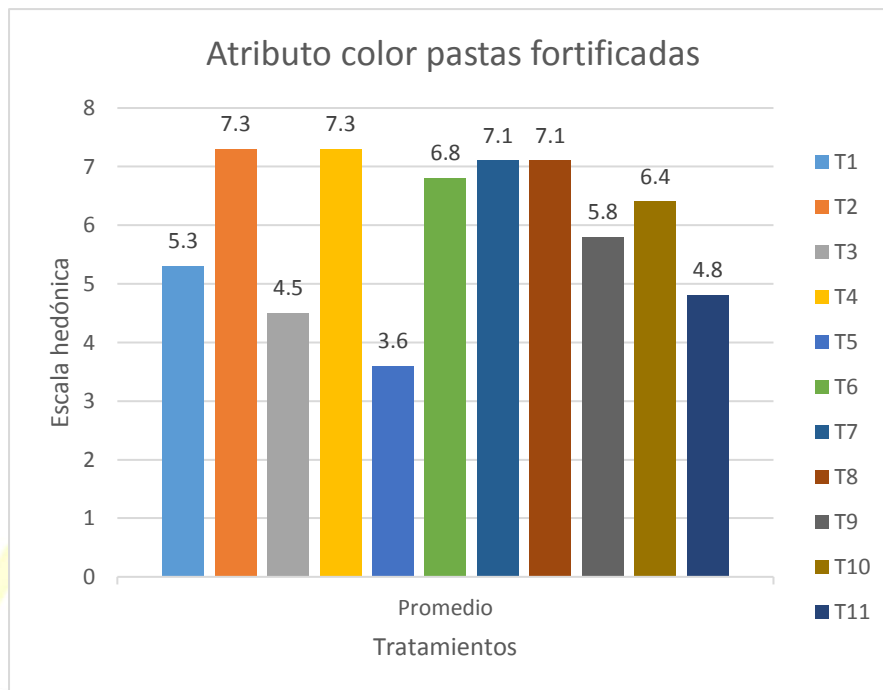


Figura 10. Análisis sensorial de color de los 11 tratamiento de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa.

Se observa que la pasta fortificada del tratamiento 2 y 4 fueron los de mayor puntuación a diferencia del tratamiento 5 de menor puntuación. A continuación se muestran los rangos promedio obtenidos estadísticamente mediante la prueba de Friedman para todos los tratamientos.

Tabla 18. Prueba de Friedman para análisis del color de las pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa.

| T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 | T10 | T11 | T ² | p |
|--|-------------|--------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|----------------|--------|
| 4,80 | 8,35 | 2,90 | 7,90 | 2,80 | 7,70 | 8,10 | 7,80 | 5,20 | 6,75 | 3,70 | 7,97 | 0,0001 |
| <i>Mínima diferencia significativa entre suma de rangos = 21,681</i> | | | | | | | | | | | | |
| Tratamiento | Suma(Ranks) | Media(Ranks) | n | | | | | | | | | |
| T5 | 28,00 | 2,80 | 10 A | | | | | | | | | |
| T3 | 29,00 | 2,90 | 10 A B | | | | | | | | | |
| T11 | 37,00 | 3,70 | 10 A B C | | | | | | | | | |
| T1 | 48,00 | 4,80 | 10 A B C D | | | | | | | | | |
| T9 | 52,00 | 5,20 | 10 C D E | | | | | | | | | |
| T10 | 67,50 | 6,75 | 10 D E F | | | | | | | | | |
| T6 | 77,00 | 7,70 | 10 F | | | | | | | | | |
| T8 | 78,00 | 7,80 | 10 F | | | | | | | | | |
| T4 | 79,00 | 7,90 | 10 F | | | | | | | | | |
| T7 | 81,00 | 8,10 | 10 F | | | | | | | | | |
| T2 | 83,50 | 8,35 | 10 F | | | | | | | | | |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,050$)

b. Olor

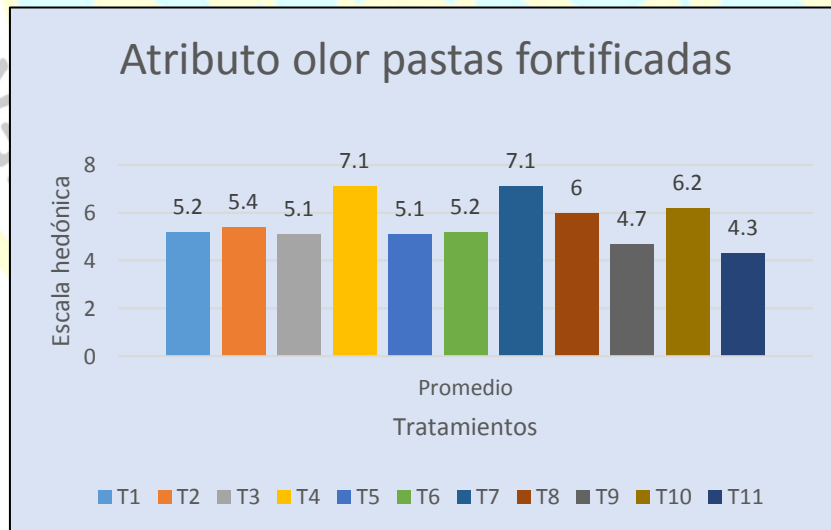


Figura 11. Análisis sensorial de olor de los 11 tratamiento de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa.

En la figura 11 se aprecia que el atributo olor representa el más alto puntaje en los tratamientos 4 y 7 con un valor de 7,1

Tabla 18. Prueba de Friedman para análisis del olor de las pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa.

| T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 | T10 | T11 | T ² | p |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------------|--------|
| 4,70 | 6,15 | 5,00 | 8,25 | 4,95 | 5,65 | 8,90 | 7,00 | 4,60 | 7,10 | 3,70 | 3,77 | 0,0003 |

Mínima diferencia significativa entre suma de rangos = 23,717

| Tratamiento | Suma(Ranks) | Media(Ranks) | n | |
|-------------|-------------|--------------|----|-------------|
| T11 | 37,00 | 3,70 | 10 | A |
| T9 | 46,00 | 4,60 | 10 | A B |
| T1 | 47,00 | 4,70 | 10 | A B C |
| T5 | 49,50 | 4,95 | 10 | A B C D |
| T3 | 50,00 | 5,00 | 10 | A B C D E |
| T6 | 56,50 | 5,65 | 10 | A B C D E F |
| T2 | 61,50 | 6,15 | 10 | B C D E F G |
| T8 | 70,00 | 7,00 | 10 | C D E F G H |
| T10 | 71,00 | 7,10 | 10 | D E F G H |
| T4 | 82,50 | 8,25 | 10 | G H |
| T7 | 89,00 | 8,90 | 10 | H |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,050$)

c. Sabor

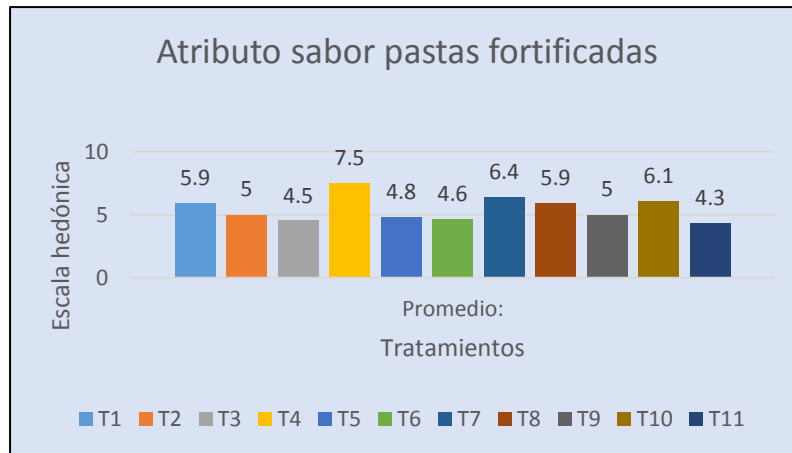


Figura 12: Análisis sensorial de sabor de los 11 tratamiento de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa.

El atributo sabor de las pastas fortificado con proteína foliar alfalfa el tratamiento 4 alcanzó el valor de 7,5 en relación a la escala hedónica de me gusta bastante.

Tabla 20. Prueba de Friedman para análisis del sabor de las pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa.

| T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 | T10 | T11 | T ² | p |
|---|-------------|--------------|------|-------------|------|------|------|------|------|------|----------------|--------|
| 7,05 | 4,90 | 5,05 | 9,35 | 4,00 | 4,80 | 7,00 | 7,05 | 5,05 | 7,40 | 4,35 | 3,39 | 0,0009 |
| Mínima diferencia significativa entre suma de rangos = 25.344 | | | | | | | | | | | | |
| Tratamiento | Suma(Ranks) | Media(Ranks) | N | | | | | | | | | |
| T5 | 40,00 | 4,00 | 10 | A | | | | | | | | |
| T11 | 43,50 | 4,35 | 10 | A B | | | | | | | | |
| T6 | 48,00 | 4,80 | 10 | A B C | | | | | | | | |
| T2 | 49,00 | 4,90 | 10 | A B C D | | | | | | | | |
| T3 | 50,50 | 5,05 | 10 | A B C D E | | | | | | | | |
| T9 | 50,50 | 5,05 | 10 | A B C D E F | | | | | | | | |
| T7 | 70,00 | 7,00 | 10 | C D E F G | | | | | | | | |
| T1 | 70,50 | 7,05 | 10 | C D E F G | | | | | | | | |
| T8 | 70,50 | 7,05 | 10 | C D E F G | | | | | | | | |
| T10 | 74,00 | 7,40 | 10 | D E F G | | | | | | | | |
| T4 | 93,50 | 9,35 | 10 | G | | | | | | | | |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,050$)

El tratamiento 5 de la pasta fortificada difiere significativamente del tratamiento 4 a diferencia de los otros tratamientos que no son significativamente diferentes.

d. Textura

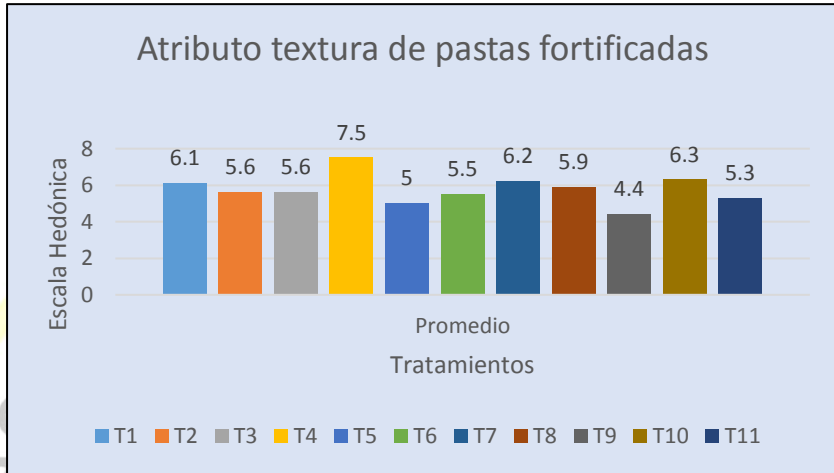


Figura 13. Análisis sensorial de textura de los 11 tratamiento de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa.

Tabla 21. Prueba de Friedman para análisis de la textura de las pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa.

| T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 | T10 | T11 | T ² | p |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------------|--------|
| 6,10 | 5,65 | 6,10 | 8,25 | 4,80 | 5,90 | 6,70 | 6,50 | 3,75 | 7,00 | 5,25 | 1,82 | 0,0681 |

Mínima diferencia significativa entre suma de rangos : 24.659

| Tratamiento | Suma(Ranks) | Media(Ranks) | n | |
|-------------|-------------|--------------|----|-----------|
| T9 | 37,50 | 3,75 | 10 | A |
| T5 | 48,00 | 4,80 | 10 | A B |
| T11 | 52,50 | 5,25 | 10 | A B C |
| T2 | 56,50 | 5,65 | 10 | A B C D |
| T6 | 59,00 | 5,90 | 10 | A B C D E |
| T1 | 61,00 | 6,10 | 10 | A B C D E |
| T3 | 61,00 | 6,10 | 10 | A B C D E |
| T8 | 65,00 | 6,50 | 10 | B C D E |
| T7 | 67,00 | 6,70 | 10 | B C D E |
| T10 | 70,00 | 7,00 | 10 | B C D E |
| T4 | 82,50 | 8,25 | 10 | E |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,050$)

Igualmente en el atributo textura el T4 alcanzó el mayor valor en la escala hedónica a diferencia del T9 con un valor de 4,4 lo cual demuestra que existe diferencias significativas entre estos tratamientos.

e. Apariencia

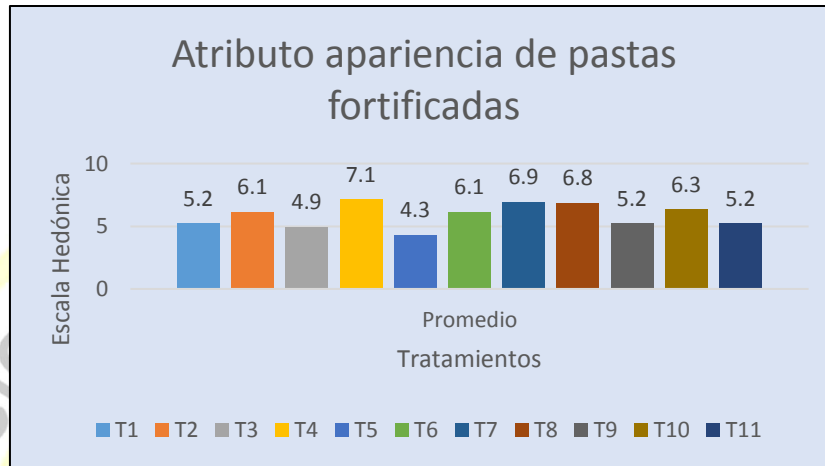


Figura 14. Análisis sensorial de apariencia de los 11 tratamiento de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa,

Tabla 22. Prueba de Friedman para análisis de la apariencia de las pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa.

| T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 | T10 | T11 | T ² | p |
|---|-------------|--------------|------|-----------|------|------|------|------|------|------|----------------|--------|
| 4,95 | 7,00 | 4,20 | 7,75 | 3,20 | 6,90 | 7,90 | 7,80 | 5,20 | 6,45 | 4,65 | 3,35 | 0,0010 |
| Mínima diferencia significativa entre suma de rangos = 25.030 | | | | | | | | | | | | |
| Tratamiento | Suma(Ranks) | Media(Ranks) | N | | | | | | | | | |
| T5 | 32,00 | 3,20 | 10 | A | | | | | | | | |
| T3 | 42,00 | 4,20 | 10 | A B | | | | | | | | |
| T11 | 46,50 | 4,65 | 10 | A B C | | | | | | | | |
| T1 | 49,50 | 4,95 | 10 | A B C D | | | | | | | | |
| T9 | 52,00 | 5,20 | 10 | A B C D E | | | | | | | | |
| T10 | 64,50 | 6,45 | 10 | B C D E F | | | | | | | | |
| T6 | 69,00 | 6,90 | 10 | C D E F | | | | | | | | |
| T2 | 70,00 | 7,00 | 10 | C D E F | | | | | | | | |
| T4 | 77,50 | 7,75 | 10 | F | | | | | | | | |
| T8 | 78,00 | 7,80 | 10 | F | | | | | | | | |
| T7 | 79,00 | 7,90 | 10 | F | | | | | | | | |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,050$)

En relación al atributo apariencia el T4 alcanzó el mayor valor en la escala hedónica a diferencia del T5 con un valor bajo, lo cual demuestra que existe diferencias significativas entre estos tratamientos.

Tabla 23. Resultados de la evaluación sensorial de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa.

| Corrida | Componente 1 A: Proteína foliar % | Componente 2 B: Harina de Trigo % | Componente 3 C: Huevo % | Respuesta Aceptación sensorial % |
|---------|---|--|-------------------------------|---|
| 1 | 6,88167 | 62,5992 | 13,8292 | 5,5 |
| 2 | 3,41667 | 65,1742 | 14,7192 | 5,9 |
| 3 | 6,9 | 60,77 | 15,64 | 4,8 |
| 4 | 1,75 | 65,92 | 15,64 | 7,3 |
| 5 | 8,68 | 60,77 | 13,86 | 4,9 |
| 6 | 5,08333 | 64,4283 | 13,7983 | 5,6 |
| 7 | 1,75 | 67,135 | 14,425 | 6,7 |
| 8 | 5,71 | 65,38 | 12,22 | 6,3 |
| 9 | 2,74 | 68,35 | 12,22 | 5,0 |
| 10 | 4,325 | 63,345 | 15,64 | 6,3 |
| 11 | 8,68 | 62,41 | 12,22 | 4,6 |

La tabla 23 muestra las respuestas que se obtuvieron en el análisis sensorial de Aceptabilidad de los ensayos del diseño experimental.

