

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias



Una Institución Adventista

Aporte de aminoácidos esenciales en mezclas alimenticias de origen vegetal por métodos computacionales

Por:

Guine Sofia Coila Enriquez

Asesor:

MSc. Carmen Rosa Apaza Humerez

Juliaca, septiembre de 2020

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Carmen Rosa Apaza Humerez, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente trabajo de investigación titulado: "APORTE DE AMINOÁCIDOS ESENCIALES EN MEZCLAS ALIMENTICIAS DE ORIGEN VEGETAL POR MÉTODOS COMPUTACIONALES" constituye la memoria que presenta la estudiante Guine Sofia Coila Enriquez para aspirar al Grado Académico de Bachiller en Ingeniería de Industrias Alimentarias, cuyo trabajo de investigación ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca, a los 20 días del mes de septiembre del año 2020.



Carmen Rosa Apaza Humerez
Asesor

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiari, a 07 día(s) del mes de Setiembre del año 2020, siendo las 4:00 horas,

se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión campus Juliaca, bajo la dirección del (de la)

presidente(a): Ing. Joel Jerson Boaquira Quirpe el(la)

secretario(a): Ing. Ana Monica Corra Jimenez y los demás miembros:

Ing. Edgar Mayta Pinto

y el(la) asesor(a) MSc. Carmen Rosa Apaza Huarez

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación del trabajo de

investigación titulado: "Aporte de aminoácidos esenciales en mezclas alimenticias de origen vegetal por métodos computacionales"

de los (las) egresados (as): a) Guine Sofia Boila Emiques

b)

conducente a la obtención del grado académico de Bachiller en

Ingeniería de Industrias Alimentarias
(Denominación del Grado Académico de Bachiller)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando a la candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por la candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato/a (a): Guine Sofia Boila Emiques

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Líteral	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>19</u>	<u>A</u>	<u>Excelente</u>	<u>Excelencia</u>

Candidato/a (b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Líteral	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó a la candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

[Firma]
Presidente/a

[Firma]
Secretario/a

[Firma]
Asesor/a

[Firma]
Miembro

Miembro

[Firma]
Candidato/a (a)

Candidato/a (b)

Aporte de aminoácidos esenciales en mezclas alimenticias de origen vegetal por métodos computacionales

Coila Enriquez Guine Sofia ^a, Apaza Humerez Carmen Rosa ^{a1}

^a EP Ingeniería de Industrias Alimentarias, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión

Resumen:

En la actualidad existen personas que optan por una alimentación mayormente vegetariana, sin embargo, la limitante sería la calidad proteica de los alimentos de origen vegetal, por ello es necesario identificar alimentos y sus mezclas las cuales cumplan con el requerimiento aminoacídico. El objetivo de la investigación fue determinar, por métodos computacionales, el aporte aminoacídico de combinaciones entre cereales, granos andinos y leguminosas, por el método PDCAAS. A su vez se logró optimizar las mejores mezclas proteicas de acuerdo con el patrón de referencia sugerido por la FAO. Los alimentos seleccionados fueron: arroz, avena, Kiwicha, Tarwi, cañihua, quinua, Maiz, soya, garbanzo, lenteja y haba, las cuales se combinaron en 67 mezclas (corridas), siendo 26 mezclas significativas, ya que cumplían con el patrón de referencia de adultos y escolares, luego se obtuvieron 95 mezclas optimas en base a referencia del grupo etario de 0.5 años, estas presentaron alimentos predominantes como la quinua, Kiwicha, soya y lenteja, en base a estos alimentos se realizó una segunda optimización obteniendo 94 mezclas optimas finales, expresadas en rangos, teniendo como mayor influyente en las mezclas, siendo su uso de kiwicha: 0-54%; quinua: 32-64%; soya: 3-44% y lenteja 0-33%, cumpliendo con el requerimiento en lisina 58 mg/g, Aminoácidos azufrados 31mg/g, treonina 34 mg/g y triptófano 10mg/g. En conclusión, se resaltó la importancia del contenido y aporte de aminoácidos esenciales en la dieta, adicional estas mezclas pueden ser destinadas a la sustitución en diferentes áreas como panificación, bebidas, análogos, entre otros

Palabras claves: Score aminoacídico; digestibilidad; diseño mezclas. PDCAAS

Summary

Currently, there are people who choose a mostly vegetarian diet, however, the limitation would be the protein quality of foods of plant origin, so it is necessary to identify foods and mixtures which meet the amino acid requirement. The research objective was to determine, through computational methods, the amino acid contribution of combinations between cereals, Andean grains and leguminous, through PDCAAS method. At the same time, it was a possible to optimize the best protein mixtures according to the reference standard suggested by FAO. The selected foods were: rice, oats, kiwicha, tarwi, cañihua, quinoa, corn, soy, chickpea, lentil and bean, which were combined in 67 mixtures (runs), being 26 significant mixtures, since they fulfilled the reference pattern of adults and schoolchildren, then there obtained 95 optimal mixtures based on reference of the age group of 0.5 years, these presented predominant foods such as quinoa, kiwicha, soy and lentil, based on these foods a second optimization was carried out, obtaining 94 final optimal mixtures, expressed in ranges, having as a major influence in the mixtures, being their use of kiwicha: 0-54%; quinoa: 32-64%; soy: 3-44% and lentil:0-33%, fulfilling the requirement in lysine 58 mg/g, sulfur amino acids 31 mg/g, threonine 34 mg/g and tryptophan 10 mg/g. In conclusion, it was highlighted the importance of the content and contribution of essential amino acids in the diet; additionally, these mixtures can be destined to the replacement in different areas such as bakery, drinks, analogues, among others.

Keywords: Amino acid score, digestibility, mixture design, PDCAAS

¹Autor de correspondencia: Coila Enriquez Guine Sofia
Km. 6 Carretera Arequipa. Villa Chullunquiani.
E-mail: guine.coila@upeu.edu.pe

1. Introducción

Hoy en día la población vegetariana ha ido creciendo considerablemente a nivel mundial, de igual forma a nivel local, en la ciudad de Juliaca se realizó un estudio acerca de las preferencias de consumo alimentario, se llegó a encuestar a 380 personas, de las cuales el 12% prefiere la dieta vegetariana (Luque, Quispe, & Aguilar, 2017), ese valor es considerable, por ese motivo no se puede estar ajeno a esta población, ya que ellos requieren por una dieta sin carnes ni productos de origen animal, dentro de la dieta vegetariana se optan por alimentos como cereales, frutas, legumbres, verduras, frutos secos, especias, hierbas, entre otros (Orellana, 2013). Esta población opta por un estilo de vida saludable por diversas razones. De acuerdo con Chávez (2016), en una investigación a nivel mundial, se encontró que el 32% de personas, se vuelven vegetarianas por cuidar su salud, un 21% por derecho y respeto a los animales, el 15% por presencia de aditivos y *hormonas* en la carne, un 13% por rechazo al sabor cárnico, 6 % por religión y el 4% por preocupación ambiental.

Cuando las personas eligen ese régimen alimenticio y optan por un cambio radical y en corto tiempo podrían presentar ciertas deficiencias nutricionales, en ese sentido se recomienda realizar el cambio paulatinamente y optar por la sustitución parcial de carne (*análogos o mezclas alimentarias*), mientras se van adaptando, poco a poco van cambiando sus costumbres alimentarias. Por lo mencionado, la industria alimentaria se ve en la oportunidad de suplir aquella necesidad que el consumidor amerita en aquel proceso de transición.

La sustitución de carne por alimentos de origen vegetal debe ser un estudio riguroso en el que se asegure que la proporción a sustituir cuente con las propiedades de la carne, como valor biológico y aceptación sensorial. Los alimentos de origen animal cuentan con diversos nutrientes como la proteína de calidad, además se caracterizan por tener otros nutrientes como el zinc, hierro, vitaminas del complejo B, entre otros. La calidad proteica que posee es debido a su contenido de aminoácidos esenciales, en cambio los alimentos de origen vegetal suelen ser deficientes en cuanto a algunos aminoácidos esenciales, sin embargo, es posible realizar combinaciones de fuentes vegetales y alcanzar proporciones que cumplan con los estándares de la FAO (Quesada & Gomez, 2019).

