

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

## 1.1. Antecedentes

La alimentación saludable, más que una tendencia, es una evolución. El deseo de mantener una alimentación saludable se ha mantenido en la mente del consumidor con mayor o menor fuerza. Con la visión de tener una mejor salud, la alimentación vegetariana tomó una posición considerable dentro del ámbito social; cada vez más personas eligen esta línea de alimentación, ya sea por mejorar su estilo de vida o por intolerancia a los productos de origen animal (Vidal, 2021).

Una dieta vegetariana es una dieta sin carnes. Cualquier persona que no come carne es considerada vegetariana, incluyendo veganos, lacto-vegetarianos, ovo-vegetarianos, y lacto-ovo vegetarianos (Márquez, 2018). Una de las diferencias entre los veganos y los vegetarianos, es que los veganos basan su dieta exclusivamente en productos de origen vegetal. Los veganos no consumen productos de origen animal, incluyendo carne, pescado, aves, huevos, productos lácteos, miel o gelatina. Comen granos, frijoles, nueces, frutas, verduras y semillas. En cambio, un vegetariano es alguien que no come carne, pescado ni pollo (Márquez, 2018).

Este tipo de dieta traerá múltiples beneficios a sus consumidores, según señalan numerosos expertos de la materia. Entre estos, se puede señalar una reducción de la grasa abdominal, ya que el consumo de carnes suele estar asociado además a comer grasas saturadas, uno de los principales enemigos de una dieta sana. Además, balanceando bien la dieta se puede conseguir proteínas de origen vegetal, así como un conjunto de micronutrientes como son minerales y vitaminas, esenciales para una vida sana (El periódico, 2021).

La OMS (Organización Mundial de la Salud) afirma en sus estudios que el mundo desarrollado consume más del doble de los requerimientos diarios necesarios en proteínas. Mientras, el tercer mundo sufre una carencia alarmante de proteínas. Por otro lado, incluso la OMS recomienda una proporción 25% proteína animal y 75% proteína vegetal en la dieta diaria. Los aminoácidos faltantes en los alimentos de origen vegetal suelen variar de un alimento a otro, pero existe la particularidad de que en los cereales

sólo falta el aminoácido esencial llamado lisina, mientras que, en las legumbres, sólo falta el aminoácido llamado metionina. Por lo que, al conjugar alimentos de estos dos grupos, se puede lograr una proteína completa que iguala e incluso, puede superar a la calidad de la carne, cumpliendo satisfactoriamente con los requerimientos de nuestro organismo (Sánchez, 2015).

Hoyos (2017) afirma que: “Ser vegetariano en Tarija puede resultar un poco complicado; ya que se vive en una sociedad donde el consumo de la comida chatarra predomina” (Pág. 1).

## **1.2. Justificación**

- Mediante el presente trabajo de investigación se pretende elaborar salchicha vegana en base de cereales y legumbres, con la finalidad de tener una alternativa respecto al consumo de salchichas para la población de la provincia Cercado.
- La incorporación de avena instantánea en la salchicha vegana permite que el producto final cuente con una composición nutricional adecuada por el aporte de fibra, proteínas y minerales, que son necesarios para el buen funcionamiento del organismo.
- Así mismo, la salchicha vegana contiene en su composición proteínas vegetales y aminoácidos esenciales necesarios para el buen funcionamiento del organismo coadyuvando a reparar los tejidos corporales, ya que los mismos provienen de los alimentos que se consumen diariamente y que el cuerpo humano por sí solo no lo produce.
- Recabando información en cuanto a la producción de salchichas veganas en la provincia Cercado, se demostró que no se elabora este tipo de alimento, por tanto, con la elaboración de salchicha vegana en base de cereales y legumbres se pretende incluir en la dieta alimentaria para personas que padecen

enfermedades como ser: diabetes, enfermedades cardiovasculares e hígado graso, que ponen en riesgo la salud por el alto consumo de grasas saturadas.

### **1.3. Objetivos**

Los objetivos propuestos para el siguiente trabajo de investigación, son:

#### **1.3.1. Objetivo general**

Desarrollar una metodología experimental de proceso de emulsión que permita elaborar salchicha vegana, con la finalidad de obtener un producto de calidad nutricional para la provincia Cercado de Tarija.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Realizar análisis fisicoquímico y microbiológico del tofú de soya, avena instantánea y harina de maíz, con la finalidad de conocer su composición.
- Determinar el nivel óptimo de tofú de soya, hielo y avena instantánea para la elaboración de salchicha vegana con la finalidad de conocer una formulación ideal para la elaboración de este embutido
- Aplicar diseño factorial  $2^3$  en la etapa de dosificación, con la finalidad de determinar las variables de control y la significancia en el diseño experimental.
- Realizar el control físico y fisicoquímico durante el proceso de elaboración de la salchicha vegana con la finalidad de conocer las variaciones de: porcentaje de humedad, porcentaje de ácido láctico y pH en las diversas formulaciones realizadas.
- Realizar evaluación sensorial y análisis estadístico con el fin de establecer la muestra más adecuada, la que podrá incorporarse en el mercado local de la provincia Cercado de Tarija.

- Realizar el control fisicoquímico, microbiológico y tiempo de conservación del producto final, con la finalidad de dar a conocer el valor nutritivo y tiempo de almacenamiento de salchicha vegana a base de tofú de soya, avena instantánea y harina de maíz.
- Desarrollar el balance de materia y energía del proceso de elaboración a nivel experimental, con la finalidad de determinar el rendimiento del producto.

#### **1.4. Objeto de estudio**

Aplicación del proceso de emulsión a nivel experimental para elaborar de salchicha vegana, para la provincia Cercado de Tarija.

#### **1.5. Campo de acción**

Para el presente trabajo de investigación, los campos de acción son los siguientes:

##### **✓ Espacial**

El campo espacial donde se realiza el presente trabajo de investigación, es en la provincia Cercado de la ciudad de Tarija.

##### **✓ Temporal**

El tiempo de desarrollo del presente trabajo de investigación fue durante las gestiones 2021-2022.

##### **✓ Institución**

Las instituciones donde se desarrolla el presente trabajo de investigación es el: Laboratorio del Taller de Alimentos y Laboratorio de la Carrera de Ingeniería de Alimentos, ambos laboratorios dependientes de la Carrera de Ingeniería de Alimentos de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

## **1.6. Situación problemática**

Las enfermedades relacionadas con hábitos alimenticios inadecuados continúan creciendo en todo el mundo, incrementando la preocupación por nuestra salud a través de los alimentos que se consumen. Muchas veces, la solución es tener una alimentación saludable, de manera que, las personas buscan alimentos libres de grasas saturadas, con alto valor proteico y nutricional. En este sentido, en base a la recolección de información en el mercado local no se dispone de salchicha vegana con cereales y legumbres en su composición. Así mismo, el proceso de emulsión permite la incorporación de tofú de soya, avena instantánea y harina de maíz, que permite obtener un producto de calidad nutricional.

## **1.7. Formulación del problema**

¿Es posible desarrollar una metodología experimental de proceso de emulsión que permita elaborar salchicha vegana con la finalidad de obtener un producto de calidad nutricional para la provincia Cercado de Tarija?

## **1.8. Hipótesis**

Aplicando el proceso de emulsión a nivel experimental es posible elaborar salchicha vegana con la finalidad de obtener un producto de calidad nutricional para la población de la provincia Cercado de Tarija.

**CAPÍTULO II**  
**MARCO TEÓRICO**

## **2.1. Origen de la salchicha vegana**

La palabra salchicha viene del latín *salsus*, que significa salado, porque las primeras salchichas fueron simplemente una manera de conservar en sal y salitre los pequeños restos que quedaban después de salar los jamones, paletillas, lomos, salomillos y otras partes nobles del cerdo (Valente, 2021). La historia relata que las salchichas fueron creadas hace aproximadamente 5000 años por los habitantes del suroeste de Asia, además, la primera referencia histórica fue del griego Homero en “Odisea” que se remonta 900 A. C. fueron los romanos quienes en su gran imperio crearon los primeros puestos, en donde se vendían los embutidos en ese entonces llamado “charcutería”, embutidos elaborados a base de cerdo, en las islas británicas. La receta típica en aquella época constaba con ingredientes cárnicos, además de sal, comino, pimienta, perejil, hierbas, hojas de laurel y champiñones. En la época del oscurantismo medieval, aquel producto fue condenado por la iglesia, a su vez surgieron algunas innovaciones de producción con la incorporación de especias, las cuales eran importadas desde la India. En el siglo XVII comenzaron la producción de embutidos con carne de res, lo cual fue tomando cada vez más fuerza. Durante el siglo XIX la publicidad para los embutidos comenzó hacerse cada vez más fuerte, llegando a utilizar anuncios en los periódicos (Ruiz, 2021).

Desde hace años el formato de salchicha ha servido para innovar y añadir nuevos ingredientes, por ejemplo ahora existen salchichas de tofu, salchichas alemanas vegetales, salchichas de quinua, salchichas de seitán y otros (Sabbio, 2020).

## **2.2. Definición de salchicha vegana**

Al no haber una definición de salchicha vegana por parte de entidades alimentarias, se procede a dar una definición de salchichas de carne para su aplicación en salchichas veganas.