Tabla 19. *Análisis de varianza de los modelos aplicados a la variable respuesta aceptabilidad sensorial de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa.*

| Modelo | Suma de cuadrados (SC) | Grado de libertad (GL) | Cuadrados medios (CM) | F | p | R ² | R ² ajustado | R ² predecido |
|-----------------|------------------------|------------------------|-----------------------|------|--------|----------------|-------------------------|--------------------------|
| Lineal | 4,47 | 2 | 2,23 | 5,86 | 0,0271 | 0,5945 | 0,4931 | -0,0262 |
| Cuadrático | 6,05 | 5 | 1,21 | 4,13 | 0,0729 | 0,8050 | 0,6100 | -0,6203 |
| Cúbico especial | 6,63 | 6 | 1,10 | 4,96 | 0,0714 | 0,8816 | 0,7040 | -0,9637 |
| Cúbico | 6,94 | 9 | 0,7717 | 1,35 | 0,5882 | 0,9240 | 0,2398 | -105,3807 |

En la Tabla 24 se muestra el análisis de varianza para determinar el modelo adecuado para la variable respuesta aceptabilidad de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa por el software Desing Expert 11 versión de prueba.

Tabla 20. *Análisis de varianza del modelo lineal para la variable respuesta Aceptabilidad sensorial de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa.*

| Fuente | Suma de cuadrados | G.L | Cuadrado medio | Valor F | Valor P | Significancia |
|-------------------------------|-------------------|-----|----------------|---------|---------|----------------------|
| Model | 4,47 | 2 | 2,23 | 5,86 | 0,0271 | significativo |
| ⁽¹⁾ Linear Mixture | 4,47 | 2 | 2,23 | 5,86 | 0,0271 | |
| Residual | 3,05 | 8 | 0,3810 | | | |
| Total | 7,52 | 10 | | | | |

En la tabla 25 se presenta los resultados del ANOVA del modelo lineal con una significancia de $p < 0,05$ y con un valor F de 5,86 también significativos. Este modelo fue el que más se ajustó estadísticamente al comportamiento de la aceptabilidad sensorial, con un valor p igual a 0,0271 ($p < 0,05$) y un coeficiente de determinación (R^2) de 0,5945

Tabla 21: *Coefficientes de regresión del modelo lineal aplicado a la aceptabilidad sensorial de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa.*

| Variables | Coefficiente Estimada | G.L | Error Standard | -95% Límite de confianza | +95% Límite de confianza | VIF |
|-------------------|-----------------------|-----|----------------|--------------------------|--------------------------|------|
| A-Proteína foliar | 4,25 | 1 | 0,4673 | 3,18 | 5,33 | 1,45 |
| B-Harina de trigo | 6,24 | 1 | 0,4766 | 5,14 | 7,34 | 1,55 |
| C-Huevo | 7,44 | 1 | 0,9940 | 5,14 | 9,73 | 1,91 |

En la Tabla 26 se presenta los coeficientes de la regresión del modelo lineal aplicado a la aceptabilidad sensorial.

La estimación del coeficiente representa el cambio esperado en la respuesta por unidad de cambio en el valor del factor cuando todos los factores restantes se mantienen constantes. La intersección en un diseño ortogonal es la respuesta promedio general de todas las corridas. Los coeficientes son ajustes en torno a ese promedio en función de la configuración del factor. Cuando los factores son ortogonales, los VIF son 1; Los VIF mayores que 1 indican multi-colinearidad, cuanto mayor es el VIF, más grave es la correlación de los factores. Como regla general, las VIF inferiores a 10 son tolerables.

Modelando matemáticamente, la ecuación ajustada del modelo lineal para la variable respuesta Aceptabilidad sensorial fue la siguiente:

$$\text{Aceptación sensorial} = +4,25A + 6,24B + 7,44C$$

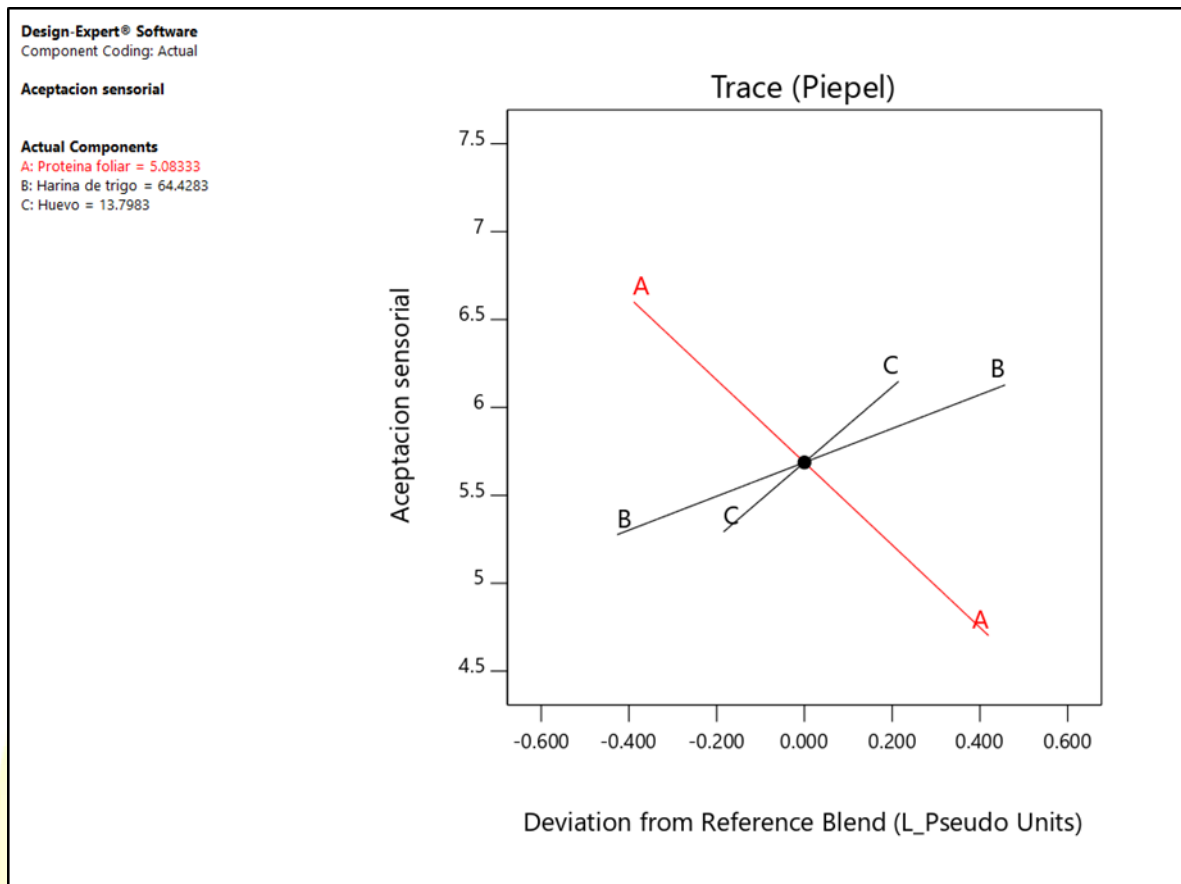


Figura 15. *Comportamiento de las trazas para respuestas esperadas para aceptabilidad sensorial respecto a los componentes.*

En la figura 15 permite entender cómo es que se comportan los componentes y su importancia por sí solos, nótese que a medida que disminuye en la mezcla la proteína foliar de alfalfa se incrementa la aceptabilidad sensorial por parte de los panelistas. Lo mismo ocurre con la harina de trigo, donde se observa un efecto positivo respecto a la aceptabilidad de la pasta fortificada.

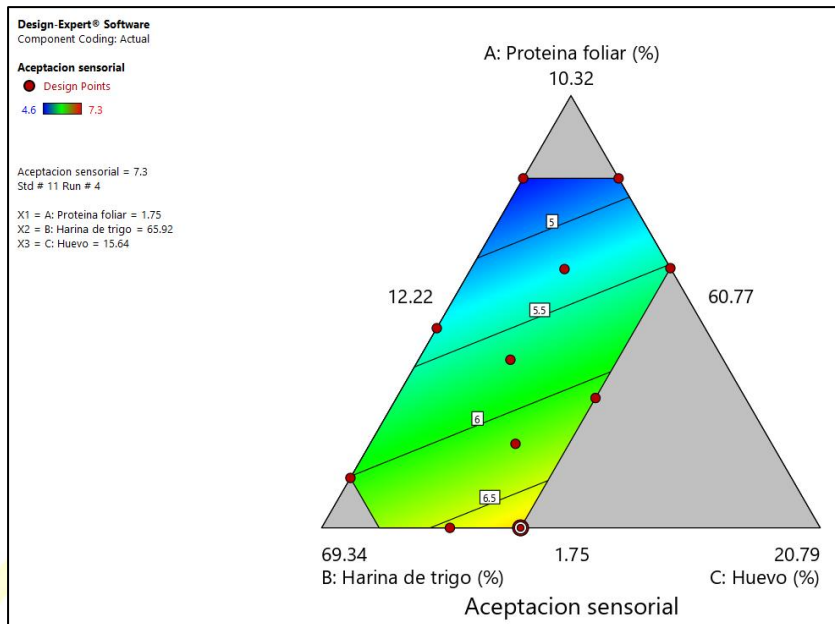


Figura 16. Representación de la gráfica de contornos para aceptación sensorial de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa.

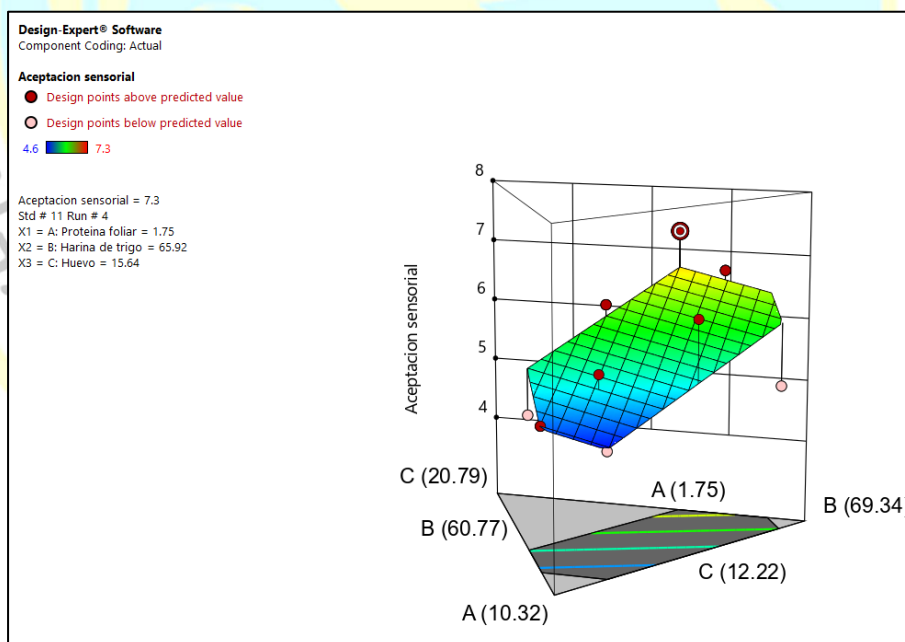


Figura 17. Representación de la gráfica de superficie de respuesta para aceptación sensorial de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa

El modelo seleccionado fue usado para generar los contornos de las restricciones para la aceptabilidad sensorial de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa (Figura 16), en la cual se aprecia los valores de la aceptación sensorial representados por áreas; además, su representación gráfica en tres dimensiones (Figura 17).

4.1.2.3. Evaluación del contenido de proteína

Tabla 22. Contenido de Proteína en pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa.

| Corrida | Componente 1 A: Proteína foliar % | Componente 2 B: Harina de Trigo % | Componente 3 C: Huevo % | Respuesta Proteína % |
|---------|---|--|-------------------------------|----------------------------|
| 1 | 6,88167 | 62,5992 | 13,8292 | 13,79 |
| 2 | 3,41667 | 65,1742 | 14,7192 | 11,47 |
| 3 | 6,9 | 60,77 | 15,64 | 16,12 |
| 4 | 1,75 | 65,92 | 15,64 | 10,2 |
| 5 | 8,68 | 60,77 | 13,86 | 15,14 |
| 6 | 5,08333 | 64,4283 | 13,7983 | 13,26 |
| 7 | 1,75 | 67,135 | 14,425 | 10,92 |
| 8 | 5,71 | 65,38 | 12,22 | 13,44 |
| 9 | 2,74 | 68,35 | 12,22 | 11,42 |
| 10 | 4,325 | 63,345 | 15,64 | 12,07 |
| 11 | 8,68 | 62,41 | 12,22 | 15,68 |

En la Tabla 27 se muestra el contenido de proteína de pastas alimenticias fortificadas con proteína foliar de alfalfa de los 11 tratamientos evaluados, observándose que a medida que se incrementan el concentrado foliar de alfalfa el porcentaje de proteína aumenta.

Tabla 23. Análisis de varianza de los modelos aplicados a la variable respuesta % proteína de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa.

| Modelo | Suma de cuadrados (SC) | Grado de libertad (GL) | Cuadrados medios (CM) | F | p | R ² | R ² ajustado | R ² predicho |
|-----------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-------|--------|----------------|-------------------------|-------------------------|
| Lineal | 36,13 | 2 | 18,06 | 35,26 | 0,0001 | 0,8981 | 0,8727 | 0,7746 |
| Cuadrático | 37,62 | 5 | 7,52 | 14,41 | 0,0054 | 0,9351 | 0,8702 | 0,4103 |
| Cubico especial | 38,28 | 6 | 6,38 | 13,11 | 0,0132 | 0,9516 | 0,8790 | 0,0580 |
| Cúbico | 39,98 | 9 | 4,44 | 17,87 | 0,1817 | 0,9938 | 0,9382 | -7,6459 |

Asimismo, en la Tabla 28 se presentan los resultados del análisis de varianza de los modelos para la variable respuesta % de proteína. Al analizar los resultados se tuvo que los cuatro modelos, el modelo lineal es el que se ajusta al comportamiento de la variable respuesta % proteína, con un valor p igual a 0,0001 ($p < 0,05$) y un coeficiente de determinación (R^2) de 0,8981.

El R^2 predicho de 0,7746 está razonablemente de acuerdo con el R^2 ajustado de 0,8727 es decir, la diferencia es menor que 0,2.

Tabla 24. Análisis de varianza del modelo lineal para la variable respuesta % proteína de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa.

| Fuente | Suma de cuadrados | G.L | Cuadrado medio | Valor F | Valor p | Significancia |
|-----------------|-------------------|-----|----------------|---------|---------|----------------------|
| Model | 36,13 | 2 | 18,06 | 35,26 | 0,0001 | significativo |
| Linear Mixture | 36,13 | 2 | 18,06 | 35,26 | 0,0001 | |
| Residual | 4,10 | 8 | 0,5123 | | | |
| Total | 40,23 | 10 | | | | |

En la Tabla 29 se presentan los resultados del ANOVA para el modelo lineal con una significancia de $p < 0,05$.

El valor F del modelo de 35,26 implica que el modelo es significativo. Solo hay un 0.01% de probabilidad de que un valor F tan grande pueda ocurrir debido al ruido.

Los valores de p inferiores a 0,0500 indican que los términos del modelo son significativos. En este caso, A, B, C son términos significativos del modelo.

Tabla 30. *Coefficientes de regresión del modelo lineal aplicado al % de proteína de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa*

| Variables | Coefficiente Estimada | G.L | Error Standard | -95% Límite de confianza | +95% Límite de confianza | VIF |
|-------------------|-----------------------|-----|----------------|--------------------------|--------------------------|------|
| A-Proteína foliar | 16,88 | 1 | 0,5419 | 15,63 | 18,13 | 1,45 |
| B-Harina de trigo | 10,31 | 1 | 0,5527 | 9,04 | 11,59 | 1,55 |
| C-Huevo | 11,17 | 1 | 1,15 | 8,51 | 13,82 | 1,91 |

En la Tabla 30 se presenta los coeficientes de la regresión del modelo lineal aplicado al % de proteína.

La estimación del coeficiente representa el cambio esperado en la respuesta por unidad de cambio en el valor del factor cuando todos los factores restantes se mantienen constantes. La intersección en un diseño ortogonal es la respuesta promedio general de todas las corridas. Los coeficientes son ajustes en torno a ese promedio en función de la configuración del factor. Cuando los factores son ortogonales, los VIF son 1; Los VIF mayores que 1 indican multi-colinearidad, cuanto mayor es el VIF, más grave es la correlación de los factores. Como regla general, las VIF inferiores a 10 son tolerables.

Modelando matemáticamente, la ecuación ajustada del modelo lineal para la variable respuesta % de proteína fue la siguiente:

$$\% \text{ Proteína} = +16,88A + 10,31B + 11,17C$$

La ecuación en términos de factores codificados se puede usar para hacer predicciones sobre la respuesta para niveles dados de cada factor. Por defecto, los niveles altos de los componentes de la mezcla se codifican como +1 y los niveles bajos se codifican como 0. La ecuación codificada es útil para identificar el impacto relativo de los factores al comparar los coeficientes de factores.

En la ecuación matemática se puede observar el efecto de las concentraciones puras de la proteína foliar, harina de trigo y huevo en el % de proteína de la pasta alimenticia

fortificada. Se observa que individualmente, el efecto de la proteína foliar de alfalfa es mayor, seguido por el huevo y finalmente la harina de trigo.