Existen diversos alimentos con alto grado de proteína vegetal y con otros compuestos importantes, teniendo a los alimentos de origen vegetal más destacables y por ende buenas alternativas de sustitución como los cereales que se constituyen de un excelente valor proteico presentando en su composición nutricional aminoácidos esenciales de calidad. Los aminoácidos esenciales que necesitamos son la histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina y cisteína, fenilalanina y la tirosina. Los cereales con una buena combinación equilibrada con las leguminosas forman una combinación de proteínas de alta calidad biológica, siendo una opción para reemplazar a la carne, leche y huevo, debido a que los cereales tiene algunos aminoácidos deficientes, sin embargo estos aminoácidos se encuentran en mayor cantidad en algunas leguminosas, por acción bibliográfica de esta manera se puede lograr la combinación adecuada (Santillan, Abril, & Andrade, 2019).

Los cereales y las legumbres además de aportar nutricionalmente son alimentos funcionales que aportan en el sistema inmune, es por ello que se han hecho formulaciones de mezclas para combatir la desnutrición en niños. (Bressani, Bejar, Viteri, & Arroyave). Y también se han realizado mezclas en base al requerimiento aminoacídico de niños, preescolares, adolescentes, jóvenes y adultos, del mismo modo estudios de sustituciones de origen animal por proteína de origen vegetal en diversos productos, específicamente en productos cárnicos, con cereales o leguminosas,

sin embargo, no se realizaron sustituciones al 50%. Por ello mediante esta investigación se pretende diseñar varias mezclas óptimas para sustituir la proteína animal por proteína vegetal de alta calidad biológica.

Para el análisis de la calidad proteica, existen métodos como: Método analítico, método matemático y método biológico. El método analítico consiste en la extracción de la proteína, mediante el cual se cuantificará la cantidad de aminoácidos y su contenido de nitrógeno, la determinación puede ser de manera directa e indirecta. Su proceso de obtención es mediante 3 hidrolisis tipificados, integrando la hidrolisis acida se liberan todos los aminoácidos, menos el triptófano, metionina y cisteína, y para la determinación de los últimos mencionados es mediante hidrolisis acida de proteína oxidada e hidrolisis alcalina para liberar el triptófano, posteriormente se realiza la cuantificación por medio de la cromatografía de iones de intercambio (AOAC, 2000). Según Maehre et al. (2018), este método no es confiable debido que, al momento de extraer, el rendimiento es variable e influye en el análisis, siendo su coeficiente de variación en laboratorio 5% y entre laboratorio alrededor del 10% (FAO, 2013). Dentro de los métodos matemáticos se encuentra el análisis por medio del score aminoacídico o puntaje químico, el cual consiste en el balance de aminoácidos esenciales con el fin de obtener datos referentes al contenido aminoacídico propuesto (FAO/OMS/UNU, 1985).

En 1989 se realizó una reunión con expertos, donde debatieron acerca de los métodos más idóneos para determinar la calidad proteínica y culminaron concluyendo que el método de PDCAAS es el más idóneo para establecer la calidad proteínica en alimentos o en diseño de mezclas alimenticias. Este método considera el requerimiento aminoacídico de los humanos valorando la digestibilidad, esto nos permite pronosticar acerca de los aminoácidos digestibles, de esta manera se puede establecer la calidad de las proteínas de fuentes vegetales y usarlo juntamente con alimentos que sean deficientes en algún aminoácido y poder complementarlo. Sin embargo, este método ha sido ampliamente criticado, ya que cuando se opta por el uso de una fuente desconocida para el diseño de mezclas alimenticias, no se sabe su contenido anti nutricional que posee ordinariamente y los que se genera cuando pasa por un proceso, más adelante pueden tener un efecto negativo en la digestibilidad de aminoácidos y empleo de proteínas (FAO, 2013). Con una combinación de los métodos matemáticos y biológicos se puede llegar a realizar una eficiente investigación de desarrollo de mezclas alimenticias de alto valor proteico.

El objetivo de la investigación es calcular los aminoácidos esenciales de mezclas alimenticias corregidos por la digestibilidad, a base de alimentos con alto valor proteínico seleccionando cereales y leguminosas en base a tablas de composición química de alimentos, usando métodos matemáticos para optimizar las mejores mezclas.

2. Materiales y métodos

2.1. Materiales

Para realizar la búsqueda bibliográfica sobre composición químico proximal, contenido de aminoácidos esenciales y factor de digestibilidad; en diversos alimentos como cereales, leguminosas y cultivos andinos, se usaron recursos como base de datos de revistas y repositorios de tesis de universidades, dentro de ellos están Scielo, Sciencedirect, EBSCO, repositorio de tesis de la UNALM, UPeU, entre otros. Del mismo modo se realizó una búsqueda acerca del uso de cereales y leguminosas en el diseño de mezclas alimenticias dirigidos a los distintos grupos etarios usando palabras claves como “score aminoácidos, calidad proteica, origen vegetal, patrón referencia para infantes, dieta vegetariana, etc”, en bases de datos ya mencionados. Además, se adquirió información de entidades como FAO, FAO/WHO/UNU, OMS para el uso de indicadores de requerimientos nutricionales de las personas. Así también se

consultó las páginas oficiales de la INIA para considerar la accesibilidad de algunos alimentos. Para realizar los cálculos: químico y aminoacídico e identificar los rangos de las mezclas alimenticias se utilizaron los softwares *Microsoft Excel* y *Design-expert 11*.

2.2. Métodos.

2.2.1. Selección de alternativas de origen vegetal de calidad proteica.

Para seleccionar alternativas de alimentos de origen vegetal de calidad proteica se realizó una búsqueda bibliográfica, tomando las siguientes acciones: (1) Identificación la composición químico proximal de los alimentos de origen vegetal y selección de los que contengan mayor contenido de proteína. (2) identificación del contenido de aminoácidos esenciales. (3) Identificación del factor de digestibilidad de la proteína. Una vez identificada la información se seleccionó los alimentos que cumplan con mayor contenido de proteína, mejor factor de digestibilidad, mayor contenido de aminoácidos esenciales y que sean de mayor accesibilidad.

2.2.2. Evaluación de la calidad proteica de mezclas alimenticias.

Los porcentajes se definieron usando el *Desing expert* en base al Diseño de Mezclas con once componentes. Respecto a la evaluación de la calidad proteica de mezclas de los alimentos seleccionados, se usó el método PDCAAS (Puntuación de aminoácidos corregida por la digestibilidad) que se basa en el cómputo químico para identificar el aporte proteico, mediante la fórmula:

$$Total\ de\ proteina = \frac{peso\ del\ alimento\ (g) \times aporte\ de\ proteina\ (\frac{g}{100g})}{100}$$

Y se usó el cómputo aminoacídico para medir el aporte de aminoácidos de cada alimento seleccionado, usando la siguiente formula:

$$Total\ aa\ (\frac{mg}{g\ de\ proteina}) = \frac{\sum\ aminoacidos\ (\frac{mg}{g})}{\sum\ proteina\ (\frac{g}{100g})}$$

Se tomó como consideración final el score de aminoácidos corregido por digestibilidad proteica, método sugerido por FAO, FDA y OMS. Este método hace referencia al score de aminoácidos (basado en el requerimiento de aminoácidos de las personas) y corregido por la digestibilidad de manera tal de obtener un valor y conocer la calidad de la proteína en estudio. Para hallar el factor de digestibilidad se usó la ecuación:

$$Factor\ digestibilidad = \frac{(a_1 * a_2) + (b_1 * b_2) + \dots + (j_1 * j_2) + (k_1 * k_2)}{\sum\ Proteina\ de\ la\ mezcla}$$

Donde: $a_1, b_1, c_1, d_1, \dots, j_1, k_1$ son el factor de digestibilidad de cada alimento; y $a_2, b_2, c_2, d_2, \dots, j_2, k_2$ son el contenido de proteína en base a la cantidad.

Finalmente, para calcular la cantidad de aminoácidos se obtuvo el producto entre digestibilidad y la cantidad de aminoácidos.

$$PDCAAS = Score\ (\frac{mg}{g}\ proteina) \times Digestibilidad$$

El PDCAAS más alto que puede alcanzar una proteína es el valor de uno, las calificaciones que estén por encima de este valor son indicador de que las mezclas realizadas cumplen con el Patrón propuesto por la FAO.

Para contrastar la calidad proteica se usó como referencia el Patrón propuesto y mejorado por la FAO/OMS/ONU (2013) identificando como grupo etario niños de 0.5 años.