La salchicha de carne es un producto cocido, elaborado sobre la base de carne fresca o congelada, con agregado o no de carne cocida, de animales autorizados, con agregado

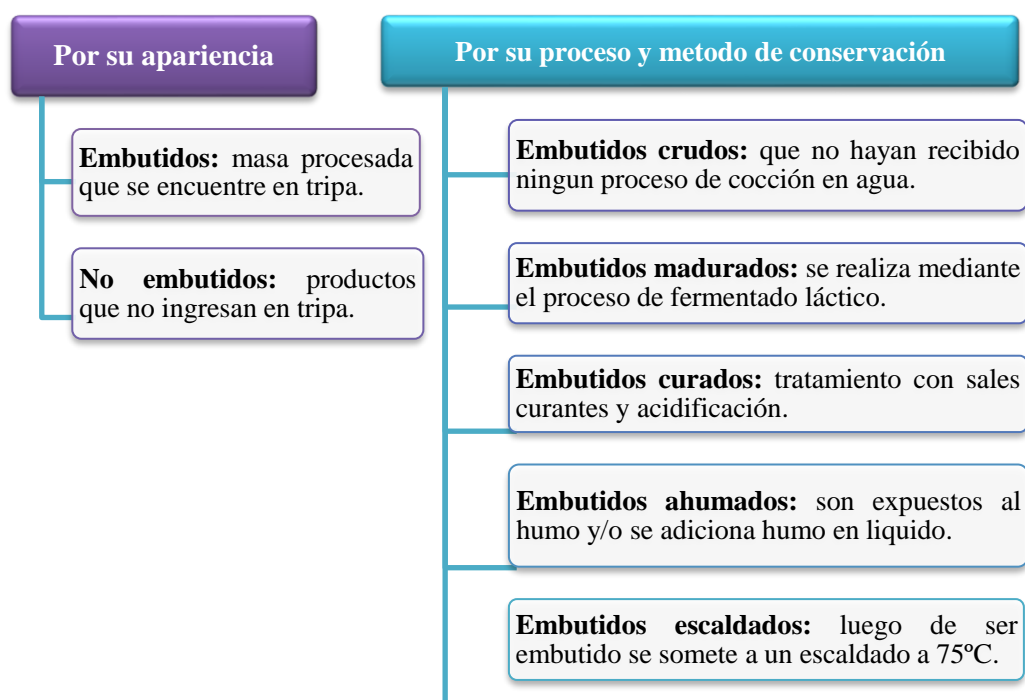


de grasa comestible, perfectamente trituradas y mezcladas, emulsionado o no, elaborado con ingredientes de uso permitido e introducido en fundas autorizadas, ahumado o no, las cuales se diferencian por su sabor y presentación característico (NTON, 2017).

Spiegato (2022) dice que: “Las salchichas veganas son un tipo de alimento que intenta reproducir el sabor y la textura de las salchichas de carne sin el uso de ningún producto animal” (Pág. 2).

### 2.3. Clasificación de los embutidos

Para poder sustentar la clasificación de los embutidos, se recurrió a la norma vigente del Ecuador INEN 774:2006, que clasifica en dos criterios detallados en la figura 2.2.

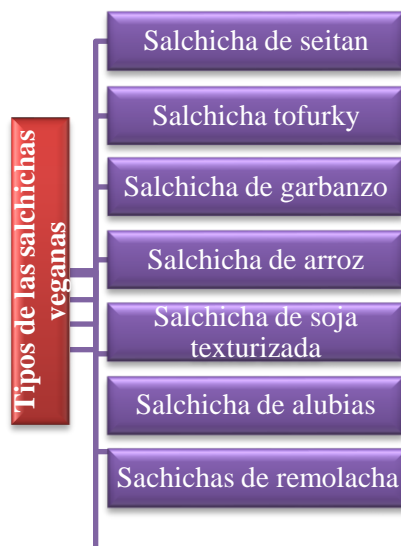


**Fuente:** Alvarez & Montesdeoca, 2020

**Figura 2.1:** Clasificación de los embutidos

#### 2.3.1. Tipos de salchichas veganas

Según el ingrediente principal podemos clasificar los distintos tipos de salchichas veganas (Kassraie, 2021):



**Fuente:** Kassraie, 2021

**Figura 2.2.** Tipos de salchicha vegana

- **Salchichas de seitan:** El poder aglutinante de esta harina de gluten favorece la textura y embolsado de las salchichas.
- **Salchichas tofurky:** En este apartado se engloban las salchichas de Tofu.

#### 2.4. Composición fisicoquímica de la salchicha vegana

La salchicha vegana tiene una composición fisicoquímica detallada en la tabla 2.1.

**Tabla 2.1.**

##### *Parámetros fisicoquímicos de salchicha vegana*

Componentes	Unidad	Valores
pH	-	5,8-6,6
Humedad	%	70
Proteína	%	27
Grasa	%	30
Almidón	%	15
Carbohidratos	g	6
Valor energético	cal	268

**Fuente:** NMX-F-065-1984

##### 2.4.1. Propiedades nutricionales de las salchichas veganas

Como base de referencia tenemos una unidad de salchicha vegana de la marca Riku, de peso aproximado de 50 gramos, las propiedades nutricionales de las salchichas veganas se detallan en la tabla 2.2.

**Tabla 2.2.*****Tabla nutricional de la salchicha vegana***

Componentes	Unidad	Valor
Calorías	Kcal	86,00
Grasas totales	g	1,90
Grasas trans	g	0,00
Grasas saturadas	g	0,00
Sodio	mg	196,00
Carbohidratos totales	g	4,90
Fibra	g	0,30
Azúcares	g	0,30
Proteínas	g	12,30

**Fuente:** Fatsecret, 2019

Se debe tener en cuenta que algunos alimentos pueden no ser adecuados para algunas personas, y se recomienda buscar asesoraría medica antes de comenzar cualquier esfuerzo por perder peso o un régimen dietético (Fatsecret, 2019).

### **2.5. Aplicaciones de la salchicha vegana en el ser humano**

La salchicha vegana es un alimento muy utilizado para preparar una rica y divertida cena, o una comida con la familia o los amigos. Se trata de un alimento vegano muy apreciado, tanto por su sabor como por la facilidad de crear con él cualquier tipo de receta. Se pueden consumir en plato, bocadillo, ensaladas, etc. Destacan por su alto contenido en proteína vegetal y por ser una gran fuente de fibra de origen vegetal. Se usan en distintas recetas culinarias (Sabio, 2020):

- Hot dog de salchichas veganas ahumadas
- Espaguetis con salchichas veganas
- Salchichas veganas a la italiana
- Pizza vegana de salchichas
- Salchichas veganas a la cerveza
- Salchichas veganas al vino blanco
- Hojaldre de salchichas veganas
- Hog dogs veganas al estilo americano

## **2.6. Caracterización del tofú de soya, avena instantánea y harina de maíz utilizados en la elaboración de salchicha vegana**

Las materias primas utilizadas para la elaboración de salchicha vegana, se detallan a continuación:

### **2.6.1. Tofú de soya**

El tofú es un coagulado de soya y a la vez, un concentrado debido a que en su elaboración se elimina el suero resultante, quedando la parte sólida, en la que se concentran las proteínas. El tofú no tiene un sabor propio. Actúa como esponja y absorbe cualquier sabor que se le añade. Lo habitual es macerarlo con alguna salsa o condimento y luego cocinarlo (Villén, 2015).

#### **2.6.1.1. Propiedades nutricionales del tofú de soya**

Se dice que el tofu cuenta con muchas propiedades y características que son destacables para la salud. Una de las más importantes es que se trata de una fuente de calcio superior a la leche y también cuenta con niveles muy elevados de proteína. Según informa el Instituto de Medicina Preventiva en Shanghái, el tofu serviría además para reducir el colesterol malo y aumentar las defensas. Este alimento también es beneficioso para el metabolismo de los huesos (Fernández, 2022).

El tofú es un alimento más suave y digestivo que los alimentos ricos en proteínas como la carne o la leche. Además, el tofú es muy bajo en calorías. No solo no tiene colesterol, sino que además ayuda a reducir los niveles de colesterol en sangre. Tiene más calcio y minerales que la carne, contiene abundante lecitina, excelente para la memoria. Por no tener gluten es apto para celíacos y además es muy bajo en calorías (Arzak, 2020). Entre sus propiedades nutricionales destaca por cada 100 gramos de tofu, como se detalla en la tabla 2.3.

**Tabla 2.3.***Propiedades nutricionales del tofu de soya*

<b>Componentes</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valores</b>
Calorías	kcal	89,10
Azúcar	g	1,60
Proteínas	g	8,08
Fibra	g	0,30
Carbohidratos	g	3,30
Grasa	g	4,78
Calcio	mg	87,00
Hierro	mg	3,70
Zinc	mg	0,95
Potasio	mg	94,00

**Fuente:** Fernández, 2022.

**2.6.1.2. Aplicaciones del tofu de soya**

Se puede encontrar el tofu como ingrediente principal de preparaciones como hamburguesas, albóndigas, salchichas, así como bloques de tofu aderezados con especias, frutos secos o en ahumados, con gran cantidad de sabores. Alimento muy utilizado en la cocina vegetariana y vegana: el tofu es una de las proteínas vegetales más apreciadas, ya que al ser tan fácil de utilizar en la cocina se puede integrar fácilmente en cualquier plato. De hecho se originó como sustituto de la carne. En japonés “tofu” significa “carne sin hueso (Villén, 2015).

**2.6.2 Avena instantánea**

La avena es considerada uno de los cereales más equilibrados nutricionalmente hablando. Contiene carbohidratos, fibra, proteínas y grasas en una proporción casi perfecta para nuestro organismo, además de una buena cantidad de minerales y vitaminas (Kitchen, 2021).