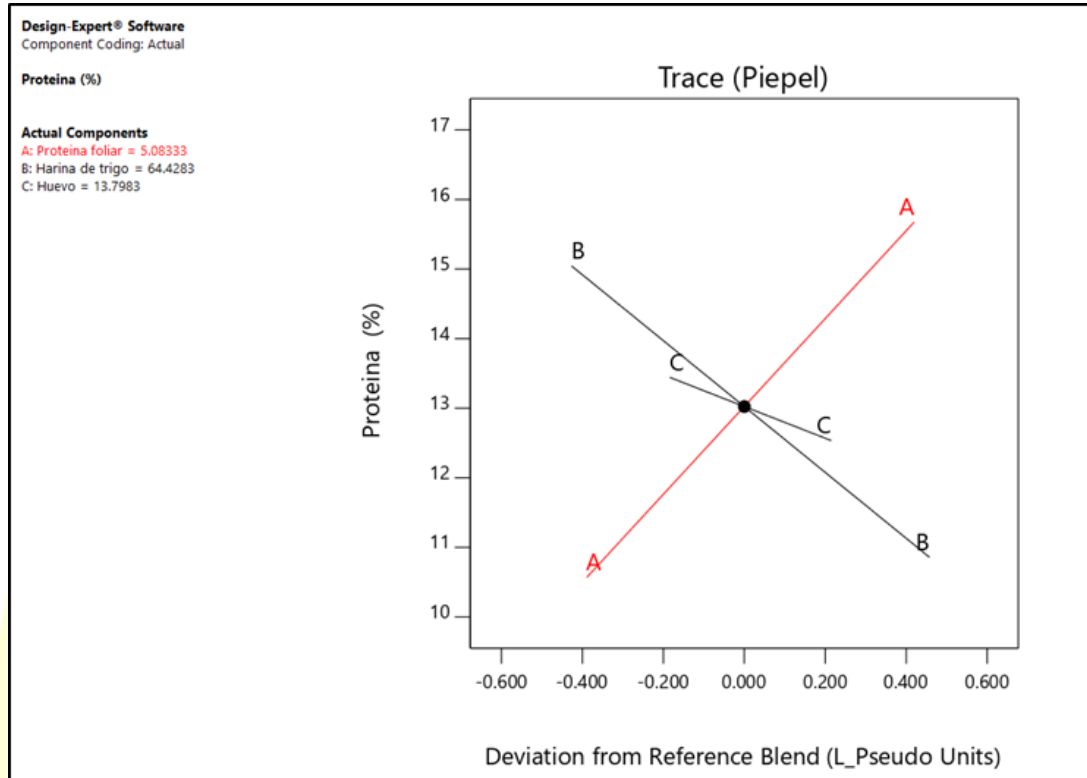


Figura 18. Comportamiento de las trazas para respuestas esperadas para % de proteína respecto a los componentes.

En la figura 18 permite entender cómo es que se comportan los componentes y su importancia por sí solos, nótese que a medida que se aumenta en la mezcla la proteína foliar se incrementa el % de proteína en la pasta. Lo mismo ocurre con la harina de trigo, donde se observa un efecto positivo respecto al contenido proteico de la pasta fortificada.

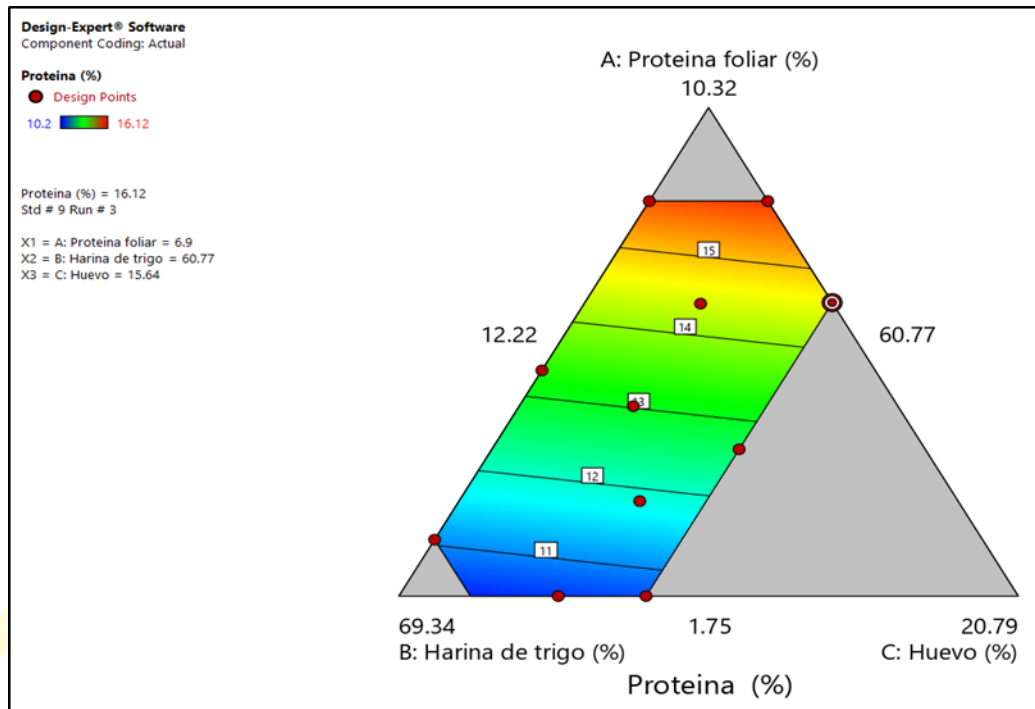


Figura 19. Representación de la gráfica de contornos para % proteína de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa

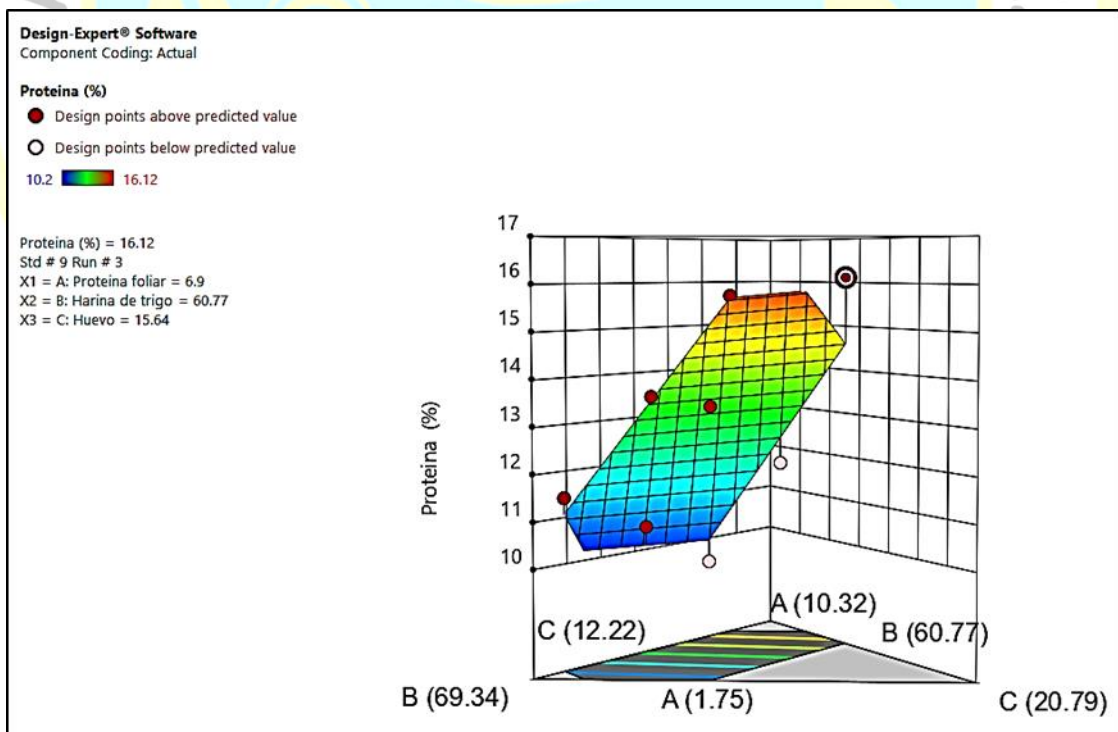


Figura 20. Representación de la gráfica de superficie de respuesta para el % proteína de pastas alimenticias fortificadas con proteína foliar de alfalfa.

El modelo seleccionado fue usado para generar los contornos de las restricciones para % proteína de pastas alimenticias fortificadas con proteína foliar de alfalfa (Figura 19), en la cual se aprecia los valores de proteína representados por áreas; además, su representación gráfica en tres dimensiones (Figura 20).

4.1.2.4. Evaluación del contenido de Hierro.

Tabla 25. *Contenido de hierro (mg%) en pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa.*

| Corrida | Factor 1 A: Proteína foliar % | Factor 2 B: Harina de Trigo % | Componente 3 C: Huevo % | Respuesta Hierro mg % |
|---------|-------------------------------------|--|-------------------------------|-----------------------------|
| 1 | 6,88167 | 62,5992 | 13,292 | 6,49 |
| 2 | 3,41667 | 65,1742 | 14,7192 | 4,08 |
| 3 | 6,9 | 60,77 | 15,64 | 8,34 |
| 4 | 1,75 | 65,92 | 15,64 | 2,38 |
| 5 | 8,68 | 60,77 | 13,86 | 8,23 |
| 6 | 5,08333 | 64,4283 | 13,7983 | 5,09 |
| 7 | 1,75 | 67,135 | 14,425 | 2,45 |
| 8 | 5,71 | 65,38 | 12,22 | 5,73 |
| 9 | 2,74 | 6835 | 12,22 | 3,35 |
| 10 | 4,325 | 63,345 | 15,64 | 4,44 |
| 11 | 8,68 | 62,41 | 12,22 | 8,28 |

En la Tabla 31 se muestra el contenido de hierro de muestras de pastas alimenticias fortificadas con proteína foliar de alfalfa de los 11 tratamientos evaluados, siendo los tratamientos 3, 5 y 11 con mayor contenido de hierro.

Tabla 26. Análisis de varianza de los modelos aplicados a la variable respuesta mg% de hierro de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa.

| Modelo | Suma de cuadrados (SC) | Grado de libertad | Cuadrados medios (CM) | F | p | R ² | R ² ajustado | R ² predecido |
|-----------------|------------------------|-------------------|-----------------------|-------|----------|----------------|-------------------------|--------------------------|
| Lineal | 48,97 | 2 | 24,48 | 96,26 | < 0,0001 | 0,9601 | 0,9501 | 0,9090 |
| Cuadrático | 49,99 | 5 | 10,00 | 49,59 | 0,0003 | 0,9802 | 0,9605 | 0,8418 |
| Cúbico especial | 50,27 | 6 | 8,38 | 45,90 | 0,0012 | 0,9857 | 0,9642 | 0,7748 |
| Cúbico | 50,75 | 9 | 5,64 | 22,09 | 0,1637 | 0,9950 | 0,9500 | -6,0026 |

En la Tabla 32 se presentan los resultados del análisis de varianza de los modelos para la variable respuesta mg% de hierro.

Tabla 27: Análisis de varianza del modelo lineal para la variable respuesta al mg% de hierro de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa

| Fuente | Suma de cuadrados | G.L | Cuadrado medio | Valor F | Valor p | Significancia |
|-----------------|-------------------|-----|----------------|---------|----------|---------------|
| Model | 48,97 | 2 | 24,48 | 96,26 | < 0,0001 | significativo |
| Linear Mixture | 48,97 | 2 | 24,48 | 96,26 | < 0,0001 | |
| Residual | 2,03 | 8 | 0,2544 | | | |
| Total | 51,00 | 10 | | | | |

En la Tabla 33 se presentan los resultados del ANOVA para el modelo lineal, el valor F del modelo de 96,26 implica que el modelo es significativo. Solo hay un 0,01% de probabilidad de que un valor F tan grande pueda ocurrir debido al ruido.

Los valores de p inferiores a 0,0500 indican que los términos del modelo son significativos. En este caso A, B y C son términos significativos del modelo.

Tabla 28: *Coefficientes de regresión del modelo lineal aplicado al mg% de hierro de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa.*

| Variables | Coefficiente Estimada | G.L | Error Standard | -95% Límite de confianza | +95% Límite de confianza | VIF |
|-------------------|-----------------------|-----|----------------|--------------------------|--------------------------|------|
| A-Proteína foliar | 9,77 | 1 | 0,3818 | 8,88 | 10,65 | 1,45 |
| B-Harina de trigo | 2,07 | 1 | 0,3894 | 1,17 | 2,97 | 1,55 |
| C-Huevo | 3,45 | 1 | 0,8122 | 1,57 | 5,32 | 1,91 |

En la Tabla 34 se presenta los coeficientes de la regresión del modelo lineal aplicado al mg% de hierro.

Modelando matemáticamente, la ecuación ajustada del modelo lineal para la variable respuesta mg% de hierro fue la siguiente:

$$mg\% \text{ Hierro} = +9,77A + 2,07B + 3,45C$$

La ecuación en términos de factores codificados se puede usar para hacer predicciones sobre la respuesta para niveles dados de cada factor. Por defecto, los niveles altos de los componentes de la mezcla se codifican como +1 y los niveles bajos se codifican como 0. La ecuación codificada es útil para identificar el impacto relativo de los factores al comparar los coeficientes de factores.

En la ecuación matemática se puede observar el efecto de las concentraciones puras de la proteína foliar, harina de trigo y huevo en los mg% de hierro de la pasta alimenticia fortificado. Se observa que individualmente, el efecto de la proteína foliar de alfalfa es mayor, seguido el huevo y finalmente la harina de trigo.

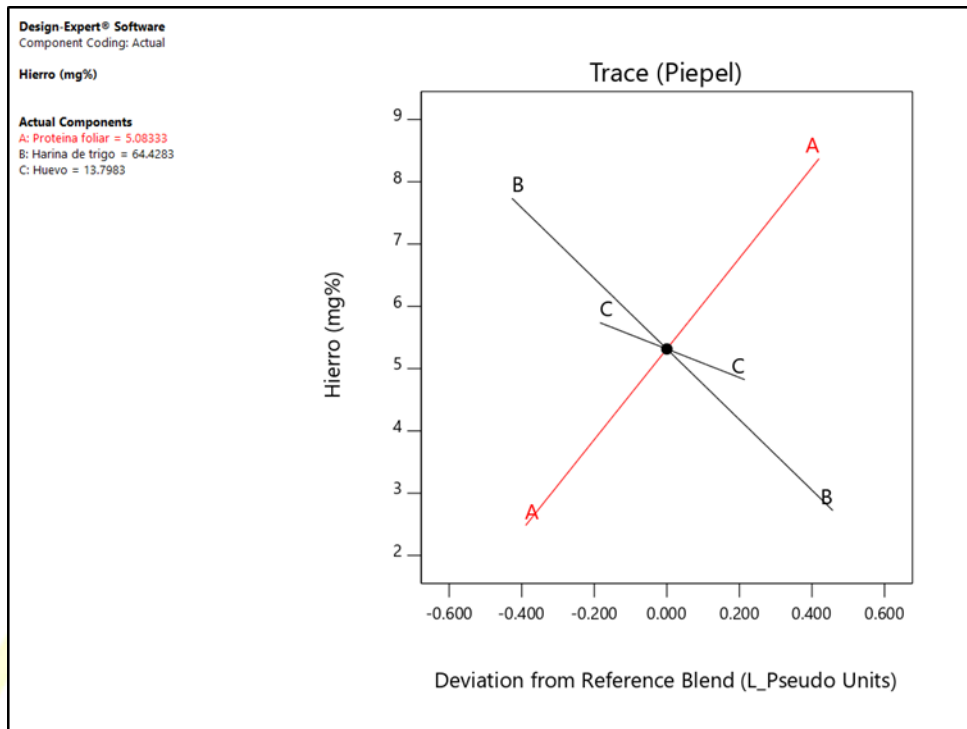


Figura 21: Comportamiento de las trazas para respuestas esperadas de mg% hierro, respecto a los componentes.

En la figura 21 permite entender cómo es que se comportan los componentes y su importancia por si solos, nótese que a medida que se aumenta en la mezcla la proteína foliar se observa un efecto positivo respecto al contenido de hierro en la pasta enriquecida. Lo contrario ocurre con la harina de trigo donde se observa que su aporte al contenido de hierro es mínimo en la pasta fortificada.