2.2.3. Optimización de mezclas alimenticias.

Al final se seleccionaron las mezclas que cumplen con los requisitos y se optimizó con una variación del 5%. Colocando como patrón mínimo el requerimiento de niños de corta edad (0.5 años), según la FAO en aminoácidos y como máximo el valor limite alcanzado. Una vez determinada los alimentos predominantes de los 11 evaluados se realizó una segunda optimización en base a esos alimentos. Las mezclas óptimas (soluciones) se determinaron con el paquete estadístico *Design expert* considerando como objetivo mínimo el Patrón de referencia de la FAO.

2.2.4. Diseño experimental.

La investigación se llevó a cabo divididos en 3 fases; Diseño de mezclas, calidad proteínica y mezclas óptimas como se muestra en la figura.

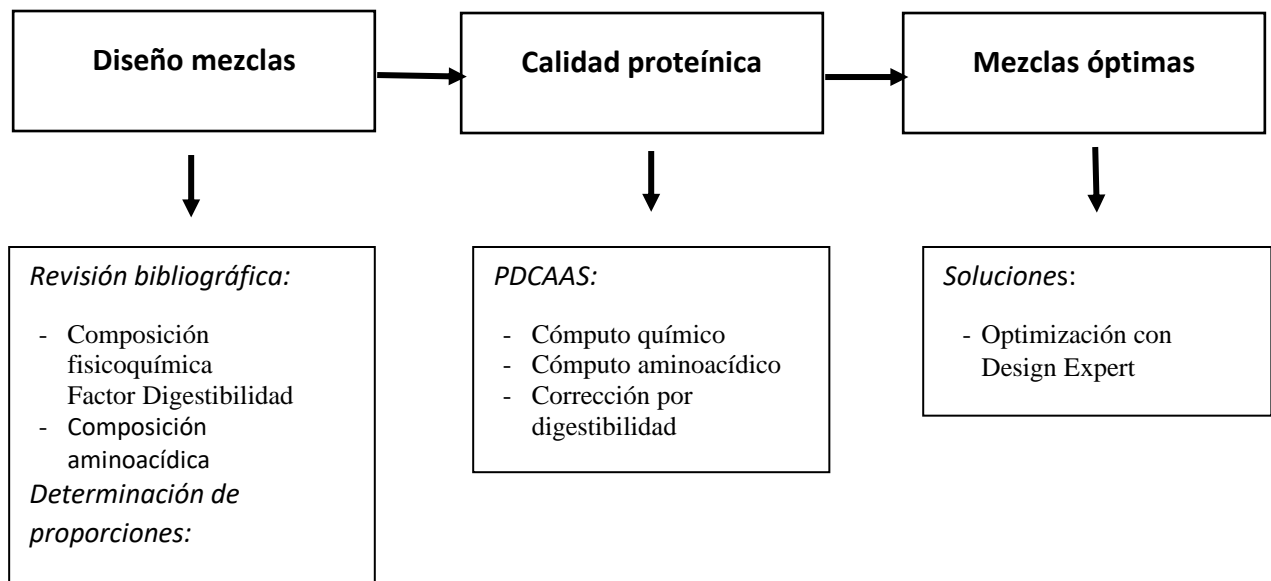


Figura 1. Ilustración del diseño de la investigación dividido en tres etapas.

Para la ejecución de la investigación se utilizó un diseño de mezclas del tipo simplex centroide, usando un rango de 0 – 100 de orden cuadrático y lineal, teniendo como componentes a los alimentos seleccionados y como variables respuestas a los aminoácidos indicadores (Lisina, Metionina + Cisteína, Treonina y Triptófano), como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1.

Diseño experimental

Componentes (%)	Respuestas (mg/g proteína)
Arroz	Lisina
Avena	

Kiwicha	Aminoácidos azufrados (Metionina + Cisteina)
Tarwi	Treonina
Cañihua	Triptófano
Quinua	
Maiz	
Soya	
Garbanzo	
Lenteja	
Haba	

Las corridas en donde se combinan todos los alimentos se procesaron en el software Microsoft Excel que, luego siguió los cálculos ya mencionados, las proporciones se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2.

Combinaciones de los alimentos seleccionados. (%)

C.	Arroz	Avena	Kiwicha	Tarwi	Cañihua	Quinua	Maiz	Soya	Garbanzo	Lenteja	Haba
1	50.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	50.00	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	50.00	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	50.00	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00
8	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00
9	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00
10	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00
11	0.00	50.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	0.00	50.00	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	0.00	50.00	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00
17	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00
18	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00
19	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00
20	0.00	0.00	50.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	0.00	0.00	50.00	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00
25	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00
26	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00
27	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00
28	0.00	0.00	0.00	50.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00
32	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00
33	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00
34	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00
35	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
36	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00
37	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00
38	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00
39	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00
40	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00
41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00
42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00
43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00
44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00
45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00
46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	50.00	0.00	0.00	0.00

47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00	50.00	0.00	0.00
48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00	50.00	0.00
49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00	50.00
50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	50.00	0.00	0.00
51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00	50.00	0.00
52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00	50.00
53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	50.00	0.00
54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00	50.00
55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	50.00
56	54.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55
57	4.55	54.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55
58	4.55	4.55	54.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55
59	4.55	4.55	4.55	54.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55
60	4.55	4.55	4.55	4.55	54.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55
61	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	54.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55
62	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	54.55	4.55	4.55	4.55	4.55
63	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	54.55	4.55	4.55	4.55
64	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	54.55	4.55	4.55
65	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	54.55	4.55
66	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	54.55
67	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09

3. Resultados y discusiones.

3.1. Selección de cereales, leguminosas y granos andinos a partir de referencias.

De acuerdo con un informe de la página oficial de la INEI informó que hasta el 2018 hubo un incremento en las producciones principales del Perú, dentro de ellos se encuentran el maíz amarillo, la quinua, el arroz, la avena, el maíz morado, el trigo, etc. Desde el 2017-2018, el incremento de la producción expresada en toneladas métricas para el arroz fue de 14%, el maíz amarillo presenta un incremento del 1.2% y en caso de la quinua y avena, 9.3 % y 1.9% respectivamente. En el año 2019-2020 se informó un incremento en el maíz de 20%, sin embargo, la quinua presento un descenso en la producción de 6% y el arroz se produjo 47% más que el 2019. Estos valores son importantes tomarlo en cuenta porque nos indican la accesibilidad que nos brindara cada alimento (INEI, 2020).

Tabla 3.

Composición proteínica, aminoacídica y digestibilidad de cereales, pseudocereales y leguminosas

Alimentos	Proteína	Lisina	AA	Treonina	Triptófano	Digestibilidad
	(g/100g)	mg/g de proteína				
Arroz blanco	6.61 ^m	40.2 ^d	36.5 ^d	38.6 ^d	13.4 ^d	0.78
Avena	11.5 ^q	37 ^q	45 ^q	34 ^q	13 ^q	0.80 ^r
Kiwicha Caudatus	14.3 ^e	64 ^e	48 ^e	36 ^e	12 ^e	0.82 ⁿ
Tarwi Sweet	44.3 ^b	49 ^b	23 ^b	30 ^b	8 ^b	0.87 ⁿ
Cañihua Pardo	14.3 ^f	55.3 ^f	16 ^f	44.1 ^f	8.5 ^f	0.78 ^j
Quinoa Real Puno	14.4 ^a	79 ^a	90 ^a	57 ^a	8 ^a	0.80 ^p
Maiz grano amarillo	9.42 ^d	28 ^d	39 ^d	37.6 ^d	7.1 ^d	0.79 ^o
Soya (grano)	37.3 ^c	68 ^c	33 ^c	41 ^c	14 ^c	0.80 ^h
Garbanzo	19.30 ^m	72 ^g	17 ^g	31 ^g	9 ^g	0.67 ^l

Lenteja	25.80 ^m	70 ^d	17 ^d	35 ^d	7 ^d	0.83 ^k
Haba	26.12 ^m	70 ^d	17 ^d	35 ^d	9.5 ^d	0.77 ⁱ

Fuente: ^a(Zea, 2011), ^b(Laurente, 2016), ^c(Toledo, 2016) ^d(Aylas, 2017), ^e(Hurtado & Rodríguez), ^f(Huanatico, 2008) ^g(Mamani & Quispe, 2017), ^h(Espinoza, 2017), ⁱ(Maya, 2009), ^j(Javier & Lima, 2013), ^k(Chockry & Joyce, 2012), ^l(Montoya, 2012), ^m(INCAP, 2012), ⁿ(Irigoin, 2016), ^o(Ruiz & Vasquez, 2018), ^p(Mansilla, 2018), ^q(Pezua, 2017), ^r(Cruz, 2007), ^s(Barreto & Toledo, 2017)