### 2.6.2.1. Propiedades nutricionales de la avena instantánea

La avena es el cereal con más proteína y también aporta un gran porcentaje de la cantidad diaria recomendada de fósforo, magnesio, hierro, manganeso y vitaminas. Es un superalimento. Se recomienda su consumo especialmente a personas con diabetes, obesidad y síndrome metabólico, enfermedades cardiovasculares o del tracto gastrointestinal, así como celíacos y pacientes oncológicos (EU, 2020). Algunas de sus propiedades de la avena (Kitchen, 2021) son:

- **Proteínas:** de entre todos los cereales, la avena es el cereal que aporta una mayor cantidad de proteínas, sobre todo globulina, una de las proteínas que contiene la carne. Aporta 6 de los aminoácidos esenciales.
- **Vitaminas:** es el cereal que mayor cantidad proporciona de vitaminas del grupo B. Vitaminas B1, B2 y B3, esenciales para el buen funcionamiento del sistema nervioso. Vitamina B5 y B6 esenciales para la asimilación de nutrientes. Vitamina B9 imprescindible para la síntesis de nuevo material genético.
- **Fibra:** es un cereal rico en fibra, aportando fibra soluble e insoluble, evita el estreñimiento, además de reducir el colesterol malo (LDL) y aumenta el colesterol bueno (HDL).
- **Perfil lipídico:** conformado por grasas vegetales (65%), y grasas poliinsaturadas como el ácido linoleico (35%).
- **Carbohidratos de absorción lenta:** contrariamente a lo que se piensa, la avena es muy útil en dietas para bajar de peso.
- **Sales minerales:** Respecto a las sales minerales, la avena contiene potasio, hierro, calcio, sodio, magnesio, fósforo, cobre, zinc.

La avena es ideal para comenzar el día con energía, evitar el cansancio y la fatiga. El aporte de fibra soluble y carbohidratos de absorción lenta, ayuda al organismo a regular los niveles de azúcar en la sangre y mejorar la respuesta insulínica, convirtiendo a la avena en un alimento apto para personas que padecen de diabetes (Kitchen, 2021). En la tabla 2.4, se detalla el valor nutricional por cada 100 gramos de avena.

**Tabla 2.4.***Valor nutricional de la avena instantánea*

<b>Componentes</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
Calorías	Kcal	389,00
Proteínas	g	16,89
Grasas	g	6,90
Carbohidratos	g	66,30
Fibra	g	10,60
Magnesio	mg	177,00
Calcio	mg	54,00
Vitamina B5	mg	1349,00

**Fuente:** EU, 2020, Kitchen, 2021

**2.6.2.2. Aplicaciones de la avena instantánea**

La avena instantánea es muy requerida por deportistas porque ayuda a compensar la pérdida de energía y minerales, siendo preparada en batidos por personas que frecuentan los gimnasios. Así mismo, es utilizado en diversas recetas culinarias. También es bastante eficaz en aplicaciones cutáneas, regenerando el cutis, proporcionando elasticidad y liberando la piel de impurezas (Ricón, 2019).

**2.6.3. Harina de maíz**

Harina obtenida a partir de la molienda del grano de maíz. La harina de maíz no contiene gluten y puede ser de color amarillo o blanco. Se consume en todo el mundo, pero cobra especial protagonismo en las diferentes cocinas de Latinoamérica, en países como México, Colombia, Perú y Venezuela (Foodie's, 2019)

**2.6.3.1. Propiedades nutricionales de la harina de maíz**

La harina de maíz tiene un alto valor nutricional, estos nutrientes le otorgan una serie de beneficios como (MAYA, 2019), son:

- Estimular el crecimiento
- Mejorar la salud capilar y dental
- Aumentar la elasticidad de los músculos.
- Beneficiar la salud cardiaca

- Efecto antioxidante.
- Previene el cáncer de colon.

La harina de maíz es por lo general, una fuente de hidratos de carbono y de fibra que lo convierte en un alimento apto para una alimentación sana y variada. En la tabla 2.5, se detalla el valor nutricional de la harina de maíz.

**Tabla 2.5**

*Información nutricional de la harina de maíz*

Componentes	Unidad	Valor
Calorías	Kcal	389,00
Proteínas	g	10,40
Grasas	g	5,44
Carbohidratos	g	76,90
Fibra	g	8,70
Humedad	mg	5,70
Hierro	mg	2,91
Potasio	mg	393,00
Zinc	mg	2,91

**Fuente:** Todoalimentos, 2020

### 2.6.3.2. Aplicaciones de la harina de maíz

El uso más habitual de la harina de maíz consiste en mezclarlo con harina de trigo, en pequeños porcentajes, para la elaboración de los llamados panes de maíz, que en realidad son panes enriquecidos con maíz. Es también usado en formulaciones de productos sin gluten (Innograin, 2021)

## 2.7. Caracterización de los insumos en la elaboración de salchichas veganas

La caracterización permitirá establecer cuáles son los atributos más importantes de los insumos que serán utilizados al momento de elaborar el producto.

### 2.7.1. Hielo

Se llama hielo a la fase sólida del agua, es decir cuando la misma está congelada, este es uno de los tres estados naturales con los cuales es posible encontrar el agua. Se



distingue por su baja temperatura, su color es blanco níveo, su flotabilidad, etc. (Definición, 2021)

El agua es uno de los componentes más importantes de los embutidos, ya que esta influye directamente en sus propiedades físico-químicas, bioquímicas y mecánico estructurales. Esto se ve reflejado en la consistencia de la mezcla, la cual disminuye al agregarle agua reduciendo además la influencia negativa de las grasas en las propiedades mecánico- estructurales de los productos. Además al agregar agua a comienzo de la mezcla en el cúter, se genera el aumento del coeficiente de elasticidad de la mezcla para embutidos, lo que influye positivamente en todo su proceso de aglutinación. “La influencia del agua en la capacidad de retención de humedad de los productos depende de su secuencia de adición a la materia prima: al agregarla antes de los fosfatos y de la sal, la capacidad de retención de humedad de los productos aumenta” (Ordoñez, 2012).

### **2.7.2. Aceite vegetal**

El aceite vegetal es un compuesto orgánico obtenido a partir de semillas u otras partes de las plantas, está compuesto por lípidos, es decir, ácidos grasos de diferentes tipos. La proporción de estos ácidos grasos y sus diferentes características, son las que dan las propiedades a los distintos aceites vegetales existentes (Bunge, 2020). El aceite de girasol es la grasa que se extrae de la semilla del girasol (*Helianthus annuus*). Tiene un alto contenido en ácidos grasos esenciales, además cuenta con vitamina E, que es presente en productos secos, por lo que aporta antioxidantes naturales y estimula el sistema inmunitario (El País, 2020).

La grasa se utiliza en los embutidos de un 15 a 20% del peso final. Es muy importante en las emulsiones, ya que la mezcla ayudará a formar una pasta homogénea, característica básica de las salchichas y de otros embutidos emulsificados. La grasa tiene diferentes funciones en los embutidos, como aportar ácidos grasos esenciales, ser una fuente de energía y proporcionar sabores agradables al alimento (Ordoñez, 2012)

### **2.7.3. Gluten de trigo**

El gluten es un grupo de varias proteínas que se encuentran en ciertos granos. El gluten es una familia de proteínas de almacenamiento, formalmente conocidas como prolaminas, que se encuentran naturalmente en ciertos granos de cereales como el trigo, la cebada y el centeno. Ofrece una variedad de beneficios culinarios funcionales y es responsable de la textura suave y masticable característica de muchos alimentos a base de cereales que contienen gluten (Warwick, 2021)

El gluten no es un compuesto dañino si se ingiere de la manera correcta, de este modo el gluten puede proporcionarnos los siguientes beneficios (Unisima, 2018):

- Se digiere con facilidad, además aporta fibra, por lo que mejora la condición de estreñimiento en las personas.
- Puede servir para adelgazar, ya que si se combina la proteína con una dieta balanceada se puede potenciar este proceso, ya que el gluten no posee hidratos de carbono.
- A diferencia de otro tipo de proteínas, el gluten contiene bajas cantidades de almidón.

Cuando se encuentra en su forma más simple, puede aportar una cantidad muy pequeña de calorías

### **2.7.4. Almidón de papa**

El almidón es una sustancia que se encuentra exclusivamente en los vegetales, se encuentra compuesto principalmente de glucosa. Químicamente el almidón está formado por la combinación de dos sustancias: La amilosa y la amilopectina, que solo guardan diferencia en la forma en que se encuentran estructuradas, ya que la amilosa es soluble en agua y más hidrolizante que la amilopectina (Definista, 2016)

Tanto el almidón como la fécula son materia primas de origen vegetal, sólidas y generalmente en polvo. El cual es un glúcido abundante en el reino vegetal, puesto que su función es generar reservas energéticas para el desarrollo posterior de la planta. Esta

molécula compleja se encuentra presente en tallos, granos y tubérculos y es allí donde radica la diferencia entre los dos términos. Cuando se extrae de cereales se denomina almidón de lo contrario se denomina fécula (Holguín, 2019)

Se emplean en las formulaciones como sustancias emulsificantes y ligantes, siendo las más empleadas de papa, maíz y yuca (Sánchez & Vásquez, 2016). El almidón es un aditivo muy importante en la elaboración de embutidos debido a que les transmite la consistencia exigida. Dicha consistencia está unida con el proceso de formación de la masa homogénea, acompañado por la absorción de humedad del almidón.