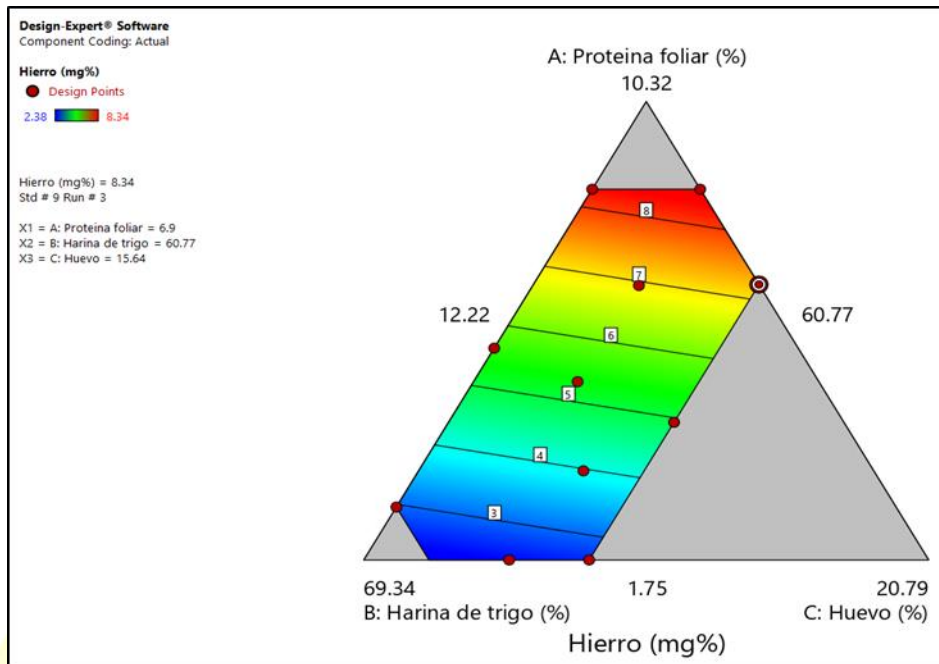


Figura 22: Representación de la gráfica de contornos para mg% hierro de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa.

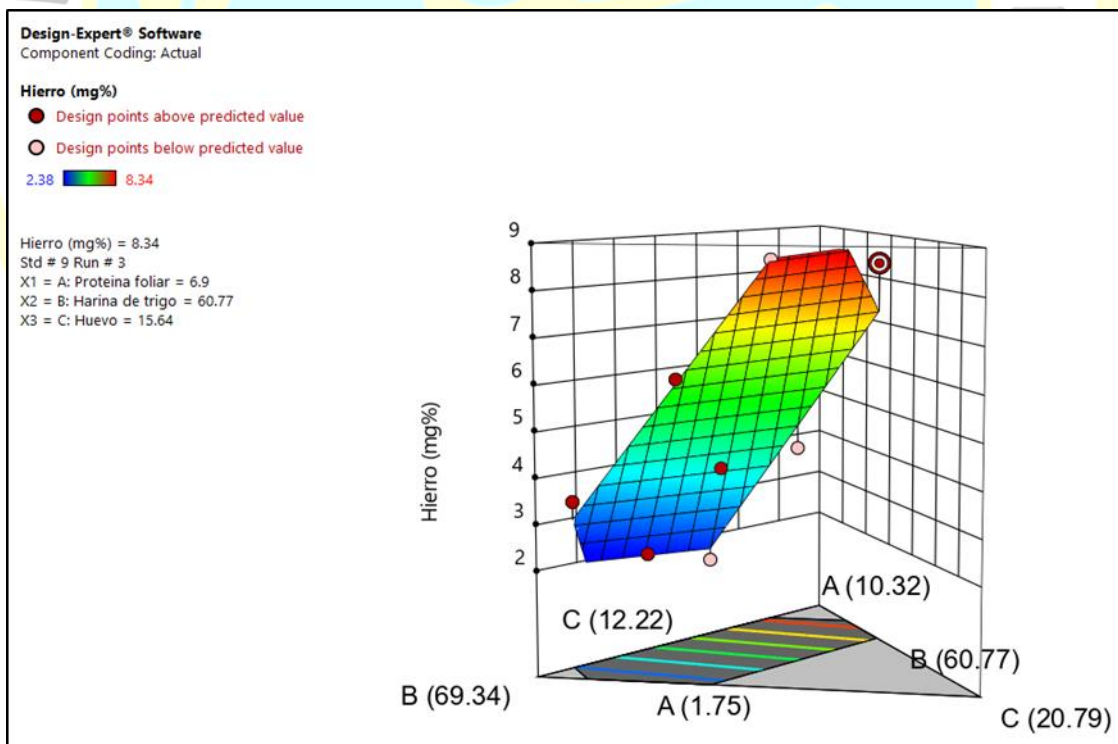


Figura 23: Representación de la gráfica de superficie de respuesta para el mg% de hierro en las pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa

El modelo lineal fue usado para generar los contornos de las restricciones para mg% hierro de pastas alimenticias fortificadas con proteína foliar de alfalfa (Figura 22 en la cual se aprecia los valores de hierro representados por áreas; además, su representación gráfica en tres dimensiones (Figura 23).

4.1.2.5. Evaluación del contenido de β - caroteno

Tabla 29: *Contenido de β - caroteno en pastas alimenticias fortificadas con proteína foliar de alfalfa.*

| Corrida | Factor 1 A: Proteína foliar % | Factor 2 B: Harina de Trigo % | Factor 3 C: Huevo % | Respuesta β - caroteno mg % |
|---------|--|--|---------------------------|--------------------------------------|
| 1 | 6,88167 | 62,5992 | 13,8292 | 1,908 |
| 2 | 3,41667 | 65,1742 | 14,7192 | 1,094 |
| 3 | 6,9 | 60,77 | 15,64 | 2,459 |
| 4 | 1,75 | 65,92 | 15,64 | 0,712 |
| 5 | 8,68 | 60,77 | 13,86 | 2,5 |
| 6 | 5,08333 | 64,4283 | 13,7983 | 1,406 |
| 7 | 1,75 | 67,135 | 14,425 | 0,502 |
| 8 | 5,71 | 65,38 | 12,22 | 1,636 |
| 9 | 2,74 | 68,35 | 12,22 | 0,823 |
| 10 | 4,325 | 63,345 | 15,64 | 1,025 |
| 11 | 8,68 | 62,41 | 12,22 | 2,51 |

En la Tabla 35 se muestra el contenido de β -caroteno de muestras de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa de los 11 tratamientos evaluados, siendo el T₅ y T₁₁ los que presentan mayor contenido de β -caroteno.

Tabla 30: Análisis de varianza de los modelos aplicados a la variable respuesta mg% de β - caroteno de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa.

| Modelo | Suma de cuadrados (SC) | Grado de libertad (GL) | Cuadrados medios (CM) | F | p | R ² | R ² ajustado | R ² predecido |
|-----------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-------|----------|----------------|-------------------------|--------------------------|
| Lineal | 5,32 | 2 | 2,66 | 75,95 | < 0,0001 | 0,9500 | 0,9375 | 0,8962 |
| Cuadrático | 5,40 | 5 | 1,08 | 27,62 | 0,0012 | 0,9651 | 0,9301 | 0,7864 |
| Cúbico especial | 5,48 | 6 | 0,9136 | 31,24 | 0,0025 | 0,9791 | 0,9478 | 0,6654 |
| Cúbico | 5,50 | 9 | 0,6108 | 6,02 | 0,3068 | 0,9819 | 0,8189 | -24,3407 |

En la Tabla 36 se presentan los resultados del análisis de varianza de los modelos para la variable respuesta mg% de β - caroteno.

Tabla 31: Análisis de varianza del modelo lineal para la variable respuesta β - caroteno de pastas alimenticias fortificadas con proteína foliar de alfalfa

| Fuente | Suma de cuadrados | G.L | Cuadrado medio | Valor F | Valor p | Significancia |
|-------------------------------|-------------------|-----|----------------|---------|----------|---------------|
| Modelo | 5.32 | 2 | 2.66 | 75.95 | < 0.0001 | significativo |
| ⁽¹⁾ Linear Mixture | 5.32 | 2 | 2.66 | 75.95 | < 0.0001 | |
| Residual | 0.2801 | 8 | 0.0350 | | | |
| Total | 5.60 | 10 | | | | |

En la Tabla 37 se presentan los resultados del ANOVA para el modelo lineal se presentan, con una significancia de $p < 0,05$. El valor F del modelo de 75,95 implica que el modelo es significativo. Solo hay un 0.01% de probabilidad de que un valor F tan grande pueda ocurrir debido al ruido.

Los valores de p inferiores a 0.0500 indican que los términos del modelo son significativos. En este caso A, B y C son términos significativos del modelo.

Tabla 32: *Coefficientes de regresión del modelo lineal aplicado al mg% de β - caroteno de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa*

| Variables | Coefficiente Estimada | G.L | Error Standard | -95% Límite de confianza | +95% Límite de confianza | VIF |
|-------------------|-----------------------|-----|----------------|--------------------------|--------------------------|------|
| A-Proteína foliar | 2,97 | 1 | 0,1417 | 2,64 | 3,30 | 1,45 |
| B-Harina de trigo | 0,4382 | 1 | 0,1445 | 0,1050 | 0,7714 | 1,55 |
| C-Huevo | 0,8397 | 1 | 0,3013 | 0,1448 | 1,53 | 1,91 |

En la Tabla 38 se presenta los coeficientes de la regresión del modelo lineal aplicado al *mg% de β - caroteno*. Modelando matemáticamente, la ecuación ajustada del modelo lineal para la variable respuesta *mg% de hierro* fue la siguiente:

$$\beta\text{- caroteno} = +2,97A + 0.43812B + 0.8397C$$

En la ecuación matemática se puede observar el efecto de las concentraciones de la proteína foliar, harina de trigo y huevo en los *mg% de β - caroteno* de la pasta alimenticia fortificada. Se observa que individualmente, el efecto de la proteína foliar de alfalfa es mayor, seguido por el huevo y finalmente, la harina de trigo.

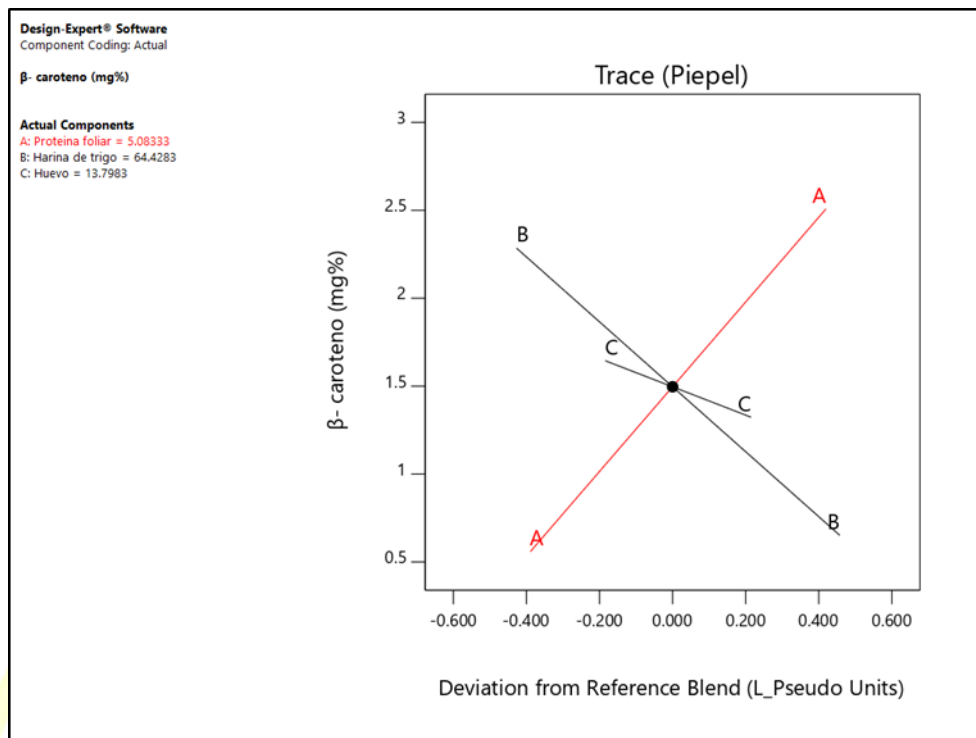


Figura 24: Comportamiento de las trazas para respuestas esperadas mg% de β - caroteno, respecto a los componentes

En la figura 24 permite entender cómo es que se comportan los componentes y su importancia por si solos, nótese que a medida que se aumenta en la pasta la proteína foliar se observa un efecto positivo respecto al contenido de β - caroteno en la pasta enriquecida. Lo contrario ocurre con la harina de trigo donde se observa que su aporte al contenido de mg% β - caroteno en la pasta enriquecida es casi nulo.

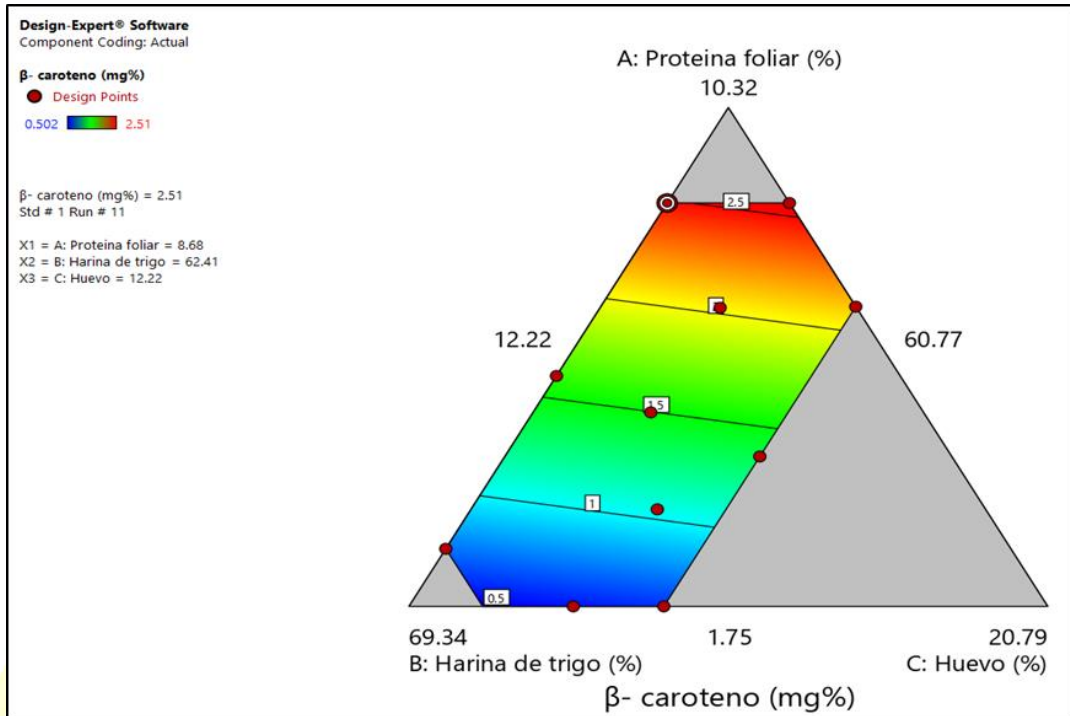


Figura 25: Representación de la gráfica de contornos para mg% de β- caroteno de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa.

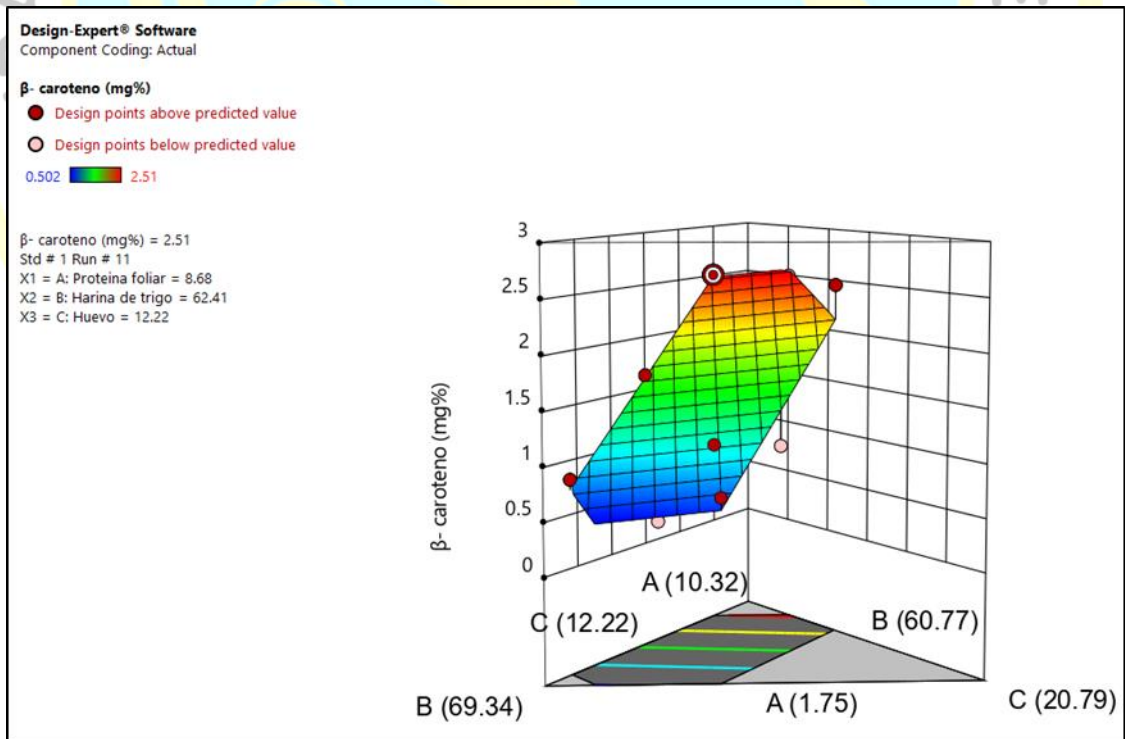


Figura 26: Representación de la gráfica de superficie de respuesta para el mg% de β- caroteno en la pasta alimenticias fortificadas con proteína foliar de alfalfa

El modelo lineal fue usado para generar los contornos de las restricciones para mg% de β -caroteno de pastas alimenticias fortificadas con proteína foliar de alfalfa (Figura 25), en la cual se aprecia los valores de β -caroteno representados por áreas; además, su representación gráfica en tres dimensiones (Figura 26).