La Tabla 3 presenta el contenido de proteína en g por 100g de muestra de los distintos alimentos estudiados. Las leguminosas presentan altos valores de proteína llegando a 37.3 g/100g contenidas en el grano de soya a comparación de los cereales y granos andinos, teniendo a la quinua con mayor valor proteico 14.4 g/100g. En su composición aminoacídica de igual forma las leguminosas presentan valores más altos en lisina, caso de la Haba, lenteja y Soya, sin embargo, resalta el grano andino quinua con un contenido de lisina de 79 mg/g de proteína, considerando como patrón que los alimentos de origen animal tienen un contenido elevado en lisina. Valdivia (2017) menciona, que la proteína de leche entera contiene 168 mg/g de proteína y la proteína de huevo 70 mg/g de proteína (Toledo, 2016), comparando con este valor se determina que la quinua es un buen sustituyente de la proteína animal, ya que contiene 79 mg/g de proteína. En cuanto al contenido de aminoácidos azufrados la mayoría de las leguminosas presentadas son deficientes, sin embargo, los cereales y granos andinos son ricos en metionina y cistina, congeniando con Aylas (2017), se recomienda realizar las mezclas para una buena complementación, ya que los aminoácidos estudiados son deficientes mayormente en algunos alimentos, además las proteínas absorbidas en los alimentos no duran mucho tiempo (Santillan, 2018).

En cuanto a digestibilidad los cereales muestran un rango intermedio, y las leguminosas un rango bajo. El hecho que las leguminosas muestren un contenido alto en proteína no significa que sea de calidad biológica, su calidad proteínica se corrobora con la digestibilidad, en caso de que los valores fueran igual a 100% o 1, significa que la cantidad de nitrógeno suministrado fue absorbido completamente (Sosa, 2017). Los alimentos superiores en digestibilidad son los de origen animal, la leche presenta 100%, el huevo 95% y la carne 95.09% (Samayoa, 2005) (Farouk, Wu, Frost, & Staincliffe, 2019). En los alimentos estudiados la quinua y soya presentan la misma digestibilidad que la carne, y la Kiwicha, Tarwi y lenteja superan el 80%, denominándose adecuados para una mezcla de alto valor proteico.

3.2. Optimización 1.

Se obtuvieron resultados de las 67 mezclas corregidos por la digestibilidad y de estas se realizó una optimización, dando como resultado 95 mezclas, representadas en rangos, en la Tabla 4 se puede apreciar que los alimentos predominantes son la Kiwicha, quinua, soya y lenteja. De igual forma se observa el patrón de requerimiento aminoacídico considerado mínimo y máximo de acuerdo con la FAO.

Tabla 4.

Valores expresada en rangos (%) a partir de 95 mezclas obtenidas por la optimización de 67 mezclas anteriores.

	Arr	Ave	Kiw	Cañ	Qui	Maiz	Soya	Garb	Lent	Hab	Lis	AAS	Tre	Trip
Min	0.0	0.0	0.0	0.0	12.0	0.0	23.4	0.0	0.0	0.0	58	29	33	10
Max	6.4	2.8	41.6	2.6	51.6	2.2	46.8	5.3	23.6	4.9	59	46	37	10

La tabla 4 se observa que la mayoría de las formulaciones que cumplen con el patrón de referencia se combinan entre cereales y leguminosas, los granos andinos que más resaltan y más influencia tienen son la Kiwicha y la quinua, en cuanto a leguminosas es la soya y la lenteja. La leguminosa soya tiene un contenido elevado en lisina, treonina, triptófano, incluso en AAS, por otro lado el ingrediente menos usado es el arroz, avena, Tarwi y Maiz, de igual forma en un estudio Toledo (2016), realizó un análisis computo aminoacídico de una mezcla de tres harinas de soya, avena, y trigo y como resultado informo que la harina de soya no tiene limitaciones en los aminoácidos esenciales, sin embargo la harina de avena demostró ser deficiente en lisina y treonina con 58.40% y 90.14% respectivamente. La mezcla de esas harinas presento deficiencias en cuanto a lisina y treonina de 76.54% y 98.13%, los cuales debieron ser mayor a 100%, para ser considerados adecuados

Por otro lado, según Caballero (2017), quien realizó un estudio de consumos más frecuentes en la altura y convivencia cerca del mar del Perú, informa que el consumo frecuente de alimentos en caso de la altura principalmente es de cereales y leguminosas como el arroz con 90%, avena con 77%, quinua con 53.5 %, guisos 32% y lentejas con 59%. De igual forma en la Costa el consumo de arroz es de 73%, lentejas 50.5% y frejol 58%. Se llegó a la conclusión que en los lugares de altura del Perú se consume más frecuentemente el arroz, la quinua y la lenteja. Por este motivo se realizó una segunda optimización a partir de los alimentos predominantes ya mencionados, además de su alto contenido en los aminoácidos limitantes.

Así también, la Tabla 4 presenta valores altos en lisina, aminoácidos azufrados, treonina y triptófano, estos valores son resaltables, ya que cuando se emplee en cualquier procesamiento o sustitución para cualquier producto alimentario y pase por condiciones térmicas bajas y elevadas, o cambios de ph, aun así, seguirá cumpliendo con los requerimientos. En un trabajo reportado por Aylas (2017), quien selecciono alimentos de acuerdo a su valor nutricional y accesibilidad en cuanto precios, trabajo con arroz, Maiz, quinua, lenteja y Tarwi en presentación de harinas extruidas, considerando como patrón de referencia a niños mayores de once años, reporto que las mezclas 2,4 y 7 corregidas por la digestibilidad y correspondientes a arroz, Maiz y Tarwi; arroz, quinua y Tarwi; quinua, lenteja y Tarwi alcanzaron 20,53; 20,41 y 23,15 de proteína respectivamente, sin embargo mostraron una deficiencia en aminoácidos azufrados, así mismo menciona que las mezclas (arroz y Tarwi), (arroz, quinua y Tarwi), (quinua, lenteja y Tarwi) cubren el requerimiento en lisina y sobrepasan en treonina y triptófano. Esa deficiencia mencionada se debe al proceso de extrusión que pasaron las mezclas, sin embargo, en caso nuestro también se usó mayoritariamente las leguminosas, pero no hay una respuesta negativa, debido a que no se le sometió a ningún tratamiento térmico o de proceso.

Los alimentos están expuestos a la pérdida de nutrientes cuando pasan por procesos que intervienen en el desarrollo de un producto, pierden macronutrientes y micronutrientes, entre ellas se encuentran las proteínas y los aminoácidos esenciales que nos aportan los alimentos, esa pérdida es debido a la estructura que poseen, por una falta de resistencia. Basulto et al. (2014), mencionan que las altas temperaturas como cocción, además de la eliminación o reducción de vitamina c, tiamina, riboflavina y el ácido fólico. Del mismo modo la lisina, es débil frente a temperaturas prolongadas de cocción, esta afirmación es relevante para la investigación presente, por otro lado, menciona que la cocción incita a la aparición de anti nutricionales de las fuentes proteicas, este fenómeno es adverso a la digestibilidad de las mezclas desarrolladas (Humberto, Leon, & Llano, 2013).

La lisina es afectada por la interacción de los carbohidratos con aminoácidos a causa de la reacción de Maillard que sucede por la reacción de un grupo amino y un compuesto carbonilo, la lisina cuenta con un doble grupo amino, por ello es el más afectado. De igual forma mencionan que se produce reacciones químicas adversas durante el procesamiento y almacenamiento de alimentos ricos en proteínas, como la reacción de Maillard, degradación de Strecker, oxidación de lípidos. Y la interrelación de proteínas y lípidos oxidados conllevan a la eliminación de aminoácidos esenciales y a la producción de componentes anti nutricionales y algunas toxinas, desfavorables para el producto. Un entorno con ph alcalino pueden generar enlaces pseudopeptidicos y de lisinoalina, esto produce lantionina, aminoalanina, ornitina, ornitinoalanina, ácido diaminopropionico y lisinoalanina. Esto perjudica en la estabilidad de la lisina y arginina debido a la deficiente biodisponibilidad. Así también la interrelación con lípidos induce a la rentencion de la disponibilidad de los AA azufrados. En caso de la interrelación (Rodriguez & Perez, 2015).