#### **2.7.5. Fécula de yuca**

La fécula de yuca es un almidón extraído de la raíz de yuca, consiste en carbohidratos puros y contiene muy poca proteína, es un polvo muy fino, muy blanco que se seca y tiene las propiedades de dar ligereza, de ligar o unir (sustituto de huevo), da textura ligeramente chiclosa. Se emplea en formulaciones como sustancia emulsificante y ligante (Molinoverde, 2022).

#### **2.7.6. Sal**

La sal es uno de los elementos que se puede encontrar en la naturaleza, en el agua del mar o yacimientos subterráneos. Este es un mineral denominado cloruro de sodio, y está compuesto por una gran variedad de oligoelementos, pero principalmente se conforma de sodio y cloro (Salroche, 2020)

La sal es el ingrediente más común en los embutidos. Cualquier tipo de embutido contendrá entre un 1% a 5% de sal en el producto final. La sal desempeña funciones muy importantes como las siguientes: da sabor, funciona como conservante y solubiliza proteínas. La sal sirve como conservante llevando a retardar el crecimiento microbiano. La capacidad de la sal de solubilizar las proteínas miofibrilares es de vital importancia debido a que solubilizadas estas proteínas sirven como envoltura a las partículas de grasa uniendo agua, dando lugar a una emulsión más estable (Legarreta, 1998).

### 2.7.7. Condimentos y especias para salchicha

La mayoría de los embutidos, sobre todo los cocidos, depende de su sabor de las especias añadidas. Los embutidos cocidos no adquieren sus características típicas si no han sido condimentadas adecuadamente (Marroquín, 2011)

Normalmente se emplean mezclas de varias especias que se pueden adicionar enteras o no. Normalmente no se añade más del 1% de especias. Además de impartir aromas y sabores especiales al embutido, ciertas especias como la pimienta negra, el pimentón, el tomillo o el romero y condimentos como el ajo, tienen propiedades antioxidantes (Marroquín, 2011)

### 2.8. Tipo de proceso tecnológico a ser utilizado en la elaboración de salchichas veganas

Se considera el proceso tecnológico de salchichas de carne, para la obtención de un producto de calidad. La emulsión cárnica o pasta finamente dividida de carne, grasa, agua, sales, condimentos y frecuentemente carbohidratos e ingredientes de diversos tipos. Tiene un aspecto homogéneo, que no permite distinguir a simple vista las partículas de sus constituyentes (García, 2020)

La estabilidad de la emulsión cárnica es fundamental, la cual debe mantenerse durante todos los pasos del procesamiento, con la finalidad de asegurar la calidad e inocuidad del alimento. Esta propiedad de equilibrio se ha investigado a fondo, determinando seis factores de estabilidad de la emulsión cárnica (García, 2020) son:

1. **Calidad de las materias:** todos los elementos empleados para la elaboración de una emulsión cárnica, deben tener propiedades inherentes que permitan garantizar su transformación. La carne como principal componente debe ser refrigerada o congelada y que se haya declarado apto para el consumo.
2. **Formulación:** para asegurar que la propiedad de equilibrio en una emulsión cárnica se obtenga, es crucial establecer la proporción adecuada de los diferentes componentes que se van a utilizar (esencialmente agua, carne (proteína mayor a 16%), grasa (entre 15% y 20%), sal (1,5% y 2%)) . ya que la

pasta obtenida se considerará un sistema coloidal, que en función a la concentración que se empleó de cada ingrediente generará cierto grado de estabilidad.

3. **Temperatura:** este es un factor de calidad sumamente importante, ya que se ha determinado que si la temperatura de la emulsión cárnica excede los 15°C durante o después de la etapa de picado de la carne, esta se rompe sin mayor esfuerzo, ocasionando principalmente los siguientes efectos:
  - Disminución de la estabilidad a medida que se reduce la viscosidad.
  - Desnaturalización de las proteínas, contribuyendo de esta manera a la reducción de su capacidad emulsionante.

La temperatura aproximada de trabajo debe ser entre 8°C y 13°C.

4. **pH:** el valor del potencial de hidrogeno afecta la estabilidad de la emulsión cárnica debido a su efecto sobre las proteínas, las cuales alcanzan su máxima capacidad emulsionante cuando el pH está cerca a la neutralidad.
5. **Viscosidad:** la resistencia de la emulsión cárnica a fluir es una propiedad que depende de diversas características, las cuales están relacionadas con la capacidad de retención de agua (CRA) y el punto isoeléctrico (Pi) de las proteínas, la concentración de sal empleada y la cantidad de agua añadida.
6. **Equipo utilizado:** en la obtención de emulsiones cárnicas estables, el tipo de maquinaria a emplear es un factor relevante que se debe tomar en cuenta, ya que proporcionará la acción mecánica necesaria para cortar y mezclar adecuadamente los diferentes componentes.

## **2.9. Descripción del método de proceso para la elaboración de salchichas veganas**

Las operaciones más importantes durante el proceso de elaboración de productos embutidos son:

### **2.9.1. Molienda**

El objetivo primordial de esta operación es disminuir el diámetro de partículas de la materia prima. Para ello se utilizan molinos con tornillo helicoidal (Quino, 2014).

### **2.9.2. Mezclado**

El mezclado se realiza en un cúter por un tiempo de 5 a 8 min. El cúter es un equipo que cuenta con una serie de cuchillas giratorias que rotan a gran velocidad. Esto permite obtener una masa homogénea que ayuda a la obtención de la emulsión (Quino, 2014).

### **2.9.3. Embutido**

En esta etapa del proceso las variables a controlar son la temperatura, el aire en el producto (que está dentro de la salchicha), la longitud y el diámetro de la salchicha y el calibre de la tripa a utilizar. El control de la temperatura es muy importante, ya que no debe sobrepasar los 12°C, porque se podría provocar el rompimiento de la emulsión. La longitud de la salchicha dependerá del tipo de salchicha que se quiera producir. El diámetro de la salchicha se relaciona con la presión de embutido a utilizar y debe ser el adecuado de acuerdo al tamaño de la tripa. El calibre de la tripa depende del tipo de salchicha a realizar, para la tipo Viena el calibre es 21 a 23 mm (Quino, 2014).

### **2.9.4. Ahumado**

El ahumado tiene dos objetivos principales: comunicar sabores agradables a los alimentos y contribuir a que se conserven. Las sustancias conservadoras que se añaden a la carne, junto con la acción del calor durante el ahumado ejercen una acción germicida ya que la desecación de la carne, junto con las sustancias químicas del humo, inhiben la multiplicación de los microorganismos durante su almacenamiento (Quino, 2014).

### **2.9.5. Escaldado**

El proceso térmico ejerce sus mayores efectos en las características del producto a través de los cambios en la matriz continua de proteína. En el proceso de cocción se fija la matriz de proteína y estabiliza el producto terminado. El objetivo de esta operación es el secado y cocimiento de la salchicha a la temperatura adecuada. Se puede llevar a cabo con agua o con aire caliente y vapor. Cuando se realiza en agua se

utiliza paila o marmita; mientras que cuando se usa aire y vapor se puede realizar en hornos por lote o en hornos continuos. En ambos procesos, ya sea con agua o con aire y vapor, es recomendable que se alcance una temperatura interna del producto de 74°C a 76°C. Cuando el cocimiento se realiza con agua la temperatura del agua de calentamiento deberá estar entre los 80°C a 85°C hasta que el producto alcance la temperatura interna (Quino, 2014).

#### **2.9.6. Enfriamiento**

El objetivo de esta operación es que el producto disminuya su temperatura de 72°C y 74°C, que es la temperatura a la que sale de la etapa de escaldado, hasta una temperatura de 0°C a 4°C. se utiliza agua fría que puede ser enfriada con un sistema sencillo como es agregar hielo, con esto se enfría la temperatura del agua de 0 a 2°C. el enfriamiento se puede lograr a través de agua fría o salmuera, esto dependerá del tipo de operaciones que se hayan hecho previamente; por ejemplo, es común que si el cocimiento se realizó en agua, el enfriamiento se realice en agua con hielo; mientras que si se hizo en hornos es común el uso de salmuera (Quino, 2014).

**CAPÍTULO III**  
**DISEÑO METODOLÓGICO**



### **3.1. Desarrollo de la parte experimental**

La parte experimental del trabajo de investigación “Elaboración de salchichas veganas a base de tofú de soya, avena instantánea y harina de maíz”, se realizó en el Laboratorio Taller de Alimentos (LTA) y en el Laboratorio de la Carrera de Ingeniería de Alimentos (LCIA), ambos laboratorios dependientes de la Carrera de Ingeniería de Alimentos de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

### **3.2. Tipo de intervención**

La metodología experimental en laboratorio para elaborar salchichas tipo veganas a base tofú de soya, avena instantánea y harina de maíz se desarrolló en base a los métodos siguientes:

- Análisis fisicoquímico y microbiológico del tofú de soya, avena instantánea y harina de maíz
- Análisis de los parámetros físicos: peso, calibre, tamaño.
- Análisis de pH, porcentaje de acidez (ácido láctico) y contenido de humedad en la etapa de almacenamiento.
- Análisis de evaluación sensorial para caracterizar las propiedades organolépticas.
- Análisis estadístico del diseño factorial en la etapa de dosificación.
- Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la salchicha vegana.
- Operacionalización de variables para la elaboración de salchicha vegana.