4.1.3. Caracterización fisicoquímica de la pasta alimenticia fortificada con proteína foliar de alfalfa con mayor puntaje en la aceptación sensorial.

Tabla 33: Caracterización fisicoquímica de la pasta alimenticia fortificada con proteína foliar de alfalfa mayor aceptabilidad sensorial (T₄).

| Nutriente | Contenido (X ± DS) |
|-------------------------|-------------------------------|
| Humedad (%) | 27,94 ± 1,34 |
| Proteína (%) | 10,20 ± 0,26 |
| Ceniza (%) | 0,96 ± 0,03 |
| Hierro (mg%) | 2,38 ± 0,01 |
| Calcio (mg%) | 39,23 ± 0,32 |
| β -caroteno (mg%) | 0,712 ± 0,01 |

En la Tabla 39 se detalla la caracterización fisicoquímica de la la pasta alimenticia fortificada con proteína foliar de alfalfa de mayor aceptabilidad sensorial que corresponde al Tratamiento 4 con un valor de 7,3 que significa me gusta bastante.

Se observa que la composición de nutrientes de la pasta alimenticia fortificada de mayor aceptabilidad tiene valores superiores de proteína y β -caroteno 0,712 mg% a diferencia del fideos tallarines crudo fortificado con hierro que no lo contiene, pero contienen el 57,5% más de hierro (Reyes, Gómez -Sánchez & Espinoza (2017)).

Se evaluó la calidad microbiológica de la pasta fortificada de mayor aceptabilidad, encontrando mohos en cantidades inferiores a 10^3 UFC/g y coliformes totales $< 10^2$ UFC/g.

4.1.4. Determinación de la zona de formulación factible y localización numérica de la mezcla óptima.

La optimización de la mezcla de proteína foliar de alfalfa, huevo y harina de trigo fue realizada sobre la zona de formulación factible, la cual se determinó mediante el método de superposición gráficas de contorno a fin de obtener el área determinada por los valores aproximados a los deseados para las variables respuesta. (Montgomery, 2013)

En la superposición de gráficas de contorno se consideró todas las respuestas planteadas. La zona de formulación factible se determinó asignando valores (restricciones) que deseamos obtener de las variables respuesta: % Humedad, aceptabilidad, % de proteína, mg% de hierro y mg% de β - caroteno.

Tabla 40: Valores asignados a las variables respuesta para la determinación de la zona de formulación factible.

| Parámetros | Meta | Inferior | Objetivo | Superior |
|--------------------------|--------|----------|----------|----------|
| Humedad (%) | Máxima | 15 | 25,0 | 35 |
| Aceptabilidad | Máxima | 6 | 7,5 | 9 |
| Color | Máxima | 6 | 7,5 | 9 |
| Olor | Máxima | 6 | 7,5 | 9 |
| Sabor | Máxima | 6 | 7,5 | 9 |
| Textura | Máxima | 6 | 7,5 | 9 |
| Apariencia | Máximo | 6 | 7,5 | 9 |
| Proteína (%) | Máxima | 7,2 | 10,8 | 14,4 |
| Hierro (mg%) | Máxima | 3,78 | 5,67 | 7,56 |
| β - caroteno (mg%) | Máxima | 0,809 | 1,218 | 1,617 |

En la Tabla 40 se detalla los valores: meta, inferior, objetivo y superior asignados para cada variable respuesta.

Los criterios asignados se han realizado en función a lo establecidos por la reglamentación nacional e internacional, así como los requerimientos de nutrientes para niños de 4 a 6 años, y las condiciones para fortificación de alimentos establecidos por la WHO/FAO (2006), OMS/FAO (2017) y OPS (2002).

En cuanto a humedad en fideos INDECOPI indica que los fideos frescos contienen como mínimo 15% de humedad y como máximo 35% (NTP 2016.010), se ha considerado como criterio objetivo 25% de humedad.

En relación con la evaluación sensorial (aceptabilidad, sabor, color, olor, apariencia y textura) se evaluaron con la escala hedónica de 9 puntos (Adaptado de Anzaldúa-Morales, 1994), considerando el valor 1= me disgusta muchísimo y 9= me gusta muchísimo). Para nuestro estudio se ha considerado como valor mínimo 6= me gusta ligeramente, como óptimo el valor de 7,5 como media entre me gusta bastante y mucho y, como valor máximo 9.

Para proteínas y β -caroteno se ha considerado criterios de fortificación de alimentos según WHO/FAO (2006) y OPS (2002) el cual debe aportar entre el 30 y 60% del requerimiento diario de nutriente, por tanto, se ha considerado: Proteínas, el requerimiento diario para niños de 4 -6 años es de 24 g, por tanto, el criterio inferior: 7,2 %; criterio óptimo: 10,8% y el criterio máximo: 14,4% de proteína. Para el β -caroteno, es necesario considerar el requerimiento de vitamina A establecido por la OMS/FAO (2017) que es de 450 ug, equivalente de retinol y esto equivale a 2694,6 ug de β -caroteno (1ug β -caroteno = 0,167 ug ER) (OMS/FAO, 1991). Asimismo las consideraciones sobre fortificación de alimentos dados por la OPS (2002), con estas consideraciones se determinó los criterios: inferior: 0,809 mg%; óptima: 1,218 mg% y máxima: 1,617 mg% de β -caroteno.

Los valores asignados para Hierro: Se ha considerado la Ingesta recomendada para hierro según OMS/ FAO (2017) para niños de 4 a 6 años, siendo 12,6 mg de hierro diario (si consume dietas bajas en vitamina C y proteína de origen animal, cuya disponibilidad se reduce al 5%), del mismo modo se consideró el criterio de fortificación focalizada, para lo cual el nivel del compuesto de hierro agregado debe proporcionar del 30 al 60% del valor de la Ingesta recomendada para el hierro (OPS, 2002). Con estas consideraciones el criterio mínimo de hierro fue 3,78 mg%, el criterio óptimo 5,67 mg% y el máximo con 7,56 mg%.

Design-Expert® Software
Component Coding: Actual

Overlay Plot

Aceptacion sensorial
Humedad
Proteina
Hierro
 β - caroteno
● Design Points

X1 = A: Proteina foliar
X2 = B: Harina de trigo
X3 = C: Huevo

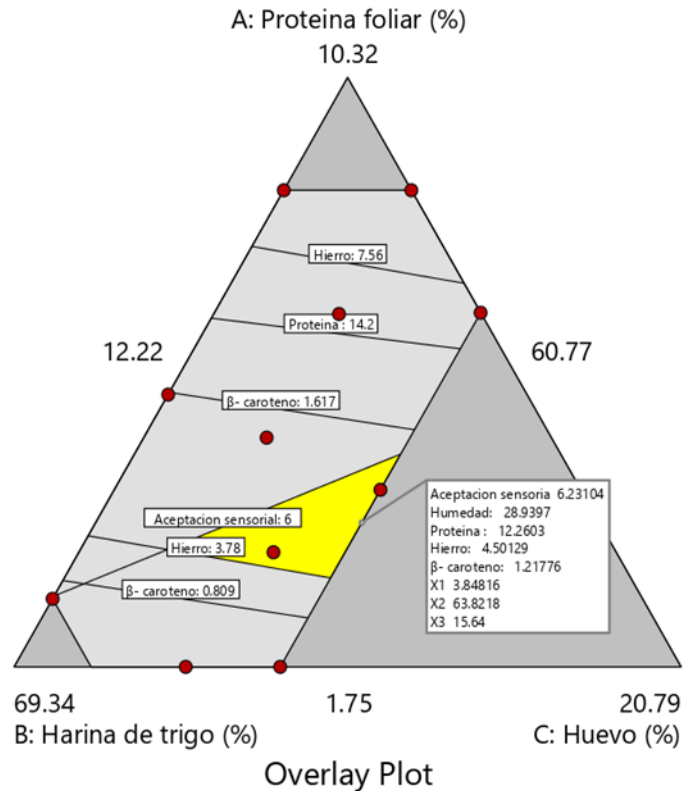


Figura 27: Superposición de gráficas de contorno de las variables respuesta, zonas de formulación factible y localización numérica de la mezcla óptima.

En la Figura 27 se presenta la superposición de gráficas de contornos de las variables respuesta: % Humedad, aceptabilidad sensorial, % de proteína, mg% de hierro y mg% de β - carotenos; las zonas de formulación factible y la localización numérica de la mezcla óptima de proteína foliar.

Se observa dos zonas de formulación factible resultantes de la superposición de gráficas para encontrar la mezcla óptima. Claramente se observa que la zona de mayor aceptación se encuentra cuando % de proteína foliar esta entre 3,848% , harina de trigo 63,822% y huevo en 15,64% .Con dicha mezcla se espera obtener los siguientes valores de las variables respuesta: 28,94% de Humedad, 6,23 en aceptabilidad, 12,26 % de proteína, 4,50 mg% de hierro y 1,218 mg% de β - carotenos y un valor aproximado de 6 en cada uno de los atributos evaluados, correspondiente a la calificación “me gusta”.

4.2 Contrastación de hipótesis

De lo desarrollado a lo largo de la presente investigación, con los resultados y la información estadística presentada en las tablas y gráficos anteriores se ha podido demostrar las hipótesis planteadas al inicio del presente trabajo como respuesta tentativa a esta investigación.

A continuación, se presentan los resultados de la prueba de hipótesis realizada y el procedimiento para llegar a las conclusiones para cada premisa.

4.2.1. Contrastación de la Hipótesis Principal

La fortificación con proteína foliar de alfalfa (*Medicago sativa*) de la pasta alimenticia aumento la calidad nutricional de ésta, específicamente en lo referente al contenido de proteína y micronutrientes (hierro, magnesio y β -caroteno); entonces se pudo formular pastas alimenticias con diferentes niveles de proteína foliar de alfalfa aceptable por el consumidor.

4.2.1.1. Análisis estadístico para la contratación de hipótesis específicas:

a)

Ho: La fortificación de las pastas alimenticias con proteína foliar de alfalfa (*Medicago sativa*), no produce cambios significativos en su calidad nutricional

Ha: La fortificación de las pastas alimenticias con proteína foliar de alfalfa (*Medicago sativa*), si produce cambios significativos en su calidad nutricional

Interpretación:

Si $p > 0,05$ Se acepta Ho

Si $p < 0,05$ Se rechaza Ho

En este caso se acepta Ha

Debido a que la prueba de significancia ($0,0001 < 0,05$) demuestra que si existen diferencias altamente significativas en su calidad nutricional, en las pastas alimenticias

fortificadas con diferentes concentraciones de proteína foliar de alfalfa (*Medicago sativa*) según se observa en la tablas 28,32 y 36.

.b)

Ho: Las pastas alimenticias fortificadas con diferentes concentraciones de proteína foliar de alfalfa (*Medicago sativa*) no presentan diferencia significativas en su aceptabilidad sensorial.

Ha: Las pastas alimenticias fortificadas con diferentes concentraciones de proteína foliar de alfalfa (*Medicago sativa*) si presentan diferencia significativas en su aceptabilidad sensorial.

Interpretación:

Si $p > 0,05$ Se acepta Ho

Si $p < 0,05$ Se rechaza Ho

También se acepta la hipótesis Ha

Debido que la prueba de significancia ($0,0271 < 0,05$) demuestra que si existen diferencias significativas en sus características sensoriales como la aceptabilidad en las pastas alimenticias fortificadas con diferentes concentraciones de proteína foliar de alfalfa (*Medicago sativa*) según se observa en la tabla 24.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

5.1 Discusión de resultados

La calidad nutricional de los insumos que se utilizaron para la fortificación de pastas alimenticias variaron, siendo la proteína foliar de alfalfa la que aporta mayor cantidad de nutrientes comparados al huevo y la harina de trigo. El concentrado proteico foliar de alfalfa muestra un valor de 52,1 g% de proteína, valor superior (50,8 g%) a lo reportado por Davys et al (2011), similar (51,8%) a lo indicado por Pico (2008), pero ligeramente inferior a lo encontrado por Cazares (1995) y la APEF (2009) quienes reportan 53,8 y 53,9 g% respectivamente., estas variaciones es debido a los diferentes procedimientos empleados para la obtención de la proteína foliar, así como la especie o variedad de alfalfa utilizada y del proceso mecánico empleado. Para obtener la pulpa, es necesario abrir las células fibrosas de las hojas, para que los nutrientes pases al jugo. Cuando las hojas se marchitan, la presión dentro de las células se reduce y aumenta la cantidad de fuerza necesaria para romper la célula. El rendimiento del concentrado de hojas baja 4-15 % en cuatro horas y 50 % en nueve horas (Kennedy 1993). Según Pico et al (2011) indica que la digestibilidad de la proteína foliar de alfalfa es 78,06% respecto a la caseína patrón, lo que permite que puede ser asimilable por el organismo, esta proteína foliar contiene aminoácidos esenciales y limitantes como el triptófano y metionina, pero tiene un alto contenido de lisina, lo cual permite ser utilizado como complemento de otros alimentos que son deficientes en este aminoácido. En relación a micronutrientes, contiene 58,85 mg% de hierro, valor superior a los reportado por Cazares (1995) que hallaron 44,5 mg% y 56,3 mg% indicado por APEF (2009). calcio 952,75mg% valor mayor a lo encontrado por la APEF 839 mg%, y en relación a β -caroteno encontramos 79,8 mg% menor a lo reportado por la APEF que reportaron 92mg%.

La formación de las pastas fortificadas se realizó mediante el diseño de mezclas D-optimal aplicando el software Design expert 11 con un total de 11 tratamientos, Este diseño responde a modelos matemáticos lineal, cuadrático, cubico especial y cubico completo, siendo el modelo lineal hallado en todas las variables dependientes evaluadas. Esta metodología nos ha determinado la influencia que tienen los factores o variables independientes sobre las respuestas (variables dependientes) dándonos una ecuación matemática que nos proporciona la formación de una superficie de respuesta, (Chacin 2000).

Las restricciones o los valores mínimos y máximo de cada componente fueron proteína foliar desde 1,75% a 8,68%, harina de trigo desde 60,77 % hasta 68,35 % y huevo desde 12,22 5a 15,64%, estos valores se obtuvieron con pruebas preliminares y en concordancia a lo reportado por Mejía (2009), Mejía et al (2013) y Sánchez (2009) quienes encontraron que la concentración aceptable de concentrado proteico foliar para elaboración de productos alimenticios esta en rango de 5 a 15%.

La composición nutricional de las pastas alimenticias fortificadas en los 11 tratamientos, se puede notar que el porcentaje de proteína varía desde 10,2 g% hasta 16,12 g%, esto se debe fundamentalmente al aporte que da la proteína foliar de alfalfa cuya % de proteína es de 52,1%, seguido del huevo (12,55 g%) y la harina de trigo (9,92 g%). Las pastas alimenticias fortificadas que presentan mayor porcentaje de proteína, hierro y β - caroteno corresponden a los tratamientos T₃, seguido del T₁₁ y T₅, observándose que a medida que se incrementa la proteína foliar de alfalfa en la formulación de las pastas alimenticias se incrementan los niveles de los nutrientes. De la misma manera el huevo aporta considerablemente con la proteína, hierro y vitamina A seguido de la harina de trigo. A pesar de que la calidad de la proteína vegetal es menor de que la proteína animal, en este caso la proteína foliar de alfalfa presenta una digestibilidad in vitro de 78.05% según lo reportado por Pico (2008) cuyo valor esta entre las proteína de la soya y la carne, así mismo el huevo aporta una apreciable cantidad de proteína de fácil digestión y con un perfil de aminoácidos esenciales con un alto valor biológico de 94 (Carbajal, 2006), asimismo manifiesta que la calidad de esta proteína es buena puesto que presenta un buen perfil aminoacidico.

En cuanto al hierro los valores que presentan las pastas están entre 2,38 a 8,34 mg% y el β -caroteno entre 0,712 a 2,51 mg% , siendo los de mayor aporte la proteína foliar de alfalfa y el huevo, seguido de la harina de trigo.

Evaluación sensorial.

Se observó que la adición de la proteína foliar de alfalfa, tiene un efecto significativo en los diversos atributos de aceptación sensorial como color, olor, sabor, textura y apariencia. Se aprecia que hay diferencias significativas entre las pastas alimenticias fortificadas del tratamiento T₅ con las pastas de los tratamientos T₆, T₈, T₄, T₇ y T₂, los cuales presentan una mayor aceptabilidad, esto debido a que en la formulación de la pasta alimenticia del T₅ presenta una mayor porcentaje de proteína foliar de alfalfa (8,68%) impartiendo el color verde oscuro, debido a la clorofila presente en la proteína foliar, color no agradable para los panelistas. Las pastas alimenticias fortificadas con proteína foliar de alfalfa de mayor puntaje de aceptabilidad en el color fueron los tratamientos T₂ y T₄, (7,3), seguido del T₇ y T₈ (7.1), con el criterio de me gusta bastante”, con esto se determinó que el porcentaje máximo aceptable pro el panelista fue desde 1,75 hasta 3,42%. Lo mismo sucedió con los otros atributos de olor, sabor, textura y apariencia.