3.3. Optimización 2.

La optimización se realizó con los alimentos predominantes de la primera optimización, las cuales fueron Kiwicha, quinua, soya y lenteja con el requerimiento más elevado del grupo etario de 0.5-1 año, de modo que los demás grupos etarios pueden satisfacerse y optar por una mezcla adecuada. El aminoácido deficiente fue evaluado, juntamente con los demás aminoácidos, donde fueron nivelados por el patrón de referencia, en el patrón de puntuación se tiene como influencia el efecto de los alimentos ricos aminoacidicamente, a fin de poder determinar si la proteína en estudio es conveniente o no. En los siguientes gráficos de Trazos se identificó la influencia de cada componente sobre la variable respuesta.

Gráficos de trazos

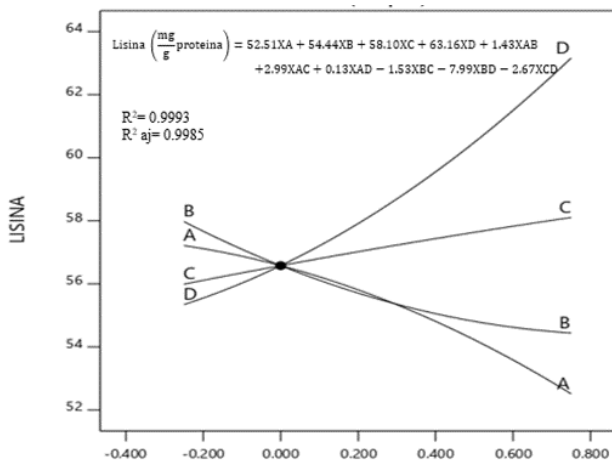


Figura 2. Ilustración de trazos del aminoácido lisina.

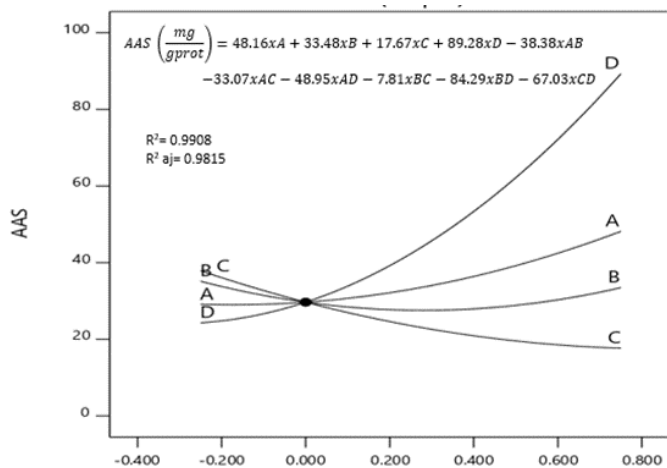


Figura 3. Ilustración de trazos de los AAS.

Los gráficos 2, 3, 4 y 5 presentan: A: kiwicha = 25; B: soya = 25; C: lenteja = 25; D: quinua = 25. El contenido de lisina se ve favorecido por el aumento de quinua y lenteja mayormente, el contenido de AAS aumenta cuando aumentan proporciones de quinua y kiwicha, el contenido de treonina es afectado positivamente por la quinua y el contenido de triptófano es favorecido cuando aumentan proporciones de soya y kiwicha. Claramente el componente que aporta significativamente en la mayoría de las respuestas es la quinua, seguida de la soya, la kiwicha y la lenteja. De igual forma las figuras mencionadas presentan los coeficientes de regresión estimados juntamente con el R2 y r'

ajustado, para todos los casos se trabajó con un modelo cuadrático (sugerido por el programa), como era de esperarse el valor de R^2 para todos los casos es muy cercano a la unidad.

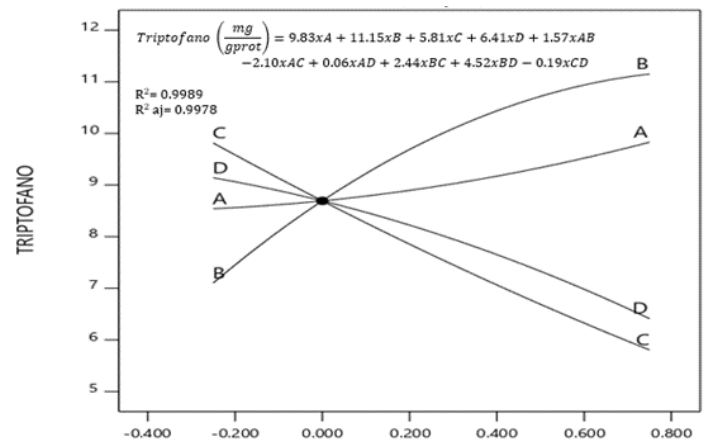
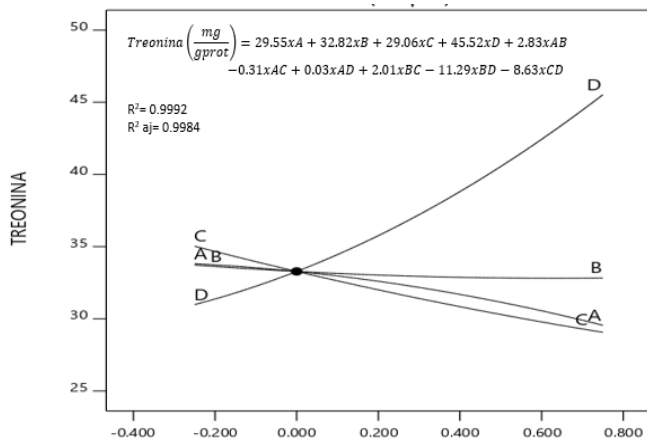


Figura 4. Ilustración de trazos del aminoácido treonina. Figura 5. Ilustración de trazos del aminoácido triptófano.

Las figuras 4 y 5 presentan a la quinua y soja como mayor influyente en el requerimiento de treonina y triptófano. En otro trabajo donde solo se trabajó con leguminosas Briones (2011), reporta el desarrollo de mezclas alimenticias requeridas para adultos, teniendo como patrón de referencia lisina 51 mg/g, Azufrados 26.0 mg/g, Treonina 35, 9 mg/g, Triptófano 11mg/g. En las cuales el Maiz combinados con lenteja, frijol y soja llegaron a cubrir el requerimiento en lisina con 54.39, 52.63, 51.43 respectivamente y en azufrados, treonina el Maiz con garbanzo, lenteja, frijol y soja fueron significativo, sin embargo, en triptófano solo fue significativo el Maiz con soja con 11.67 mg/g. Eso fue debido a que las leguminosas contienen menor cantidad de triptófano que los cereales, pero en caso nuestro la soja rompe ese dicho pues tiene un contenido elevado en triptófano, superando a cereales, granos andinos y demás leguminosas, tal como se demuestra en la figura 5.

Es indispensable el consumo de aminoácidos con la cantidad necesaria ya que los aminoácidos cumplen muchas funciones en el ser humano, La lisina favorece la degradación para la digestión de las grasas-colesterol, por ello el alto contenido de este compuesto en la dieta es favorable en todo sentido, por otro lado la metionina está involucrada en la acción de la taurina el cual induce a la acción cardíaca, actuando como neurotransmisor, en caso del triptófano es esencial debido al efecto que brinda en los neurotransmisores serotonina del cerebro, y en efecto es el que controla el sueño y el humor, las carencias de este compuesto conllevan a trastornos depresivos, dermatitis, demencia, diarrea, etc (Toledo, 2016). Estos compuestos están asociados directamente con el sistema nervioso, por ello se resalta la importancia de su consumo adecuado

3.3.1. Mezclas obtenidas en la segunda optimización.

En la tabla 5 se observa las diferentes formulaciones obtenidas a partir de alimentos mas predominantes como resultado en base a la optimización 1. Se observan 94 combinaciones, entre dos granos andinos y dos leguminosas expresadas en rangos. Se observa más específicamente en las Tablas 6 y 7. Y se observa como mayor influyente en las formulaciones a la quinua, debido a sus excelentes propiedades nutricionales. Así también, se aprecia los aminoácidos limitantes alcanzados basados en el requerimiento de los niños pequeños, de cada una de las formulaciones de la Tabla 5.

Tabla 5.