### **3.3. Paradigma investigativo**

Paradigma es un “conjunto de principios o normas investigativas que condicionan una actitud científica de una época”. Serie de normas cuyos seguidores basan su acuerdo o desacuerdo a la hora de considerar si su investigación es buena o mala, según los términos en los que se han definido sus objetivos, los marcos de referencia y puntos de partida, los métodos y formas de análisis (Hernández et al., 2018). Según Marín (2012)

“el significado más apropiado para designar un paradigma es el de modelo o ejemplar” (Pág. 58). Así mismo, Ricoy (2006) indica que el “paradigma positivista se califica de cuantitativo, empírico- analítico, racionalista, sistemático gerencial y científico tecnológico”. Por tanto el paradigma positivista sustentará a la investigación que tenga como objetivo comprobar una hipótesis por medios estadísticos o determinar los parámetros de una determinada variable mediante la expresión numérica.

El paradigma que se aplicó en el presente trabajo de investigación es el paradigma positivista, porque el conocimiento que se obtiene es objetivo y actual, además se basa en la experiencia y es válido para todo tiempo y lugar, con independencia de quien lo descubre.

### **3.4. Enfoque de la investigación**

La investigación de tipo cuantitativa utiliza la recopilación de información para poner a prueba o comprobar las hipótesis mediante el uso de estrategias estadísticas basadas en la medición numérica, que permite al investigador proponer patrones de comportamiento y probar los diversos fundamentos teóricos que explicarían dichos patrones (Hernández et al., 2010). Según Hueso & Cascant (2012) “la metodología de investigación cuantitativa se basa en el uso de técnicas estadísticas para conocer ciertos aspectos de interés sobre la población que se está estudiando” (Pág. 3).

El presente trabajo de investigación tiene un enfoque cuantitativo, debido a que se utilizaron técnicas estadísticas para llegar a los resultados finales.

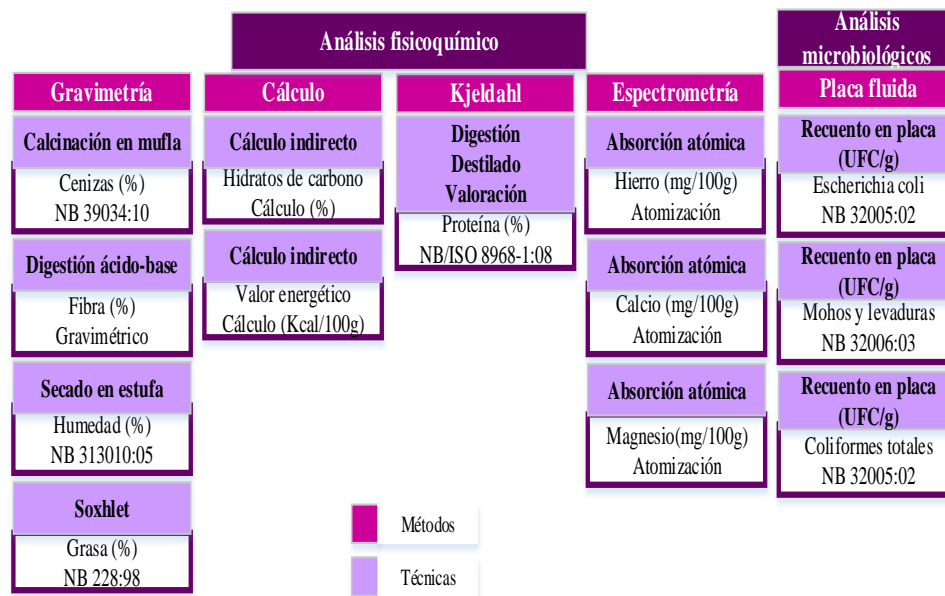
### **3.5. Métodos- técnicas e instrumentos**

El método es un camino para investigar, conocer, descubrir, es el procedimiento para investigar y conocer. La inducción es una generalización que conduce de los casos particulares a la ley general. Basada en la experiencia de algunos casos de un fenómeno, pasa a dar una ley para todos los casos de fenómenos de la misma especie. La deducción empieza por las ideas generales y pasa a los casos particulares y, por tanto no plantea un problema. La deducción implica certidumbre y exactitud; la inducción, probabilidad

(Baena, 2017). Según Bisquerra (1989): “El ciclo completo inducción/deducción se conoce como proceso hipotético-deductivo”. En la presente investigación el método que será utilizado será el proceso hipotético- deductivo.

### 3.5.1. Análisis fisicoquímicos y microbiológicos del tofú de soya, avena instantánea y harina de maíz

Para el análisis fisicoquímico del tofú de soya, avena instantánea y harina de maíz, se toma en cuenta los métodos y técnicas detallados en la figura 3.1, determinado en el Laboratorio CEANID (Centro de Análisis Investigación y Desarrollo); dependiente de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.



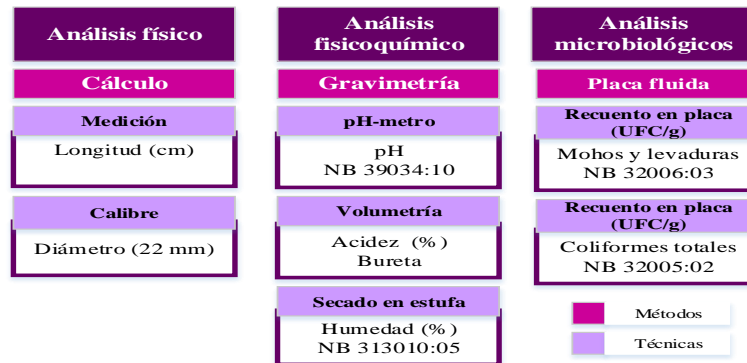
**Fuente:** CEANID, 2022

**Figura 3.1:** Análisis fisicoquímicos y microbiológicos del tofú de soya, avena instantánea y harina de maíz

### 3.5.2. Análisis físicos en la etapa de embutido, fisicoquímicos y microbiológicos en la etapa de almacenamiento de salchicha vegana

Para el análisis físico, fisicoquímico y microbiológico del proceso de elaboración se toma en cuenta los métodos y técnicas detallados en la figura 3.2. El análisis fisicoquímico del proceso de elaboración fue determinado en LCIA (Laboratorio de la Carrera de Ingeniería de Alimentos) el análisis físico en el (LTA) y el análisis

microbiológico fue determinado en el CEANID; dependientes de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

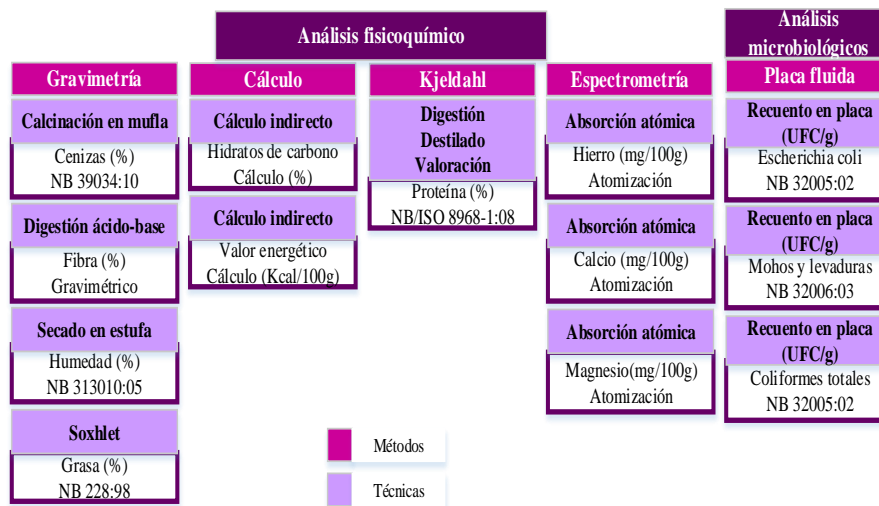


**Fuente:** CEANID, 2022, Quino, 2014

**Figura 3.2:** Análisis fisicoquímicos y microbiológicos en el proceso de elaboración

### 3.5.3. Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la salchicha vegana

Para la caracterización del producto terminado, se realiza el control fisicoquímico y microbiológico de la salchicha vegana a base de tofu de soya, avena instantánea y harina de maíz; tomando en cuenta los métodos y técnicas detallados en la figura 3.3.



**Fuente:** CEANID, 2022

**Figura 3.3:** Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la salchicha vegana

El análisis fisicoquímico y microbiológico de la salchicha vegana es realizado en el CEANID (Centro de Análisis Investigación y Desarrollo).

### 3.6. Equipos, instrumentos, utensilios y materiales de laboratorio

En el presente trabajo de investigación se requiere el uso de equipos, instrumentos, utensilios y materiales de laboratorio, éstos se detallan a continuación:

#### 3.6.1. Equipos

Los equipos que se utilizan en la elaboración de salchicha vegana, se muestra en la figura 3.4 y son detallados en el Anexo I.

Balanza de precisión	•Equipo de marca RADWAG, con peso mínimo=0,5 g y peso máximo=4500 g y rango de temperatura de 10-40°C.
Freezer	•Marca Mettler Toledo, con potencia comprendida entre 8-14.5 V y una frecuencia de 50/60 Hz.
Cocina a gas	•Es un equipo de acero inoxidable, compuesto de dos hornallas
Envasadora al vacío	•Equipo de industria boliviana, fabricado el año 2014, marca PLANAGRO S.R.L.
Horno ahumador	•Equipo de industria japones, marca OSAKA
Cúter	•Equipo de industria Italiana con potencia de 220V y frecuencia de 50Hz
Estufa	•Equipo de industria brasilera, con potencia=1600W, frecuencia=50 Hz y rango de temperatura=Tamb-250°C

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 3.4:** Equipos utilizados en la elaboración de salchichas veganas

Estos equipos de proceso son utilizados para el desarrollo de la parte experimental del presente trabajo de investigación y estos se encuentran en el Laboratorio Taller de Alimentos (LTA).