Del mismo modo la presencia de la proteína foliar de alfalfa influye significativamente en el olor y sabor de las pastas alimenticias fortificadas, por lo que difieren significativamente entre los tratamientos T₁₁ del T₇ en relación al olor, siendo que el T₁₁ contiene el mayor porcentaje de proteína foliar en su formulación a diferencia del T₇ que contiene 1,75%. Así como en el sabor también se dan las mismas diferencias en relación a las concentraciones de la proteína foliar en la formulación, cuanto más porcentaje de proteína foliar de alfalfa influye significativamente en las características organolépticas de la pasta fortificada.

Cuando se evaluó en forma global estas características sensoriales se tuvo que en la pasta alimenticia del tratamiento T₄ obtuvo la mayor aceptación global (7,3) seguido del T₇ que corresponden a una formulación de 1,75% de proteína foliar de alfalfa por lo que se puede inferir que aumenta la aceptabilidad global a medida que se disminuye la concentración de proteína foliar en la formulación de la pasta alimenticia.

Caracterización fisicoquímica de la pasta alimenticia fortificada de mayor aceptabilidad.

La pasta alimenticia fortificada con proteína foliar de alfalfa el cual tuvo la mayor aceptabilidad global de sus atributos fue la pasta alimenticia del tratamiento T₄, seguido del T₇, el cual corresponde a una formulación de: proteína foliar de 1,5%, harina de trigo, 65,925 a 67,135 y de huevo 14,425 a 15,64% .

Los niveles de nutrientes de estas pastas alimenticias fortificadas con proteína foliar de alfalfa son: agua 27,94 g%; proteína 10,2 g%; hierro 2,38mg%, calcio 39,23 mg%, magnesio 27,2 mg% y β -caroteno 0,712 mg%. a diferencia del fideos tallarín crudo fortificado con hierro que presenta: agua 20,4g%; proteína 9,5%, calcio 40 mg%, hierro 5,50 mg%. (Reyes, Gómez -Sánchez & Espinoza, 2017). Como se puede apreciar el fideos tallarín fortificado con proteína foliar de alfalfa tienen mayor porcentaje de proteína y β -caroteno 712 ug% que equivale a 118,9 ug de equivalente de retinol lo que corresponde a un 30% del requerimiento de Vitamina A (400 ug/dia RAE) para niños de 5 a 8 años (Food an Nutrition Board (2011), citado por Carpio et al (2017), sin embargo el 10 a 50% de β -caroteno consumido es absorbido en el tracto gastrointestinal siendo convertido en vitamina a en la pared intestinal.

En relación al hierro los niveles presentes en la pasta alimenticia fortificada con proteína foliar de alfalfa de mayor aceptabilidad aportaría el 23,8% de los requerimientos establecidos para niños menores de 10 años (10 mg), pero como sabemos, en la dieta humana el Fe se encuentra como hierro hemínico (Fe-Hem) en las carnes, o como hierro no hemínico (Fe-No Hem) en los alimentos de origen vegetal, las sales minerales y algunos alimentos de origen animal como la leche, y los huevos. El Fe-No Hem es la mayor fuente del mineral en la dieta de las poblaciones de los países en desarrollo. A pesar del alto contenido de Fe-No Hem de los alimentos, su biodisponibilidad varía desde menos del 1% hasta un 20%, esto se debe a que otros nutrientes de la dieta pueden aumentar o disminuir la eficiencia con la cual es solubilizado y/o reducido por el pH gástrico. (Gaitán, Olivares, Arredondo & Pizarro, 2006).

Optimización de la mezcla para formulación de la pastas alimenticia fortificada.

La optimización de la mezcla de proteína foliar de alfalfa, huevo y harina de trigo fue realizada sobre la zona de formulación factible, la cual se determinó mediante el método de superposición gráficas de contorno a fin de obtener el área determinada por los valores aproximados a los deseados para las variables respuesta. (Montgomery, 2013)

En la superposición de gráficas de contorno se consideró todas las respuestas planteadas. La zona de formulación factible se determinó asignando valores (restricciones) que deseamos obtener de las variables respuesta: % Humedad, aceptabilidad, % de proteína, mg% de hierro y mg% de β - caroteno, la cual se obtuvo en la zona de mayor aceptación la siguiente formulación óptima: 3,848 % proteína foliar de alfalfa, harina de trigo 63,822% y huevo 15,64%, con una composición química: 28,94 g% humedad, 12,26 g% de proteína; 4,50 mg% de hierro y 1,218mg% de β -caroteno.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- La proteína foliar de alfalfa obtenida presenta la siguiente composición físico química: humedad 9,4 g%; proteína 52,4 g%; cenizas 3,09 g%; calcio 952,75 mg%, hierro 58,85 mg%; magnesio 126,68 mg% y β - caroteno 79,8 mg%.
- La pasta alimenticia fortificada con proteína foliar de alfalfa de mayor aceptación corresponde a una formulación de: proteína foliar de 1,5%; harina de trigo, 65,92% y 15,64% de huevo.
- La mayor aceptabilidad de los atributos sensoriales de las pastas alimenticias fortificadas corresponde a formulaciones con proteína foliar de alfalfa desde 1,75% hasta 3,42 %, correspondiendo a la categoría de me gusta bastante.
- La composición nutricional de las pastas
- alimenticia fortificadas con proteína foliar de alfalfa son: agua 27,94 g%; proteína 10,2 g%; hierro 2,38mg%, calcio 39,23 mg%, magnesio 27,2 mg% y β -caroteno 0,712 mg%.
- La mezcla óptima para la formulación de pasta alimenticia fortificada con proteína foliar de alfalfa obtenida en la zona de mayor aceptación corresponde a: 3,848 % proteína foliar de alfalfa, harina de trigo 63,822% y huevo 15,64%, con una composición: 28,94 g% humedad, 12,26 g% de proteína; 4,50 mg% de hierro y 1,218mg% de β -caroteno.

6.2 Recomendaciones

- Elaborar la pasta alimenticia fortificada con proteína foliar de alfalfa según la optimización encontrada y determinar la preferencia con panelistas no entrenados frente a una pasta alimenticia similar.
- Realizar un estudio de vida útil de la pasta alimenticia fortificada con proteína foliar de alfalfa.
- Realizar pruebas biológicas sobre la digestibilidad y biodisponibilidad de los nutrientes presentes en la pasta alimenticia fortificada con proteína foliar de alfalfa.



REFERENCIAS

7.1 Fuentes bibliográficas

- AOAC, (2000). Official Methods of Analyses. Assoc. Offic. Analyst Chemistry,
- Anzaldúa- Morales (1994). Evaluación sensorial de los Alimentos en la teoría de los alimentos en su teoría y la práctica. Editorial Acribia.
- Blas, E. L & Moreno, T.E (2014), Evaluación de la composición nutricional y biodisponibilidad in vitro de la proteína foliar de nabo (*Brassica napus* L.). Tesis para optar el Título Profesional. Facultad de Bromatología y Nutrición. Universidad Nacional José F. Sánchez Carrión- Huacho.
- Bertin, E. (2007) Composition nutritionnelle détaillée de l'extrait foliaire de luzerne (EFL). Association pour la Promotion des Extraits Foliaires en nutrition, Paris.
- Caipo, M. (1986). *Caracterización de un Deshidratado proteico de Alfalfa (Medicago sativa)* var, Chola y sus posibles usos en la alimentación humana. Tesis. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima Perú.
- Cárdenas H, Alexandra (2012). Composición química, características de calidad y actividad antioxidante de pasta enriquecida con harina de amaranto y hoja de amaranto deshidratada. Tesis de Maestría en Ciencia y tecnología de Alimentos. Universidad Autónoma de Querétaro. México.
- Cázares U.C.(1995). *Estudio de la alfalfa como alternativa nutricional para el consumo humano*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Química: Universidad de Guadalajara,
- Davys, M.N.G., Richardier, F.C., Kennedy, D., de Mathan, O., Collin, S.M., Subtil, J., E. Bertin, E., and M.J. Davys (2011). 18 Leaf Concentrate and Other Benefits of Leaf Fractionation. FAO: Combating Micronutrient Deficiencies: Food-based Approaches (eds B. Thompson and L. Amoroso).
- FAO y OPS. 2017. Panorama de la Seguridad Alimentaria y Nutricional en América Latina y el Caribe 2016. Santiago de Chile.
- FAO (Food and Agriculture Organization, IT); WHO (World Health Organization, RM); (1995). Codex Alimentarius.
- FAO (Food and Agricultural Organization of the United Nations, HN). 2006. Estado de la Seguridad Alimentaria y Nutricional en Honduras. D Cruz.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization (2001) Human Vitamin and Mineral Requirements: Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation, Bangkok, Thailand. Food and Nutrition Division, FAO, Rome.

- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2002) Living Well with HIV/AIDS: A Manual on Nutritional Care and Support for People Living with HIV/AIDS. FAO, Rome
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2010): Food-based approaches for improving diets and raising levels of nutrition. Concept Note. Roma.
- Guzmán B, A; Blanco De Alvarado O, T. y Ayala M, G.(1980). Nutrición Humana. Tomo I. Lima Perú.
- Herrero, G.P. (2017). Pasta y Panificación en el mercado peruano Agencia ProCordoba S.E.M - Área de Inteligencia Comercial.
- INDECOPI: “Directrices para la aplicación de las Norma ISO 9001:2000 en la industria de alimentos y bebidas” NTP-ISO 15161-2003. Lima. 2003.
- INDECOPI: (1981). “Pastas y fideos para consumo humano” NTP 2016:010.1981. Lima.
- Kennedy D. y Hoja para la Vida (1993). El concentrado de hoja verde. Un Manual Práctico. Pags. 10-22, 111-113.
- Mejía D, C. (2009). *Elaboración De Galletas enriquecidas con concentrado proteico foliar de zanahoria (Daucus carota)*. Tesis para Optar el Grado de Maestro en Ciencia de los Alimentos. Universidad nacional José Faustino Sánchez Carrión. Lima- Perú.
- Mejía D.C., Macavilca, T. E., Velásquez G. J, Palacios, R. B & García, A, L. (2013). Formulación y evaluación de galletas enriquecidas con micronutrientes y proteínas de origen animal y vegetal. 23-34.
- MINSA/DIGESA 2008. “Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano”. Norma Técnica Sanitaria N°071
- Montgomery, D. C. (2013). *Design and Analysis of Experiments*. (WILEY, Ed.) (Eighth Edi). Hoboken, Nueva Jersey.
- Myers R.H. & Montgomery D.C. 1995. Response surface methodology: Process and product optimization using designed experiments. New York: John Willey & Sons INC.
- Navarrete, M. A & Tamayo, V. V. (2014). Composición química proximal y perfil aminoacídico del concentrado proteico foliar de betarraga (*Beta vulgaris*). Tesis para optar el Título. Facultad de Bromatología y Nutrición. Universidad nacional José F. Sánchez Carrión. Huacho.
- OMS/FAO (1991). Necesidades de Vitamina A, hierro, folato y Vitamina B12. Informe de una consulta Mixta FAO/OMS de expertos.
- OMS/FAO (2017): Guía para la fortificación de alimentos con micronutrientes. Editores Lindsay Allen. Génova.

- Organización Panamericana de la Salud (OPS).(2002). Compuestos de hierro para la fortificación de alimentos: Guías para América Latina y el Caribe.OPS- Programa de Alimentación y Nutrición.
- Otten JJ, Pitz Hellwig J & Meyers LD (editors) (2006) Dietary Reference Intakes: The Essential Guide to Nutrient Requirements. Washington, DC: The National Academies Press
- Ramírez, G. (2009): Adición de Concentrado Foliar de Alfalfa (*Medicago Sativa*) en Alimentos de Bajo Contenido Proteico. Tesis Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” México
- Reyes, G. M., Gómez Sánchez P. I. & Espinoza, B.C. (2017): Tablas peruanas de composición de alimentos. 10ma ed. – Lima: Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud, 2017
- Sánchez H., Paula. (2009). Evaluación de la composición química en productos enriquecidos con concentrado foliar de alfalfa (*Medicago sativa* L. var. Moapa). Tesis para obtener título en Ingeniero en Ciencia y Tecnología de Alimentos. División de Ciencia Animal. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. México.
- Zanin P (1998) A New Nutritional Idea for Man: Lucerne Leaf Concentrate. Paris: APEF
- WHO (World Health Organization) & FAO (Food and Agricultural Organization of the United Nations) (2006). Guidelines on food fortification with micronutrients. Eds. L Allen; B Benoist; O Dary; R Hurrell.

7.2 Fuentes hemerográficas

- Andrianasolo, F. (2009). Letter: Leaf concentrate. Undernutrition. Nourishing inmates in Malagasy prisons. *Public Health Nutrition* 12, 440.
- Bonnet, M.J. (2009) Letter: Leaf concentrate. Undernutrition. Nourishing child and adult patients in Congolese hospitals. *Public Health Nutrition* 12, 439–440.
- Bremond Pellat, H. (2009) Letter: Leaf concentrate. Undernutrition. Benefits for children in Mexico. *Public Health Nutrition* 12, 736.
- Carbajal A.A (2006). Calidad Nutricional de los huevos y relación con la Salud. *Revista Nutrición Practica* 10:73-76.
- Coly, A. (2009) Letter: Leaf concentrate. Undernutrition. Testimony from a clinic in Senegal. *Public Health Nutrition* 12, 587.
- Comission of the European Communities (2009). Commission Decision of 13 October 2009 authorizing the placing on the market of a leaf extract from Lucerne (*Medicago sativa*) as novel food or novel food ingredient under Regulation (EC) N° 258/97 of

the European Parliament and of the Council. *Official Journal of the European Union* I. 294/12.

- Cordero A, Oriondo R, Agüero Y, Soberon M M.(2006). Caracterización y valor biológico en ratas desnutridas, del extracto foliar seco obtenido de alfalfa (*Medicago sativa*) cultivada en el Perú [resumen]. *An Fac med.* 67 Supl 1:s20.
- Cordero A, Oriondo R, Soberon MM, Ramos R. (2007): Evaluación de la toxicidad hepática del extracto foliar de alfalfa (*Medicago sativa*) consumido como fuente proteica por ratas desnutridas [resumen]. *An. Fac Med.* 68 Supl 1:s31.
- Chillo, S., Laverse, J., Falcone, P. M., Del Nobile, M. A., 2008. Quality of spaghetti in base amaranthus wholemeal flour added with quinoa, broad bean and chick pea. *Journal of Food Engineering.* 84:101-107.
- Doraiswamy T. Singh N. Daniel, V (1969). Effects of supplementing ragi (Eleusine coracana) diets with lysine or leaf protein on the growth and nitrogen metabolism of children. *Br J Nutr.* 23:737-43.
- Fellows, P. (1987) . Village-scale leaf fractionation in Ghana. *Tropical Science* 27, 77–84
- Fulgoni VL, Keast DR, Bailey RL, Dwyer J.(2011). Foods, Fortificants, and Supplements: Where Do Americans Get Their Nutrients? *J Nutr.*141:1847-54.
- Gaitán, C. D., Olivares G. M., Arredondo O. M., Pizarro A.F. (2006). Biodisponibilidad de hierro en Humanos. *Rev Chil Nutr* 33 (2): 142-148
- Giovanni M. 1983. Response surface methodology and product optimization. *Journal of Food Technology.* **37.** 41 – 46
- Jiménez, C, M, G (2015). Superficie de Respuesta mediante un Diseño Central Compuesto. *Revista Varianza* 11:31-36
- Magon, A., Collin, S.M., Joshi, P., Davys, G., Attlee A & Mathur, B. (2014). Leaf Concentrate Fortification of Antenatal Protein-Calorie Snacks Improves Pregnancy Outcomes. *J Health.Popul.Nutr.* 12(3):430-440.
- Mathur, B. (2009) Letter: Leaf concentrate. Not only lucerne. *Public Health Nutrition* 12, 1588–1589.
- Ozdemir M., Ozen Banu F., Dock Lisa & Floros J. 2008. Optimization of osmotic dehydration of diced green peppers by response methodology. *Lebensmitten – Wissenschaft + Technologie.* **41.** 2044 – 2050.
- Pallanca, G. (2009). Letter: Leaf concentrate. Undernutrition. AIDS. The elimination of NOMA (*Cancrum oris*). *Public Health Nutrition* 12, 291.
- Pico F, S. (2008). *Evaluación Nutricional de Extractos Foliare de yuca, frijol, batata y alfalfa.* Universidad Industrial de Santander. Nutrición y Dietética.

Pico F. S.M., Gutiérrez, D., Aragón G. I., Andrés Escobar S. A., Darwin Ortiz, D., Sánchez, T., Imbachí N. P. & Pachón, H (2011). Evaluación de la composición nutricional, antinutricional y biodisponibilidad in vitro de diferentes extractos foliares *Rev Chil Nutr* 38(2):168-176.