Proporciones finales a partir de granos andinos y leguminosas.

Rango	Kiwicha	Soya	Lenteja	Quinoa	Lisina	AAS	Treonina	Triptófano
min	0.00	2.96	0.00	31.72	57.00	29.13	33.81	8.51
max	54.35	43.94	33.33	63.57	58.73	54.47	39.04	9.65

FAO (2013), indica que se requiere un patrón de puntuación en lisina de 57mg/g, y de aminoácidos azufrados 27 mg/g, 31 mg/g de treonina y 8.5 mg/g de triptófano para niños pequeños de 0.5 años. La Tabla 5 presenta las mezclas compuestas por kiwicha, quinua, soya y lenteja, estas combinaciones entre cereales y leguminosas alcanzaron el patrón de referencia mínimo y máximo. Estas mezclas nos indican mediante rangos que se puede realizar una combinación de Kiwicha de 0-54.35% más quinua 31.72-63.57%, soya de 2.96-43.94% y lenteja de 0-33.33%, de esta forma no se limita al uso en cantidades ya que estas combinaciones cumplen con los requerimientos y es apropiado para su uso en diversos procesos o sustituciones. En la Tabla 5 también se observa que el componente mayor de uso según su rango es la quinua, luego la kiwicha, ambos alimentos han sido calificados como excelentes en calidad proteica, por ello en los últimos años han sido como tendencia de consumo en todo el mundo, usados en diversos procesos como sustituciones de la carne, componentes estructurales, reemplazantes de grasa, estabilizadores, etc. Básicamente el componente principal que hace posible todas sus aplicaciones son la cantidad de proteína y aminoácidos de calidad contenida (Verma, Rajkumar, & Kumar, 2019).

En cuanto a las leguminosas soya y lenteja, Monnet et al (2019) en una revisión mencionan que estos alimentos son superiores en proteína que los cereales, se han hecho investigaciones donde se uso las leguminosas como aporte en la estructuración o diseño de nuevos productos alimentarios debido a su capacidad de formar redes e interfaces. Con una unión de las propiedades tecnológicas de los granos andinos y leguminosas se puede lograr el diseño de mezclas alimenticias como uso en sustituciones de diversos alimentos como productos cárnicos, panes, muffins, etc, incluso se realizó sustituciones en fideos para la población celiaca, usando los alimentos como la quinua, Kiwicha y leguminosas, ya que no cuentan con gluten y son adecuados para ese tipo de población (Bilgiçli, 2013). Además de aumentar su aporte nutricional, garantiza una sustitución óptima de las proteínas de excelencia de la carne. Siendo esta el propósito principal de la investigación. De acuerdo con Álvarez & Bendezú (2011), quienes mencionan que la ingesta de alimentos que no cumplan con su requerimiento no cubre la resistencia a enfermedades, afecta al desarrollo y crecimiento natural del humano, así también se evidencia bajo rendimiento en los ambientes y actividades frecuentes de los adultos y escolares. Y por el contrario con una ingesta excesiva de alimentos genera enfermedades como obesidad y enfermedades crónicas. Los alimentos de consumo que afectan el estado de salud no proveen de los aminoácidos de calidad, refiere a la comida “chatarras” o comida rápida, los cuales son carentes en proteína y fibra.

4. Conclusiones.

El diseño de mezclas alimenticias en los tipos de poblaciones es de gran importancia por más mínima que sea estadísticamente, ellos también necesitan cubrir sus necesidades, para ello se seleccionó alimentos que sean adecuados y que cubran los requerimientos, considerando combinar alimentos entre cereales, leguminosas y granos andinos, debido a su amplio uso por su calidad proteínica y su accesibilidad. Mediante cálculos químicos y aminoacídicos se determinó el cálculo de aminoácidos esenciales que cumplen con el requerimiento del grupo etario de 0.5 años, teniendo como componentes óptimos a la Kiwicha, soya, lenteja y quinua con un rango de uso de 0-54.35; 2.96-43.94; 0-33.33 y 31.72-63.57 % respectivamente. De acuerdo con la tendencia de consumo en los últimos años de los alimentos mencionados se garantiza el uso en sustituciones, diseño de mezclas alimenticias de diversos productos, ya que cumplen con el patrón de referencia requerida.

Referencias

- Alvarez, G., & Bendezu, R. (2011). *Estado nutricional y su relacion con los habitos alimenticios de los internos de la EAP de enfermeria de la Universidad de Wiener*. Tesis de titulacion., Universidad de Wiener , Lima .
- AOAC. (2000). Official methods of analysis of the association of official analytical chemists international 17th edition, section 45.3.04 (AOAC Official Method 960.48, Protein Efficiency Ratio), section 45.3.05.
- Aylas, R. (2017). *Desarrollo de una mezcla alimenticia en polvo de balanceado valor proteico y libre de gluten, a base de cereales y leguminosas*. Tesis de maestria , Universidad de Chile , Santiago de Chile. Obtenido de http://renati.sunedu.gob.pe/bitstream/sunedu/138454/2/AYLAS%20HUAMAN_Robinson%20Marlon_TESIS.pdf
- Barreto, F., & Toledo, D. (2017). Evaluacion de la calidad proteica de la formulacion de harinas de soya, (Glycine max), avena (Avena tiva l.) y trigo(triticum aestivum l.) (1:1:2 y su efecto sobre la recuperacion de la desnutricion proteica inducida en ratas albinas (Rattus norvegicus). *Revista de investigacion cientifica.*, 2(1).
- Basulto, J., Moñino, M., Farran, A., Baladia, E., Manera, M., Cervera, P., . . . Labrador. (12 de Mayo de 2014). Recomendaciones de manipulacion domestica de frutas y hortalizas para preservar su valor nutritivo. *Revista española de nutricion humana y dietetica.*, 18(2), 100-115.
- Bilgiçli, N. (2013). Some chemical and sensory properties of gluten-free noodle prepared with different legume, pseudocereal and cereal flour blends. *Journal of Food and Nutrition Research.*, 52(4), 251-255.
- Bressani, R., Bejar, M., Viteri, F., & Arroyave, G. (s.f.). *Mezclas de proteinas vegetales para la alimentación de niños lactantes y preescolares*. Instituto de nutricion de centroamerica y panama (INCAP)., Guatemala.
- Briones, J. (2011). *Obtencion de harinas de cereales y leguminosas precocidas y su aplicacion en alimentos para el adulto mayor*. Tesis de maestria. , Instituto politecnico nacional , Mexico D.F.
- Caballero, L. (2017). *Patrones de consumo alimentario, estado nutricional y características metabolomicas en muestras poblacionales urbanas del nivel del mar y altura del Peru*. Tesis doctoral , Universidad peruana Cayetano Heredia. , Lima.
- Chavez, N. (2016). *Estudio de pre-factibilidad para la implementacion de un fast food de comida vegetariana*. Tesis de grado, Pontifica Universidad Catolica del Perú, San Miguel.
- Chockry, B., & Joyce, I. (Noviembre de 2012). In vitro protein digestibility and physico-chemical properties of flours and protein concentrates from two varieties of lentil (Lens culinaris). *Food Funct*, 310-321. doi:10.1039/c2fo30204g
- Cruz, A. (2007). *Estudio de la composicion quimica de espigas, hojas y tallos de avenas cultivadas en Hidalgo y Tlaxcala en los ciclos de cultivo 2003 y 2004*. Tesis de licenciatura. , Universidad autonoma del estado de Hidalgo. , Pachuca.