#### 3.6.2 Instrumentos de laboratorio

Los instrumentos de laboratorio que se utilizan en la elaboración de salchicha vegana, se muestra en la figura 3.5 y son detallados en el Anexo I.

<b>pH-metro digital</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelo LAQUA, dimensiones aproximadas de 170(W)*174(D)*73(H) mm, potencia de 100-240 V y frecuencia de 50/60 Hz</li> </ul>
<b>Bureta digital</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De marca Accuracy, tiene una precisión &lt;0,1% CV y la solución que se utiliza no debe ser mayor a 20°C</li> </ul>
<b>Desecador</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es un instrumento de vidrio hermético que contiene desecantes, se lo utiliza para enfriar artículos sensibles a la humedad</li> </ul>
<b>Licuadaora</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es un instrumento de marca Oster, con una potencia de y una frecuencia de 50/60Hz</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 3.5:** Instrumentos utilizados en la elaboración de salchicha vegana

Estos instrumentos utilizados en el desarrollo de la parte experimental de la elaboración de salchicha vegana se encuentran en el Laboratorio Taller de Alimentos (LTA).

### 3.6.3. Utensilios de cocina

Los utensilios de cocina utilizados en la elaboración de salchicha vegana, se muestran en la figura 3.6 y son detallados en el Anexo I.

<b>Cuchillo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De acero inoxidable, de tamaño mediano, utilizado en el acondicionamiento y picado del tofú.</li> </ul>
<b>Cuchara</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De acero inoxidable, de tamaño mediano, utilizada en la etapa de dosificación.</li> </ul>
<b>Jarra</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De calidad plástico, tamaño mediano y grande, utilizada para la dosificación de agua</li> </ul>
<b>Olla</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De acero inoxidable, de tamaño mediano, utilizada para el escaldado de la salchicha vegana</li> </ul>
<b>Lavador</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De plástico, utilizado en la etapa de enfriamiento</li> </ul>
<b>Plancha</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De acero inoxidable, su función es evitar contacto directo del producto con el calor emitido por el fuego</li> </ul>
<b>Taper</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De plástico, de tamaño mediano, utilizado en la etapa de maduración.</li> </ul>
<b>Repasador</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Material de cocina, utilizado para trabajar de manera aséptica</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 3.6:** Utensilios de cocina en la elaboración de salchicha vegana

Los utensilios de cocina mencionados se utilizan en las distintas etapas del proceso de elaboración de salchicha vegana y fueron proporcionados por el Laboratorio Taller de Alimentos (LTA).

### 3.6.4. Materiales de laboratorio

Los materiales de laboratorio que se utilizan en la elaboración de salchicha vegana, se muestra en la figura 3.7 y son detallados en el Anexo I.

Matraz aforado	• De vidrio, de capacidad 250 ml y utilizado en la preparación de solución madre
Matraz Erlenmeyer	• De vidrio, de capacidad 100 ml, se usa en laboratorio 2 unidades.
Vaso precipitado	• Se utiliza 4 vasos precipitados, de calidad vidrio y de capacidad de 100 ml.
Pipeta	• De calidad vidrio, de capacidad 10 ml y 5 ml.
Probeta	• Material de vidrio de capacidad 100 ml.
Termómetro	• Material de laboratorio de calidad vidrio, con una capacidad de 0 a 100°C
Crisol	• De porcelana, utilizado en la determinación del contenido de humedad.
Pinza	• Es un material de laboratorio de calidad acero inoxidable de tamaño mediano.
Espatula	• De acero inoxidable, tamaño pequeño y utilizado en la dosificación y batido de las muestras
Embudo	• De plástico, de tamaño pequeño utilizado para la ayuda del colado de la solución preparada
Piceta	• De plástico, tamaño mediano, utilizado para la dosificación de agua destilada

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 3.7:** Materiales de laboratorio utilizados en la elaboración de salchicha vegana

Los materiales de laboratorio utilizados son proporcionados por el LCIA (Laboratorio Carrera de Ingeniería de Alimentos).

### 3.7. Materias primas e insumos alimentarios

Las materias primas e insumos se detallan a continuación:

### 3.7.1. Tofú de soya, avena instantánea y harina de maíz

Para la elaboración de salchicha vegana, se utilizan las materias primas que se muestran en la figura 3.8 y se detallan en el Anexo I.

<b>Tofú de soya</b>	•El tofú de soya es de procedencia local, adquirido de una tienda de productos naturales "El Maná".
<b>Avena instantánea</b>	•La avena instantanea fué adquirida en el mercado local, marca princesa, industria boliviana; La Paz
<b>Harina de maíz</b>	•La harina de maíz tambien fue adquirida del mercado local, es una harina criolla producida en el departamento de Tarija.

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 3.8:** Materias primas para la elaboración de salchicha vegana

### 3.7.2. Insumos alimentarios

Los insumos alimentarios utilizados en la elaboración de salchicha vegana, se muestran en la figura 3.9 y se detallan en el Anexo I.

<b>Aceite vegetal</b>	•Se utilizó aceite vegetal de girasol, de industria boliviana marca Fino
<b>Hielo</b>	•El hielo que se utiliza es en cubos, de industria boliviana marca FAHITAR
<b>Gluten de trigo</b>	•El gluten vital de trigo en polvo utilizado es envasado por la empresa boliviana SENSORIAL
<b>Fécula de papa</b>	•La fécula de papa en polvo es de industria boliviana adquirido de ESENCIAL
<b>Fécula de yuca</b>	•La fécula de yuca en polvo es de industria boliviana adquirido de ESENCIAL
<b>Sal</b>	•La sal yodada fina de mesa utilizada es de industria boliviana, marca GERLI
<b>Condimentos</b>	•El condimento para salchicha utilizado fue adquirido de la distribuidora ESENCIAL
<b>Color</b>	•El colorante utilizado es el rojo morrón rojo adquirido de la distribuidora ESENCIAL

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 3.9:** Insumos utilizados en la elaboración de salchicha vegana



### 3.7.3. Reactivos químicos de laboratorio

Los reactivos químicos utilizados para la determinación de acidez en la elaboración de salchicha vegana, se muestran en la figura 3.10 y se detallan en el Anexo I.

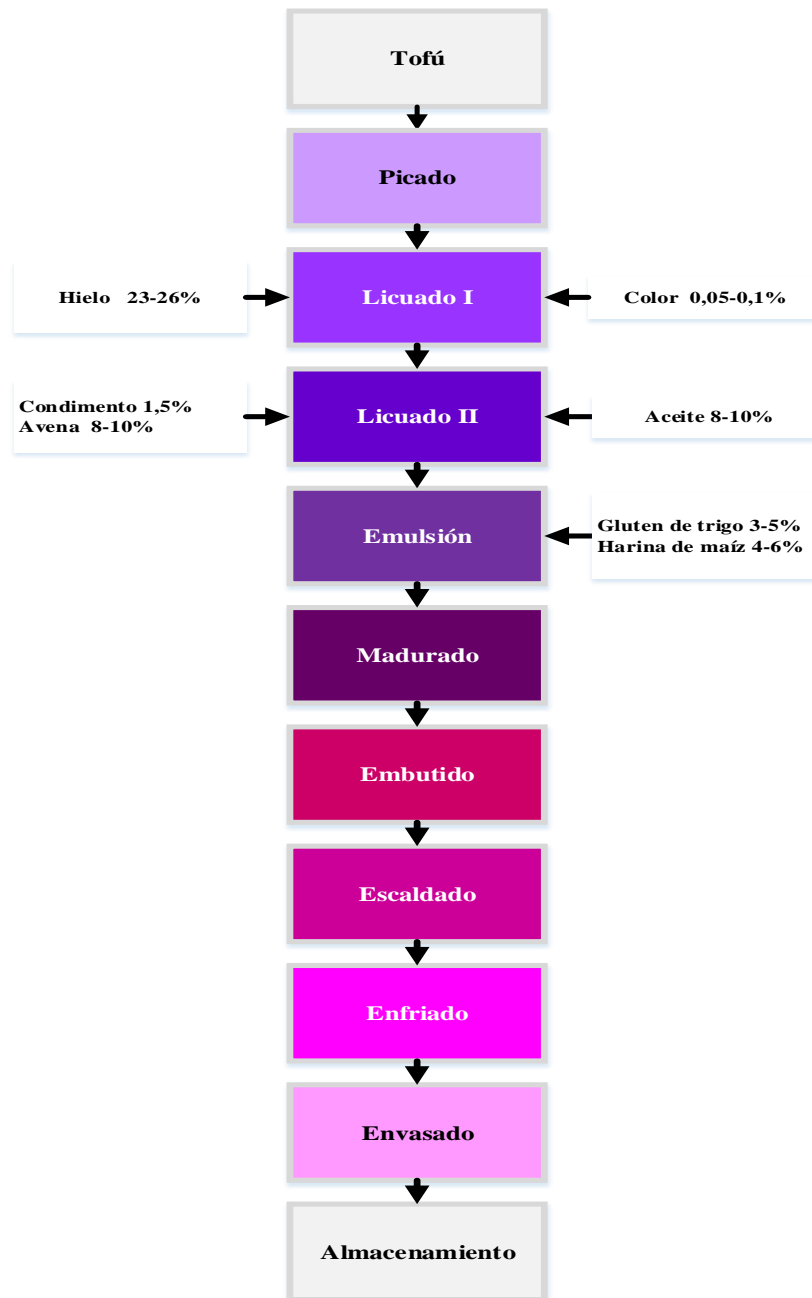
<b>Hidroxido de sodio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•El hidroxido de sodio 0,1 Normal es de industria Argentina, marca BIOPACK</li> </ul>
<b>Azul de bromotimol</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•El azul de bromotimol al 0,1% es de industria Argentina marca BIOPACK</li> </ul>
<b>Alcohol etílico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•El alcohol etílico al 70% utilizado es de industria boliviana de marca SOLQUIFAR</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 3.10:** Reactivos químicos en la determinación de acidez