Serpa G.A.M., Hibcapié LL.G. & Alavarez L.C. (2014). Determinación del punto isoeléctrico de las proteínas presnetes en cuatro fuenets foliares: yuca (*Manihot esculenta* Crantz) variedades verónica y tai, jatropha (*Jatropha curcas* L) y gmelina (*Gmelina arborea*). *Prospect* 12(1):30-39.

Soberón, M; Oriondo, R; Estrada, E; Arnao, I; Cordero, A; Velásquez, L; Arteaga, I. (2009): Impacto de una intervención alimentaria con un concentrado proteico de *Medicago sativa* L (alfalfa), en niños pre escolares con desnutrición crónica. *An Fac Med.* 70(3):168-74

Vyas, S., Collin, S.M., Bertin, E., Davys G.J & Mathurs, B (2010): Leaf concentrate as an alternative to iron and folic acid supplements for anaemic adolescent girls: a randomized controlled trial in India. *Public Health Nutrition*: 13(3), 418–423

7.3 Fuentes electrónicas

Association pour la Promotion des Extraits Foliaires en nutrition (2009) Testimonials and results from the field. <http://www.nutrition-luzerne.org/anglais/index2.htm> (accessed 11 March 2009)

Organization International de la Pasta. (2010). IPO. <http://www.internationalpasta.org/index.php?lang=2>

Organization International de la Pasta IPO. (2014): The World Pasta Industry Status Report 2013. <http://www.internationalpasta.org>

SOYNICA (Asociación Soya de Nicaragua.)-Barrio Ariel Darce (2005) [citado el 25 junio de 2009]. Disponible en: <http://www.soynica.org.ni>.

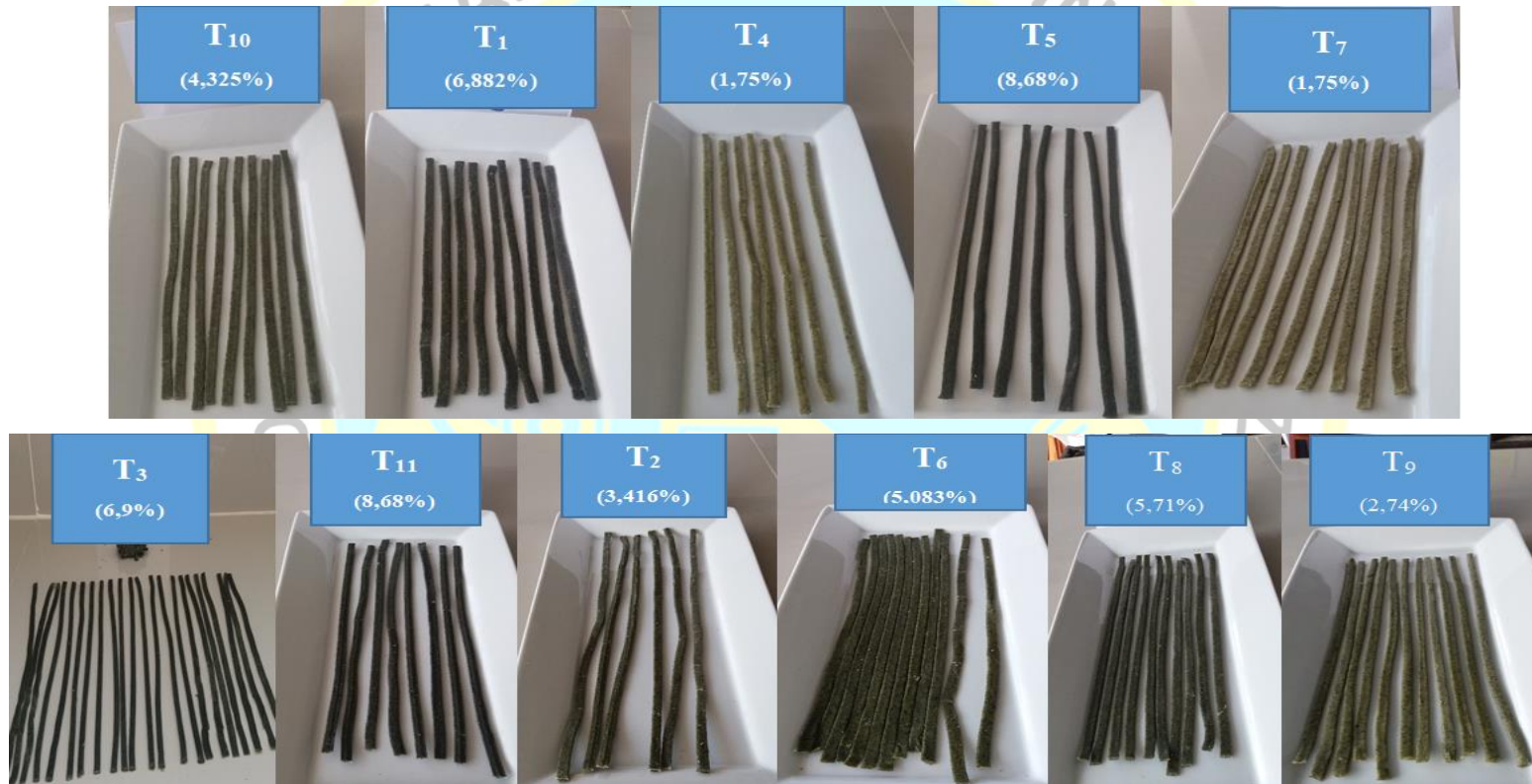
Roque, A. (2004) Observations des effets de la consommation des extraits foliaires de luzerne au Burkina Faso (Province du Yatenga) Juin 2002 – Janvier 2004. *Enfants du Monde*. <http://www.nutritionluzerne.org/pdf/burkina/bukina05a.pdf> (accessed 1 March 2009).



ANEXOS

ANEXO 01

Diseño de mezclas con 11 tratamientos de pastas fortificadas con proteína foliar de alfalfa



HUACHO

Anexo 02. . Matriz experimental de las variables independientes y las dependientes, según el diseño experimental de mezclas D-óptimal.

| Tratamiento | Componente 1 A: Proteína foliar % | Componente 2 B: Harina de trigo % | Componente 3 C: Huevo % | Respuesta 1 aceptación sensorial | Respuesta 2 Humedad % | Respuesta 3 Proteína % | Respuesta 4 Hierro mg% | Respuesta 5 β - caroteno mg% |
|-------------|---|---|-------------------------------|--|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|--|
| 1 | 6,88167 | 62,5992 | 13,8292 | 5,5 | 29,91 | 13,79 | 6,49 | 1,908 |
| 2 | 3,41667 | 65,1742 | 14,7192 | 5,9 | 31,6 | 11,47 | 4,08 | 1,094 |
| 3 | 6,9 | 60,77 | 15,64 | 4,8 | 31,2 | 16,12 | 8,34 | 2,459 |
| 4 | 1,75 | 65,92 | 15,64 | 7,3 | 27,49 | 10,2 | 2,38 | 0,712 |
| 5 | 8,68 | 60,77 | 13,86 | 4,9 | 29,2 | 15,14 | 8,23 | 2,5 |
| 6 | 5,08333 | 64,4283 | 13,7983 | 5,6 | 29,76 | 13,26 | 5,09 | 1,406 |
| 7 | 1,75 | 67,135 | 14,425 | 6,7 | 27,21 | 10,92 | 2,45 | 0,502 |
| 8 | 5,71 | 65,38 | 12,22 | 6,3 | 29,81 | 13,44 | 5,73 | 1,636 |
| 9 | 2,74 | 68,35 | 12,22 | 5 | 28,63 | 11,42 | 3,35 | 0,823 |
| 10 | 4,325 | 63,345 | 15,64 | 6,3 | 27,79 | 12,07 | 4,44 | 1,025 |
| 11 | 8,68 | 62,41 | 12,22 | 4,6 | 30,68 | 15,68 | 8,28 | 2,51 |

Anexo 03 . Matriz experimental de las variables independientes y atributos de evaluación sensorial, según el diseño experimental de mezclas D-óptimal.

| Tratamiento | Componente 1 A: Proteína foliar % | Componente 2 B: Harina de trigo % | Componente 3 C: Huevo % | Respuesta 1 aceptación sensorial | Respuesta 2 Color | Respuesta 3 Olor | Respuesta 4 sabor | Respuesta 5 textura | Respuesta 6 aparición |
|-------------|--|--|-------------------------------|--|----------------------|---------------------|----------------------|------------------------|--------------------------|
| 1 | 6,88167 | 62,5992 | 13,8292 | 5,5 | 5,3 | 5,2 | 5,9 | 6,1 | 5,2 |
| 2 | 3,41667 | 65,1742 | 14,7192 | 5,9 | 7,3 | 5,4 | 5,0 | 5,6 | 6,1 |
| 3 | 6,9 | 60,77 | 15,64 | 4,8 | 4,5 | 5,1 | 4,5 | 5,6 | 4,9 |
| 4 | 1,75 | 65,92 | 15,64 | 7,3 | 7,3 | 7,1 | 7,5 | 7,5 | 7,1 |
| 5 | 8,68 | 60,77 | 13,86 | 4,9 | 3,6 | 5,1 | 4,8 | 5,0 | 4,3 |
| 6 | 5,08333 | 64,4283 | 13,7983 | 5,6 | 6,8 | 5,2 | 4,6 | 5,5 | 6,1 |
| 7 | 1,75 | 67,135 | 14,425 | 6,7 | 7,1 | 7,1 | 6,4 | 6,2 | 6,9 |
| 8 | 5,71 | 65,38 | 12,22 | 6,3 | 7,1 | 6,0 | 5,9 | 5,9 | 6,8 |
| 9 | 2,74 | 68,35 | 12,22 | 5 | 5,8 | 4,7 | 5,0 | 4,4 | 5,2 |
| 10 | 4,325 | 63,345 | 15,64 | 6,3 | 6,4 | 6,2 | 6,1 | 6,3 | 6,3 |
| 11 | 8,68 | 62,41 | 12,22 | 4,6 | 4,8 | 4,3 | 4,3 | 5,3 | 5,2 |

ANEXO 04

Resultados de la evaluación sensorial por atributos por los panelistas entrenados.

Atributo: COLOR

| Panelista | Tratamientos | | | | | | | | | | |
|-----------------|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 | T10 | T11 |
| 1 | 7 | 6 | 6 | 8 | 6 | 8 | 8 | 7 | 6 | 7 | 6 |
| 2 | 7 | 8 | 4 | 8 | 4 | 4 | 8 | 7 | 7 | 7 | 4 |
| 3 | 7 | 9 | 8 | 9 | 5 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 4 |
| 4 | 3 | 4 | 1 | 9 | 1 | 4 | 4 | 3 | 1 | 5 | 1 |
| 5 | 7 | 9 | 7 | 9 | 2 | 9 | 8 | 8 | 7 | 7 | 7 |
| 6 | 5 | 7 | 3 | 9 | 3 | 6 | 8 | 7 | 6 | 4 | 4 |
| 7 | 4 | 8 | 2 | 8 | 3 | 7 | 6 | 9 | 3 | 6 | 6 |
| 8 | 5 | 7 | 5 | 4 | 1 | 9 | 8 | 8 | 9 | 9 | 6 |
| 9 | 3 | 9 | 6 | 7 | 9 | 7 | 8 | 8 | 6 | 3 | 7 |
| 10 | 5 | 6 | 3 | 2 | 2 | 5 | 4 | 5 | 4 | 7 | 3 |
| Total | 53 | 73 | 45 | 73 | 36 | 68 | 71 | 71 | 58 | 64 | 48 |
| Promedio | 5,3 | 7,3 | 4,5 | 7,3 | 3,6 | 6,8 | 7,1 | 7,1 | 5,8 | 6,4 | 4,8 |

Atributo: OLOR

| Panelista | Tratamientos | | | | | | | | | | |
|-----------------|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------|------------|------------|------------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 | T10 | T11 |
| 1 | 5 | 6 | 6 | 7 | 6 | 7 | 7 | 7 | 6 | 7 | 6 |
| 2 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| 3 | 8 | 9 | 8 | 9 | 7 | 9 | 9 | 9 | 8 | 9 | 6 |
| 4 | 4 | 2 | 2 | 9 | 1 | 3 | 6 | 4 | 4 | 7 | 1 |
| 5 | 2 | 5 | 7 | 9 | 5 | 5 | 7 | 5 | 3 | 3 | 1 |
| 6 | 3 | 5 | 4 | 8 | 3 | 7 | 7 | 4 | 4 | 6 | 3 |
| 7 | 5 | 6 | 4 | 4 | 2 | 3 | 6 | 8 | 6 | 7 | 4 |
| 8 | 9 | 3 | 3 | 8 | 7 | 4 | 9 | 5 | 1 | 7 | 6 |
| 9 | 6 | 6 | 6 | 5 | 8 | 3 | 8 | 8 | 4 | 6 | 4 |
| 10 | 4 | 6 | 5 | 6 | 6 | 5 | 6 | 4 | 5 | 4 | 6 |
| Total | 52 | 54 | 51 | 71 | 51 | 52 | 71 | 60 | 47 | 62 | 43 |
| Promedio | 5,2 | 5,4 | 5,1 | 7,1 | 5,1 | 5,2 | 7,1 | 6 | 4,7 | 6,2 | 4,3 |

ANEXO 04 (Continuación)

Resultados de la evaluación sensorial por atributos por los panelistas entrenados.

Atributo: SABOR

| Panelista | Tratamientos | | | | | | | | | | |
|------------------|--------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 | T10 | T11 |
| 1 | 6 | 6 | 7 | 7 | 6 | 7 | 7 | 7 | 6 | 6 | 7 |
| 2 | 8 | 6 | 7 | 6 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 | 7 |
| 3 | 8 | 8 | 7 | 9 | 6 | 8 | 7 | 8 | 8 | 9 | 6 |
| 4 | 2 | 2 | 1 | 8 | 1 | 2 | 5 | 4 | 6 | 6 | 1 |
| 5 | 5 | 3 | 6 | 9 | 5 | 3 | 8 | 4 | 4 | 4 | 2 |
| 6 | 7 | 2 | 6 | 8 | 4 | 2 | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 |
| 7 | 7 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 9 | 7 | 4 | 5 | 5 |
| 8 | 5 | 7 | 1 | 9 | 7 | 3 | 8 | 6 | 2 | 6 | 1 |
| 9 | 7 | 6 | 2 | 8 | 6 | 5 | 4 | 6 | 4 | 7 | 7 |
| 10 | 4 | 6 | 3 | 6 | 3 | 6 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 |
| Total | 59 | 50 | 45 | 75 | 48 | 46 | 64 | 59 | 50 | 61 | 43 |
| Promedio: | 5,9 | 5 | 4,5 | 7,5 | 4,8 | 4,6 | 6,4 | 5,9 | 5 | 6,1 | 4,3 |

Atributo: TEXTURA

| Panelista | Tratamientos | | | | | | | | | | |
|-----------------|--------------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 | T10 | T11 |
| 1 | 7 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 2 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| 3 | 8 | 7 | 8 | 9 | 8 | 8 | 7 | 9 | 6 | 8 | 6 |
| 4 | 1 | 5 | 4 | 9 | 1 | 1 | 4 | 3 | 1 | 6 | 1 |
| 5 | 5 | 4 | 5 | 9 | 5 | 6 | 8 | 4 | 5 | 6 | 4 |
| 6 | 8 | 4 | 6 | 9 | 3 | 6 | 4 | 5 | 6 | 6 | 3 |
| 7 | 8 | 5 | 4 | 4 | 6 | 5 | 9 | 8 | 4 | 6 | 6 |
| 8 | 6 | 7 | 2 | 8 | 5 | 2 | 4 | 5 | 1 | 7 | 5 |
| 9 | 7 | 4 | 7 | 8 | 3 | 8 | 6 | 5 | 2 | 5 | 8 |
| 10 | 5 | 6 | 6 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 5 | 5 | 6 |
| Total | 61 | 56 | 56 | 75 | 50 | 55 | 62 | 59 | 44 | 63 | 53 |
| Promedio | 6,1 | 5,6 | 5,6 | 7,5 | 5 | 5,5 | 6,2 | 5,9 | 4,4 | 6,3 | 5,3 |

ANEXO 04 (Continuación)

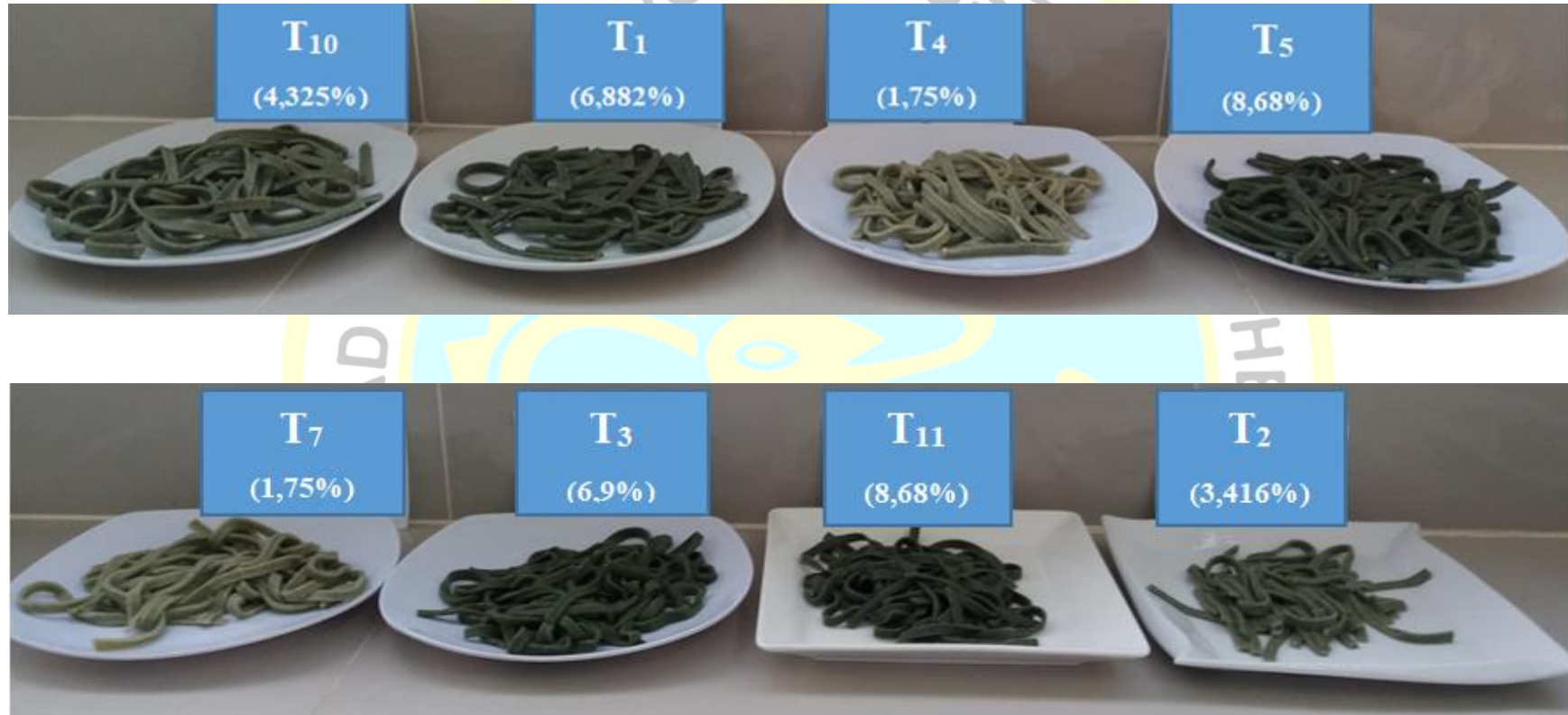
Resultados de la evaluación sensorial por atributos por los panelistas entrenados.