- Espinoza, A. (2017). *Digestibilidad de nutrientes y energia digestible de torta de soya (Glycine max) en juveniles de sabalo cola roja (Brycon erythropterum)*. Tesis de titulacion , Universidad nacional agraria la molina., Lima.
- FAO. (2013). Dietary protein quality evaluation in human nutrition. *Food and agriculture organization of the united nations*.
- FAO/OMS/UNU. (1985). Necesidades de energia y de proteinas. *Organizacion mundial de la salud*.
- Farouk, M., Wu, G., Frost, D., & Staincliffe, M. (3 de Julio de 2019). Factors Affecting the Digestibility of Beef and Consequences for designing Meat-Centric Meals. *Journal of food quality.*, 1-11. doi:https://doi.org/10.1155/2019/2590182
- Hess, J., & Slavin, J. (May de 2016). Defining protein foods. *Nutrient intake.*, 51(3), 117-120. doi:DOI: 10.1097/NT.0000000000000157
- Huanatico, E. (2008). *Efecto del germinado y extrusion sobre el contenido de aminoacidos de la cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen) y elaboracion de donas*. Tesis de maestria., Universiad nacional del altiplano., Puno.
- Humberto, F., Leon, G., & Llano, N. (2013). *Efectos de tratamiento termico sobre el perfil de aminoacidos libres en jamon de cerdo envasado en pelicula retortable*. Corporacion universitaria Lasallista, Caldas.
- Hurtado, J., & Rodriguez, J. (s.f.). *Elaboracion de una bebida lactea enriquecida con harina de cañihua (Chenopodium pallidicaule) y kiwicha (Amaranthus caudatus)*. Tesis de titulaci3n. , Universidad nacional de Trujillo , Trujillo.
- INCAP. (2012). *Tabla de composicion de alimentos de Centroamerica*. Guatemala.
- INEI. (2020). *Produccion nacional*. Obtenido de http://m.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/07-informe-tecnico-n07_produccion-nacional-may.%202020.pdf
- Irigoin, M. (2016). *Determinacion del valor nutritivo y energetico del tarwi (lupinus mutabilis sweet) para cuyes*. Tesis de titulacion , Universidad privada antenor orrego , Trujillo.
- Javier, P., & Lima, M. (2013). *Efecto del proceso de coccion-estrusion en la estabilidad de los compuestos bioactivos y capacidad antiradicalaria en un alimento a base de cañihua (Chenopodium pallidicaule aellen), Maca (Lepidium meyeri walp) y maiz morado (Zea mayz L.)*. Tesis de titulacion. , Universidad nacional de san antonio Abad del Cusco. , Cusco.
- Laurente, Y. (2016). *Obtencion del concentrado proteico y determinacion del perfil de aminoacidos de dos variedades de tarwi (Lupinus mutabilis Sweet)*. Tesis de titulaci3n. , Universidad nacional del altiplano. , Puno.
- Luque, K., Quispe, D., & Aguilar, D. (16 de Junio de 2017). Condiciones de mercado para la creacion de un restaurante buffet, en la ciudad de Juliaca, Puno 2016. *Revista valor agregado*, 4(5), 101-112.
- Maehre, H., Dalheim, L., Edvinsen, G., Elvevoll, E., & Jensen, J. (1 de Enero de 2018). Protein determination-Method Matters. *Foods*, 7(5). doi:doi:10.3390/foods7010005
- Mamani, Y., & Quispe, M. (2017). *Efecto de la calidad proteica de la mezcla de harinas de kiwicha germinada y garbanzo (2:1) en la recuperacion nutricional y en los diversos organos en ratas albinas inducidos a desnutricion*. Tesis de titulacion., Universidad nacional de San Agustín. , Arequipa.
- Mansilla, P. (2018). *Evaluaci3n del valor nutricional de maices especiales (Zea mays L.) seleccion para calidad agroalimentaria*. Tesis doctoral, Universidad nacionald de Cordoba. , Cordoba.
- Maya, K. (2009). *Caracterizacion fisica, nutricional y no-nutricional de haba sometida a tratamiento termico*. Tesis de maestria. , Instituto politecnico nacional de ciencias biologicas., Mexico DF.
- Mercado, C., & Aguilar, L. (2019). *Alimento instantaneo para ni1os elaborado con harinas de maiz (Zea mays L.) y soya (Glycine max) extruidos*. Tesis para el grado de ingeniero industrial. , Universidad nacional San Antonio de Abad del Cusco. , Cusco.
- Monnet, A., Laleg, K., Michon, C., & Micard, V. (10 de Febrero de 2019). Legume enriched cereal products: A generic approach derived from material science to predict their structuring by the process and their final properties. *Trends in Food Science & Technology*, 86, 131-143. doi:https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.027

- Montoya, M. (2012). *Digestibilidad de garbanzo, maíz alta calidad proteica y frijol quebrado en tilapia Oreochromis niloticus*. Tesis de maestria , Instituto politecnico nacional , Sinaloa.
- Orellana, B. (2013). *Estudio antropologico culinario del canton sucua, provincia de Morona Santiago 2013*. Tesis de grado. , Escuela politecnica de Chimborazo., Riobamba.
- Pezua, R. (2017). *Digestibilidad in vitro de la proteina y la composicion nutricional de tres variedades de quinua (chenopodium quinoa willd) germinada y cocida*. Universidad nacional Jose Maria Arguedas, Apurimac.
- Quesada, D., & Gomez, G. (2019). ¿Proteinas de origen vegetal o de origen animal?: Una mirada a su impacto sobre la salud y el medio ambiente. *Revista de nutricion clinica y metabolismo*. .
- Rodriguez, P., & Perez, E. (30 de Enero de 2015). Efecto del tratamiento termico sobre el contenido de aminoacidos de harina de platanio de dos clones. *Revista ION*, 28(1), 55-62. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/3420/342039270006.pdf>
- Ruiz, J., & Vasquez, G. (2018). *Valor biologico de las proteinas de Amaranthus caudatus "kiwicha" de la Region La Libertad*. Tesis, Universidad nacional de Trujillo., Trujillo.
- Saima, R., Nuzhat, H., Imran, P., Aysha, S., Mukhtar, O., & Muhammad, I. (Julio de 2016). Chemical composition, nitrogen fractions and amino acids profile of milk from different animal species. *AJAS Asian-Australas J Anim Sci.*, 29(7), 1022-1028. doi:doi: 10.5713/ajas.15.0452
- Samayoa, E. (2005). *Analisis cuantitativo comparativo del huevo como fuente de proteinas esenciales en la alimentacion del ser humano*. Tesis de titulacion, Universidad de san carlos de guatemala. , Guatemala.
- Santillan, E. (Diciembre de 2018). Sobre el desarrollo de mezclas de alimentos andinos aminoacidicamente completas de bajo costo para la alimentacion infantil. *Revista cubana de alimentacion y nutricion.*, 28(2), 370-392.
- Santillan, E., Abril, L., & Andrade, C. (Julio de 2019). Proteinas de alta calidad biologica de bajo costo a base de mezclas alimentarias vegetales aminoacidicamente completas valoradas por computo aminoacidico. *10*, 193-200.
- Sosa, R. (2017). *Determinacion de la calidad de la proteina en tres diferentes tipos de harina elaboradas a base de mezclas vegetales*. Tesis de grado , Universiad Rafael Landivar. , Guatemana de la Asunción. .
- Suarez, M., Kizlansky, A., & Lopez, L. (2006). Evaluacion de la calidad de las proteinas en los alimentos calculando el score de aminoacidos corregido por digestibilidad. *21*(1), 47-51.
- Toledo, D. (2016). *Evaluacion de la calidad proteica de la formulacion de harinas de soya (Glycine max), avena (Avena sativa l.) y trigo (triticum aestivum l.) (1:1:2) y su efecto sobre la recuperacion de la desnutricion proteica inducida en ratas albinas*. Tesis de titulación., Universidad nacional de San Agustin., Arequipa. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/1862/NUtovadl.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Valdivia, J. (2017). *Cambios fisico quimicos, sensoriales y nutricionales, debido a la evaporacion de la leche fresca a entera*. Tesis de titulacion., Universidad nacional agraria la Molina , Lima. Obtenido de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3101/valdivia-calixto-jorge-andres.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Verma, A., Rajkumar, V., & Kumar, S. (01 de Agosto de 2019). Effect of amaranth and quinoa seed flour on rheological and physicochemical properties of goat meat nuggets. *J food Sci Technol*. doi:<https://doi.org/10.1007/s13197-019-03975-4>
- Vyhmeister, B. (2005). *Evaluacion de la digestibilidad in vivo del grano de maíz extruido, rolado y molido en bovinos*. Tesis de licenciatura, Universidad austral de Chile., Valdivia.
- Zea, C. (2011). *Determinacion biologica de la calidad proteica en harina de quinua extruidda de la variedad negra collana*. Tesis de titulación., Universidad nacional del altiplano., Puno.

5. Anexos.

Tabla 6

Proporciones obtenidas de la optimización de 4 componentes.