### 3.8. Diagrama del proceso de elaboración de salchicha vegana

El proceso de elaboración de salchicha vegana cuenta con varias operaciones, se detallan en el diagrama de flujo de la figura 3.11.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 3.11:** Diagrama de flujo del proceso de elaboración de salchicha vegana

### 3.8.1. Descripción del diagrama del proceso de elaboración de salchicha vegana a base de tofú de soya, avena instantánea y harina de maíz

A continuación, se describen las operaciones necesarias para llevar a cabo el proceso de elaboración de salchicha vegana.

### Tofú de soya

Se adquirió tofú de la tienda “El Maná”, se hacen los controles respectivos (pH, humedad y acidez), el tofú de soya debe ser recientemente elaborado, debido a que con el paso del tiempo se hace muy ácido dando un sabor desagradable. La figura 3.12, muestra el tofú de soya.



**Figura 3.12.** Tofú de soya

### Picado

Posteriormente, se realiza el picado del tofú en cuadrillos de 1 cm de lado y se realiza con un cortador de verduras. Primero, se cortan en láminas de 1 cm de alto pasando posteriormente por el cortador de verduras. La figura 3.13, se muestra el tofú picado en cuadrillos.



**Figura 3.13.** Picado del tofú

### Licuada I

Se procede a pesar en recipientes de plástico hielo (26%), tofú de soya (38%) y colorante (0,2%). Se coloca en la licuadora primero el hielo, el tofú y luego el colorante. El tiempo total de molienda es de 15 minutos. La figura 3.14, muestra los ingredientes en la licuadora antes de ser licuados.



**Figura 3.14.** Molienda I

**Licuada II**

Se agrega el aceite de girasol (9,5%) en la licuadora, pasado 5 minutos se incluye la; avena instantánea (10%), sal y condimento (1,5%) realizando el licuado por un tiempo de 10 minutos. La avena instantánea debe ser finamente licuada de manera que pueda integrarse con los demás ingredientes. En la figura 3.15, se observa el agregado del aceite de girasol.

**Figura 3.15.**Molienda II**Emulsión**

Para realizar la emulsión, se agrega a la masa del licuado II, harina de maíz, fécula de yuca y de papa y gluten de trigo, con la ayuda de una cúter pequeña se realiza el proceso de emulsión, por un tiempo de 10 minutos. La figura 3.16, muestra el resultado de la emulsión.

**Figura 3.16.** Emulsión**Madurado**

El madurado, se realiza bajo refrigeración en el freezer a temperatura entre (5-8)°C por un tiempo de 24 horas. Se realiza con la finalidad de homogenizar los sabores en la mezcla. En la figura 3.17, se observa la mezcla en un recipiente de plástico.

**Figura 3.17.** Madurado de la masa

### Embutido

Pasadas las 24 horas se procede a embutir la mezcla en tripa sintética calibre 22, con la ayuda de una embutidora manual con el objetivo de darle la forma particular de una salchicha vegana, se controla la temperatura de la mezcla al embutir, debe estar entre  $(2-5)^{\circ}\text{C}$ . El embutido se realiza en un tiempo aproximado de 10 min. Luego de embutir la mezcla se procede a realizar el amarrado manualmente con hilo de algodón, el atado debe ser cada 12-15 cm. La figura 3.18, muestra el proceso de embutido de la salchicha vegana.



**Figura 3.18.** Embutido

### Escaldado

El escaldado del producto final se realiza por 35 minutos a temperatura entre  $(75-80)^{\circ}\text{C}$  en inmersión en agua en relación 5:1 (agua: salchicha vegana). La temperatura del agua debe ser de  $70^{\circ}\text{C}$  al momento de introducir las salchichas, el proceso se realiza en una olla de acero inoxidable que contiene una plancha en la base. La figura 3.19, muestra el momento en que las salchichas reciben el tratamiento térmico.



**Figura 3.19.**Escaldado

### Enfriado

Se realiza un descenso de temperatura violento introduciendo inmediatamente después de haber sido retiradas las salchichas del agua caliente, se sumerge en agua fría con hielo ( $5^{\circ}\text{C}$ ) por un tiempo de 10 min. La figura 3.20, muestra el proceso de enfriado de la salchicha vegana.



**Figura 3.20.** Enfriado

### **Envasado**

Luego de haber enfriado se procede a quitar la tripa sintética de las salchichas y se pone en una canastilla, agregando agua fría encima y dejándolo bajo refrigeración por una hora. Se procede a envasar las salchichas en bolsas de polietileno en la envasadora al vacío, de manera que el producto no tenga contacto con el aire y pueda conservarse más tiempo. La figura 3.21, muestra el envasado al vacío de la salchicha vegana.



**Figura 3.21.** Envasado

### **3.9 Evaluación sensorial**

La evaluación sensorial de los alimentos es una actividad que la persona realiza desde la infancia y que le lleva consciente o inconscientemente, a aceptar o rechazar los alimentos, de acuerdo con las sensaciones experimentales al observarlos o ingerirlos. Esto puede definirse como el método científico utilizado para evocar, medir, analizar e interpretar las respuestas a los productos que son percibidos por los sentidos de la vista, el olfato, el tacto, el gusto y el oído. Surge como la disciplina para medir la calidad de los alimentos, conocer la opinión y mejorar la aceptación de los productos por parte del consumidor (García, 2019).

La figura 3.22, detalla las evaluaciones sensoriales realizadas en el presente trabajo de investigación.

Evaluación sensorial	Códigos	Atributos	Test
Ensayo 2	S01, S02, S03, S04	Presentación, color, olor, sabor, textura	Test 1
Ensayo 3	S05, S06 y S07	Color, olor, sabor, textura	Test 2
Ensayo 4	S08 y S09	Color, sabor, acidez, textura	Test 3
Ensayo 5	M1, M2, M3, M4	Color, sabor, acidez, textura	Test 4
Ensayo 6	M5, M6, M7, M8	Color, sabor, acidez, textura	Test 5
Ensayo 7	V01, V02, V03	Sabor, acidez, textura	Test 6
Ensayo 8	V04 y V05	Sabor, acidez, textura	Test 7

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 3.22:** Evaluaciones sensoriales realizadas en la elaboración de salchicha vegana

Las evaluaciones sensoriales aplicadas son calificadas de acuerdo a escala hedónica de siete puntos

### 3.10 Diseño experimental

El diseño de experimentos consiste en determinar que pruebas se deben realizar y de qué manera, para obtener datos que, al ser analizados estadísticamente, proporcionen evidencias objetivas que permitan responder las interrogantes planteadas, y de esa manera clarificar los aspectos inciertos de un proceso, resolver un problema o lograr mejoras (Gutiérrez & De La Vara, 2008).

El diseño de experimentos (DDE) es un conjunto de técnicas activas, en el sentido de que no esperan que el proceso mande las señales útiles, sino que éste se “manipula” para que proporcione la información que se requiere para su mejoría. Consiste en planear y realizar un conjunto de pruebas con el objetivo de generar datos que, al ser analizados estadísticamente, proporcionen evidencias objetivas que permitan

responder las interrogantes planteadas por el experimentador sobre determinada situación (Gutiérrez & De La Vara, 2008).

### 3.10.1. Diseño factorial $2^3$

Ahora consideramos un experimento en el que intervienen tres factores principales A, B y C, tres interacciones de dos factores AB, AC y BC y la interacción de tres factores ABC, cada uno con niveles -1, +1. Se trata de un experimento factorial  $2^3$  que proporciona ocho combinaciones de tratamientos (1), a, b, c, ab, ac, bc y abc. El modelo para el experimento de 3 factores (Walpole, 2012), es:

$$y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + ijkl \quad (\text{Ecuación 3.1})$$

$i = 1, 2, \dots, a$ ;  $j = 1, 2, \dots, b$ ;  $k = 1, 2, \dots, c$ ; y  $l = 1, 2, \dots, n$ , donde  $\alpha_i$ ,  $\beta_j$  y  $\gamma_k$  son los efectos principales y  $(\alpha\beta)_{ij}$ ,  $(\alpha\gamma)_{ik}$  y  $(\beta\gamma)_{jk}$  son los efectos de la interacción de 2 factores que tienen la misma interpretación que en el experimento con 2 factores, el término  $(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$  se denomina efecto de interacción de 3 factores.