Atributo: Apariencia

| Panelista | Tratamientos | | | | | | | | | | |
|-----------|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 | T10 | T11 |
| 1 | 7 | 7 | 7 | 8 | 7 | 7 | 8 | 7 | 7 | 6 | 8 |
| 2 | 7 | 7 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 6 | 7 | 7 | 6 |
| 3 | 8 | 8 | 6 | 9 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 | 7 |
| 4 | 1 | 2 | 3 | 9 | 1 | 3 | 6 | 3 | 1 | 7 | 1 |
| 5 | 5 | 6 | 4 | 9 | 4 | 7 | 9 | 7 | 6 | 6 | 4 |
| 6 | 6 | 6 | 5 | 9 | 3 | 5 | 9 | 8 | 4 | 8 | 4 |
| 7 | 8 | 6 | 5 | 5 | 4 | 5 | 7 | 8 | 2 | 5 | 4 |
| 8 | 4 | 5 | 6 | 7 | 1 | 7 | 8 | 8 | 4 | 6 | 7 |
| 9 | 3 | 8 | 2 | 6 | 5 | 7 | 4 | 7 | 8 | 5 | 6 |
| 10 | 3 | 6 | 5 | 3 | 4 | 5 | 3 | 6 | 5 | 4 | 5 |
| Total | 52 | 61 | 49 | 71 | 43 | 61 | 69 | 68 | 52 | 63 | 52 |
| Promedio | 5,2 | 6,1 | 4,9 | 7,1 | 4,3 | 6,1 | 6,9 | 6,8 | 5,2 | 6,3 | 5,2 |

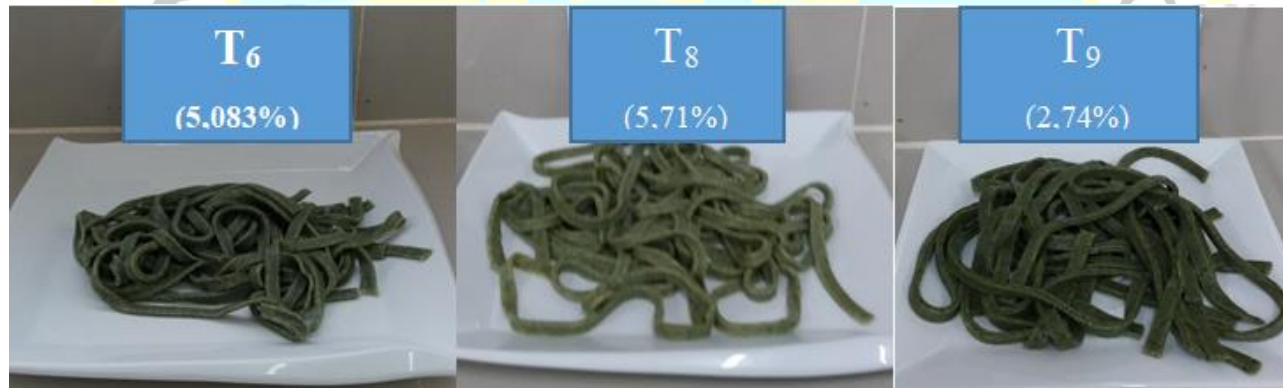
ANEXO 05

Pastas fortificadas con proteína foliar de alfalfa para el análisis sensorial.



ANEXO 05 (continuación)

Pastas fortificadas con proteína foliar de alfalfa para el análisis sensorial.



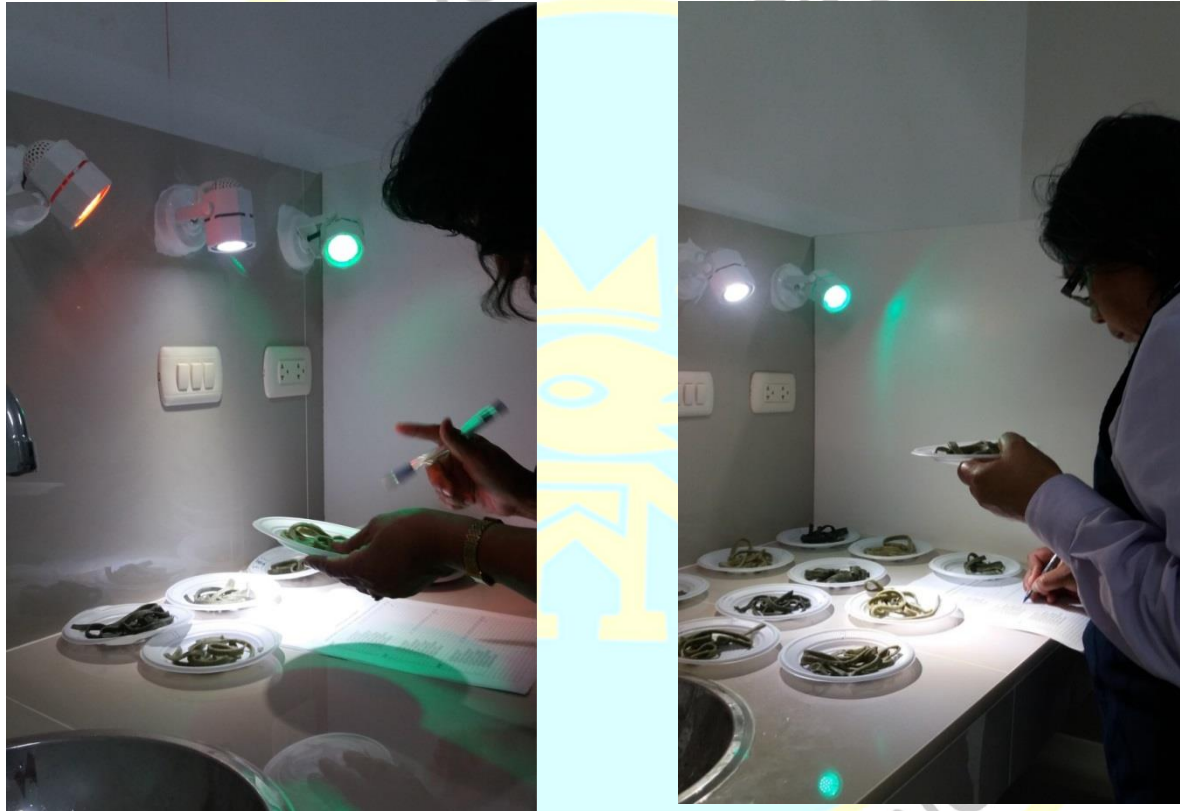
ANEXO 06

Evaluación sensorial de las pastas alimenticias fortificadas con proteína foliar de alfalfa



ANEXO 06 (continuación)

Evaluación sensorial de las pastas alimenticias fortificadas con proteína foliar de alfalfa

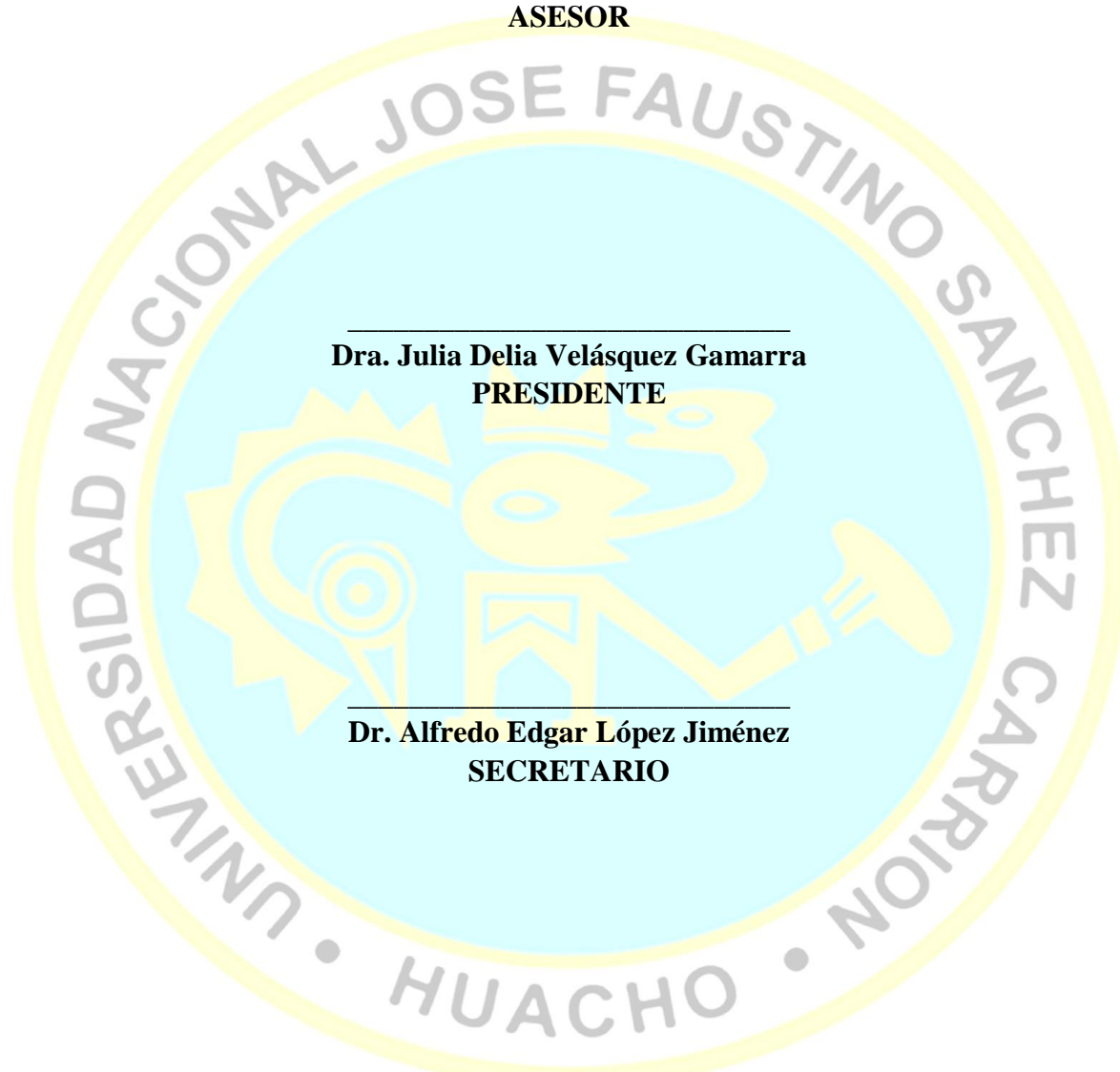


ANEXO 7 MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tema: Formulación y evaluación del aporte nutricional de las pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa

| PROBLEMAS | OBJETIVOS | HIPOTESIS | VARIABLES | INDICADORES | METODOLOGÍA |
|--|--|---|---|--|--|
| 1. Problema General | 1. Objetivo General | 1. Hipótesis General | Variable Independiente | | |
| ¿Cómo formular y evaluar pastas alimenticias fortificadas con proteína foliar de alfalfa (<i>Medicago sativa</i>) de alto aporte nutricional y de mayor aceptabilidad por el consumidor? | Formular y evaluar pastas alimenticias con proteína foliar de alfalfa (<i>Medicago sativa</i>) de alto aporte nutricional y de mayor aceptabilidad por el consumidor. | La fortificación de las pastas alimenticias con proteína foliar de alfalfa aumenta la calidad nutricional de ésta, con proteínas y micronutrientes (hierro, calcio y β -caroteno) y es aceptable pro el consumidor. | Formulación de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa (<i>Medicago sativa</i>) | <ul style="list-style-type: none"> • Extracción de la Proteína foliar de alfalfa • Composición químico - bromatológico. • Mezcla óptima | <p>* Por termo coagulación (según Felow, 1987)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Métodos y técnicas aprobados por la AOAC • Diseño experimental de mezclas con análisis de superficie de respuesta. |
| 2. Problemas específicos | 2. Objetivos Específicos | 2. Hipótesis Específicas | Variable Dependiente: | | |
| <ol style="list-style-type: none"> 1) ¿Cuál es la composición química-bromatológica de la proteína foliar de alfalfa (<i>Medicago sativa</i>), harina de trigo y huevo. 2) ¿Cuál es el porcentaje óptimo de proteína foliar de alfalfa entre 1,75% a 8,68% para fortificar pastas alimenticias? 3) ¿Qué niveles de proteína, hierro y β-caroteno en las pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa (<i>Medicago sativa</i>). 4) ¿Cuál es el grado de aceptabilidad de la pasta alimenticia fortificada con proteína foliar de alfalfa (<i>Medicago sativa</i>) por escala hedónica. 5) ¿Cuál es el aporte nutricional de la pasta alimenticia fortificada con proteína foliar de alfalfa de mayor aceptabilidad? | <ol style="list-style-type: none"> 1) Determinar la composición química-bromatológica de la proteína foliar de alfalfa (<i>Medicago sativa</i>), harina de trigo y huevo. 2) Establecer el nivel óptimo de proteína foliar de alfalfa entre 1,75% a 8,68% para fortificar pastas alimenticias por el método diseño de mezclas D-óptimal. 3) Cuantificar los niveles de proteína, hierro y β-caroteno en las pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa (<i>Medicago sativa</i>). 4) Determinar el grado de aceptabilidad de la pasta alimenticia fortificada con proteína foliar de alfalfa (<i>Medicago sativa</i>) por escala hedónica. 5) Evaluar el aporte nutricional de la pasta alimenticia fortificada con proteína foliar de alfalfa de mayor aceptabilidad: proteína, hierro, magnesio y B-caroteno. | <ol style="list-style-type: none"> 1) La buena formulación de la pasta alimenticia va a permitir obtener una pasta alimenticia fortificada con proteína, hierro, calcio y β-caroteno de calidad. 2) La fortificación de la pasta alimenticia con las concentraciones de proteína foliar de alfalfa aseguran la aceptabilidad del consumidor. | <p>Evaluación del aporte nutricional y aceptabilidad de pastas alimenticias fortificado con proteína foliar de alfalfa.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Composición químico bromatológico (humedad, proteína cenizas) • β-caroteno • Niveles de hierro, y calcio • N° total de coliformes • Recuento de mohos • Análisis sensorial | <ul style="list-style-type: none"> • Método oficiales de la AOAC – 2006-2012) • Método HPLC- 1984 • Método EAA- AOAC- 2005 • NMP • Recuento en Placa. IMSC • Escala hedónica de 9 puntos, adaptado por Anzaldúa-Morales (1994) |

Dra. Zoila Felipa Honorio Durand
ASESOR



Dra. Julia Delia Velásquez Gamarra
PRESIDENTE

Dr. Alfredo Edgar López Jiménez
SECRETARIO

Dra. Soledad Dionisia Llañez Bustamante
VOCAL