N° Sol	Kiwicha	Soya	Lenteja	Quinua	N° Sol	Kiwicha	Soya	Lenteja	Quinua
1	30.68	16.36	0.00	52.96	48	0.00	33.85	15.78	50.36
2	0.00	37.37	27.16	35.47	49	0.00	37.42	11.64	50.95
3	23.61	23.61	5.83	46.94	50	24.47	20.31	0.00	55.22
4	8.06	40.28	0.00	51.67	51	48.21	9.19	0.00	42.60
5	0.00	42.21	0.00	57.79	52	32.80	19.99	6.41	40.81
6	3.33	43.33	0.00	53.33	53	5.26	32.52	19.12	43.11
7	0.00	33.33	33.33	33.33	54	9.29	33.27	15.22	42.23
8	36.64	15.65	0.00	47.72	55	0.00	35.76	21.14	43.10
9	5.31	37.85	11.04	45.79	56	21.68	20.61	0.00	57.71
10	39.15	15.50	0.00	45.36	57	8.43	31.81	18.56	41.21
11	1.24	31.48	13.09	54.20	58	7.36	35.06	7.58	49.99
12	41.20	10.62	0.00	48.19	59	23.33	16.75	0.00	59.92
13	26.11	24.26	7.59	42.04	60	12.24	25.66	0.00	62.10
14	17.04	29.70	13.17	40.09	61	15.68	31.23	7.25	45.85
15	12.84	28.64	18.26	40.26	62	11.40	34.41	0.00	54.19
16	8.62	28.34	22.52	40.53	63	0.00	29.93	16.69	53.38
17	0.00	34.07	28.19	37.74	64	42.81	9.97	3.66	43.56
18	21.84	26.78	11.88	39.49	65	0.00	32.79	8.89	58.32
19	22.62	19.15	0.00	58.24	66	35.73	12.27	0.00	52.00
20	22.92	21.02	12.89	43.17	67	21.78	24.15	15.18	38.89
21	4.06	34.56	0.00	61.38	68	30.51	20.69	7.69	41.12
22	14.59	28.28	20.92	36.21	69	4.03	39.62	0.00	56.35
23	18.69	20.23	0.00	61.09	70	20.77	23.36	5.15	50.73
24	0.00	36.92	29.40	33.67	71	0.00	34.05	22.25	43.70
25	17.43	24.85	0.00	57.72	72	0.00	39.75	17.84	42.41
26	21.28	29.92	4.72	44.08	73	21.85	27.42	6.78	43.95
27	27.41	23.35	0.00	49.24	74	16.75	26.41	0.00	56.84
28	16.88	23.07	0.00	60.05	75	16.98	19.45	0.00	63.57
29	11.30	31.53	10.60	46.57	76	19.84	25.52	7.54	47.10
30	13.97	25.92	0.00	60.12	77	0.00	32.76	17.46	49.78
31	23.24	25.33	13.36	38.06	78	2.41	38.06	18.32	41.21
32	1.14	27.89	7.69	63.28	79	0.00	30.68	22.50	46.82
33	0.00	39.86	4.07	56.07	80	20.23	25.59	0.00	54.18
34	8.48	38.76	2.74	50.03	81	0.00	41.07	4.70	54.23
35	14.06	35.80	0.00	50.15	82	0.00	33.85	25.02	41.14
36	0.00	41.27	14.82	43.91	83	9.78	28.16	1.15	60.92
37	18.91	26.18	14.85	40.07	84	0.00	43.94	4.98	51.08
38	0.00	36.58	13.46	49.96	85	52.67	4.57	0.00	42.76
39	44.74	10.85	0.00	44.41	86	48.13	5.73	0.00	46.14
40	0.00	39.39	0.00	60.62	87	54.35	2.96	0.00	42.69
41	0.00	30.37	18.15	51.48	88	12.74	27.36	28.18	31.72
42	24.74	21.51	16.09	37.66	89	31.54	19.63	0.00	48.84
43	0.00	31.16	9.69	59.14	90	20.86	21.75	12.46	44.94
44	0.00	36.34	6.72	56.95	91	9.66	36.95	6.73	46.65
45	34.42	14.42	0.00	51.17	92	3.04	30.54	23.35	43.08
46	20.48	17.98	0.00	61.54	93	28.58	17.82	0.00	53.60
47	23.30	22.87	0.00	53.83	94	0.00	36.55	4.33	59.12

Tabla 7

Valores de puntuación de aminoácidos esenciales alcanzados en las proporciones finales.

N° Sol	Lisina	AAS	Treonina	Triptófano	N° Sol	Lisina	AAS	Treonina	Triptófano
1	57.87	50.36	37.72	8.72	48	57.75	38.97	36.12	8.81
2	57.06	30.56	34.18	8.85	49	57.56	39.69	36.28	9.07
3	57.45	42.92	36.49	8.90	50	57.98	49.92	37.92	8.80
4	57.18	42.67	36.87	9.59	51	57.00	49.28	36.35	8.75
5	57.53	45.17	37.41	9.52	52	57.03	41.56	35.75	8.90
6	57.20	42.83	36.92	9.65	53	57.42	35.36	35.29	8.79
7	57.21	29.13	33.81	8.54	54	57.22	35.89	35.36	8.98
8	57.40	48.44	37.01	8.84	55	57.38	34.50	35.13	8.84
9	57.20	37.59	35.80	9.22	56	58.18	51.00	38.23	8.75
10	57.19	47.60	36.69	8.91	57	57.30	34.90	35.13	8.83
11	58.02	41.85	36.73	8.73	58	57.45	40.76	36.47	9.16
12	57.53	50.71	37.15	8.64	59	58.49	53.54	38.65	8.53
13	57.12	40.23	35.81	8.97	60	58.40	51.58	38.60	8.82
14	57.09	36.36	35.28	8.98	61	57.25	39.98	36.14	9.14
15	57.31	35.17	35.10	8.74	62	57.52	45.15	37.34	9.34
16	57.47	34.22	34.95	8.57	63	58.12	40.80	36.50	8.56
17	57.31	31.37	34.38	8.65	64	57.28	47.45	36.32	8.57
18	57.05	37.21	35.30	8.95	65	58.14	44.80	37.35	8.84
19	58.27	51.79	38.35	8.67	66	57.86	51.59	37.67	8.58
20	57.49	39.64	35.75	8.60	67	57.19	36.56	35.12	8.73
21	58.04	48.69	38.13	9.17	68	57.11	40.94	35.73	8.86
22	57.13	33.17	34.58	8.72	69	57.52	44.98	37.37	9.46
23	58.49	52.86	38.69	8.63	70	57.73	44.82	36.99	8.82
24	57.03	29.66	33.96	8.79	71	57.50	34.70	35.17	8.73
25	58.07	49.57	38.09	8.91	72	57.14	34.49	35.13	9.11
26	57.05	40.47	36.09	9.24	73	57.17	40.36	36.02	9.07
27	57.40	46.23	37.07	9.08	74	57.95	48.65	37.93	8.99
28	58.31	51.33	38.45	8.78	75	58.73	54.47	39.04	8.53
29	57.41	39.17	36.05	9.00	76	57.49	41.81	36.39	8.89
30	58.23	50.45	38.35	8.88	77	57.80	38.48	36.01	8.72
31	57.03	36.60	35.10	8.87	78	57.13	34.13	35.03	9.06
32	58.65	48.94	38.17	8.57	79	57.81	36.34	35.53	8.53
33	57.61	43.63	37.10	9.32	80	57.76	47.65	37.63	9.03
34	57.20	41.45	36.60	9.47	81	57.46	42.36	36.84	9.38
35	57.19	43.02	36.85	9.48	82	57.43	33.19	34.82	8.68
36	57.10	35.53	35.36	9.23	83	58.26	49.77	38.29	8.90
37	57.22	36.60	35.25	8.79	84	57.18	40.40	36.41	9.53
38	57.58	38.94	36.12	9.00	85	57.06	51.48	36.39	8.57
39	57.16	49.18	36.60	8.76	86	57.39	52.14	36.90	8.51
40	57.82	47.18	37.83	9.36	87	57.07	52.24	36.38	8.51
41	58.01	39.47	36.22	8.57	88	57.11	30.18	33.87	8.52
42	57.18	36.51	34.97	8.62	89	57.43	47.37	37.09	8.96
43	58.28	45.34	37.46	8.73	90	57.60	40.26	35.97	8.60
44	57.86	44.00	37.19	9.08	91	57.15	39.25	36.11	9.33
45	57.74	50.34	37.51	8.69	92	57.60	34.66	35.13	8.57
46	58.60	53.92	38.83	8.53	93	57.89	50.08	37.77	8.76
47	57.79	48.38	37.66	8.94	94	57.94	45.73	37.54	9.13