### 3.10.2 Diseño factorial $2^3$ en la etapa de dosificación para la elaboración de salchicha vegana

El diseño experimental en la etapa de dosificación para la elaboración de salchicha vegana, se realizó de acuerdo a la ecuación 3.2:

$$2^3 = 2 * 2 * 2 = 8 \text{ corridas/prueba} \quad (\text{Ecuación 3.2})$$

Para tal efecto, las variables propuestas y sus niveles de variación son los siguientes:

A = Hielo (%)

B = Avena instantánea (%)

C = Harina de maíz (%)

En la tabla 3.1, se muestra la matriz del diseño factorial aplicado en la etapa de dosificación para la elaboración de salchichas tipo veganas, conformado por tres variables: Hielo (A), avena instantánea (B) y harina de maíz (C).



**Tabla 3.1**

*Matriz del diseño factorial 2<sup>3</sup> aplicado en la etapa de dosificación al elaborar salchicha tipo vegana*

Combinación de tratamientos	Variables			Interacciones				Variable respuesta		
	A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Y <sub>i1</sub>	Y <sub>i2</sub>	Y <sub>i3</sub>
(1)	-	-	-	+	+	+	-	Y1	Y1	Y1
a	+	-	-	-	-	+	+	Y2	Y2	Y2
b	-	+	-	-	+	-	+	Y3	Y3	Y3
ab	+	+	-	+	-	-	-	Y4	Y4	Y4
c	-	-	+	+	-	-	+	Y5	Y5	Y5
ac	+	-	+	-	+	-	-	Y6	Y6	Y6
bc	-	+	+	-	-	+	-	Y7	Y7	Y7
abc	+	+	+	+	+	+	+	Y8	Y8	Y8

**Fuente:** Walpole, 2012

Dónde:

Y<sub>i1</sub> = pH de la salchicha tipo vegana

Y<sub>i2</sub> = Porcentaje de humedad de la salchicha vegana (%)

Y<sub>i3</sub> = Porcentaje de acidez (ácido láctico) de la salchicha vegana (%)

La tabla 3.2, muestra la variación de los factores (nivel alto y nivel bajo) aplicado en la etapa de dosificación, conformado por tres variables: hielo (A), avena instantánea (B) y harina de maíz (C).

**Tabla 3.2**

*Niveles de variación de los factores en la etapa de dosificación*

Variables	Unidad	Nivel alto	Nivel bajo
Hielo (A)	%	26	23
Avena instantánea (B)	%	10	8
Harina de maíz (C)	%	5	4

**Fuente:** Elaboración propia

La tabla 3.2, indica los factores tomados en cuenta en la dosificación de la elaboración de salchicha vegana que influyen en el proceso de elaboración.

### 3.11. Operacionalización de las variables para la elaboración de salchicha vegana

Para el presente trabajo de investigación, se realiza la operacionalización de las variables dependiente e independiente (tabla 3.3), en base al proceso llevado a cabo para obtener el producto final.

**Tabla 3.3**

*Operacionalización de las variables de la elaboración de salchicha vegana*

Hipótesis	Variable	Descripción de variable	Subvariables	Indicadores	
Aplicando el proceso de emulsión a nivel experimental es posible elaborar salchicha vegana con la finalidad de obtener un producto de calidad nutricional para la población de la provincia Cercado de Tarija	Variable independiente	Proceso de emulsión	Es la mezcla de dos sustancias inmiscibles (aceite y agua), que cuando se encuentra en movimiento y se dispersan uno en el otro se dice que han formado una emulsión (Marroquín, 2011).	Dosificación	%
				Emulsificación	°C
					minutos
				Escaldado	°C
					minutos
	Enfriado	°C			
		Minutos			
	Variable dependiente	Elaboración de salchicha vegana	Las salchichas veganas son un tipo de alimento que intenta reproducir el sabor y la textura de la salchicha de carne sin el uso de ningún producto animal (Kassraie, 2021).	Valor energético	Kcal/100g
				Minerales	mg/100g
				Humedad	%
Hidratos de carbono				%	
Proteínas				%	
Grasas				%	
Fibra				%	
Mohos y levaduras				UFC/g	
Coliformes totales	UFC/g				
E. Coli	UFC/g				

**Fuente:** Elaboración propia

**CAPÍTULO IV**  
**RESULTADOS Y DISCUSIONES**

#### 4.1. Caracterización del tofú de soya, avena instantánea y harina de maíz

En la caracterización del tofú de soya, avena instantánea y harina de maíz, se toma en cuenta los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, que se detallan a continuación:

##### 4.1.1. Análisis fisicoquímico del tofú de soya

La tabla 4.1, muestra los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico del tofú de soya, datos extraídos del Anexo A.

**Tabla 4.1**

*Análisis fisicoquímico del tofú de soya*

Parámetros	Unidad	Resultado
Calcio	mg/100g	42
Hierro	mg/100g	2,70
Valor energético	Kcal/100g	200,86
Grasa	%	13,34
Fibra	%	n.d
Cenizas	%	1,43
Humedad	%	65,03
Proteína total	%	15,16
Hidratos de carbono	%	5,04

**Fuente:** CEANID, 2022

En la tabla 4.1, se observa los resultados del análisis fisicoquímico del tofú de soya presenta: calcio 42 mg/100g, hierro 2,70 mg/100g, valor energético 200,86 kcal/100g, grasa 13,34%, fibra n.d, cenizas 1,43%, humedad 65,03%, proteína total 15,16% e hidratos de carbono 5,04%.

##### 4.1.2. Análisis microbiológico del tofú de soya

La tabla 4.2, indica los resultados obtenidos del análisis microbiológico del tofú de soya, datos extraídos del Anexo A.

**Tabla 4.2***Análisis microbiológico de tofu de soya*

Microorganismos	Unidad	Resultado
Mohos y levaduras	UFC/g	$1,9 \cdot 10^2$
Coliformes totales	UFC/g	$4,0 \cdot 10^1$
Escherichia coli	UFC/g	$<1,0 \cdot 10^1$

**Fuente:** CEANID, 2022

En la tabla 4.2, se observan los resultados del análisis microbiológico del tofu de soya, presenta: mohos y levaduras  $1,9 \cdot 10^2$  UFC/g, coliformes totales  $4,0 \cdot 10^1$  UFC/g y escherichia coli  $<1,0 \cdot 10^1$  UFC/g.

**4.1.3. Análisis fisicoquímico de la avena instantánea**

La tabla 4.3, muestra los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico de la avena instantánea, datos extraídos del Anexo A.

**Tabla 4.3***Análisis fisicoquímico de la avena instantánea*

Parámetros	Unidad	Resultado
Magnesio	mg/100g	71,6
Hierro	mg/100g	3,20
Valor energético	Kcal/100g	364,44
Cenizas	%	0,94
Fibra	%	10,52
Grasa	%	8,72
Hidratos de carbono	%	58,67
Humedad	%	8,33
Proteína total	%	12,82

**Fuente:** CEANID, 2022

En la tabla 4.3, se observa los resultados del análisis fisicoquímico de la avena instantánea, presenta: magnesio 71,6 mg/100g, hierro 3,20 mg/100g, valor energético 364,44 kcal/100g, cenizas 0,94%, fibra 10,52%, grasa 8,72%, hidratos de carbono 58,67%, humedad 8,33% y proteína total 12,82%.

#### 4.1.4. Análisis microbiológico de la avena instantánea

La tabla 4.4, indica los resultados obtenidos del análisis microbiológico de la avena instantánea, datos extraídos del Anexo A.

**Tabla 4.4**

##### *Análisis microbiológico de la avena instantánea*

Microorganismos	Unidad	Resultado
Mohos y levadura	UFC/g	$<1,0 \cdot 10^1$
Coliformes totales	UFC/g	$<1,0 \cdot 10^1$
Escherichia coli	UFC/g	$<1,0 \cdot 10^1$

**Fuente:** CEANID, 2022

En la tabla 4.4, se observan los resultados del análisis microbiológico de la avena instantánea, presenta: mohos y levaduras  $<1,0 \cdot 10^1$  UFC/g, coliformes totales  $<1,0 \cdot 10^1$  UFC/g y Escherichia coli  $<1,0 \cdot 10^1$  UFC/g.

#### 4.1.5. Análisis fisicoquímico de la harina de maíz

La tabla 4.5, muestra los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos de la harina de maíz, datos extraídos del Anexo A.

**Tabla 4.5**

##### *Análisis fisicoquímico de la harina de maíz*

Parámetros	Unidad	Resultado
Potasio	mg/100g	273
Hierro	mg/100g	1,70
Valor energético	Kcal/100g	380,4
Grasa	%	4,40
Fibra	%	1,60
Cenizas	%	1,4
Humedad	%	7,40
Proteína total	%	8,99
Hidratos de carbono	%	76,21

**Fuente:** CEANID, 2022

En la tabla 4.5, se observa los resultados del análisis fisicoquímico de la harina de maíz que presenta: valor energético 380,4 kcal/100g, grasa 4,40%, fibra 1,60%, cenizas 1,4%, humedad 7,40%, proteína total 8,99%, hidratos de carbono 76,21%, hierro 1,70 mg/100 g y potasio 273 mg/100 g.

#### 4.1.6. Análisis microbiológico de la harina de maíz

La tabla 4.6, indica los resultados obtenidos del análisis microbiológico de la harina de maíz, datos extraídos del Anexo A.

**Tabla 4.6**

*Análisis microbiológico de harina de maíz*

Parámetros	Unidad	Resultado
Mohos y levadura	UFC/g	$<1,0 \cdot 10^1$
Coliformes totales	UFC/g	$<1,0 \cdot 10^1$
Escherichia coli	UFC/g	$<1,0 \cdot 10^1$

**Fuente:** CEANID, 2022

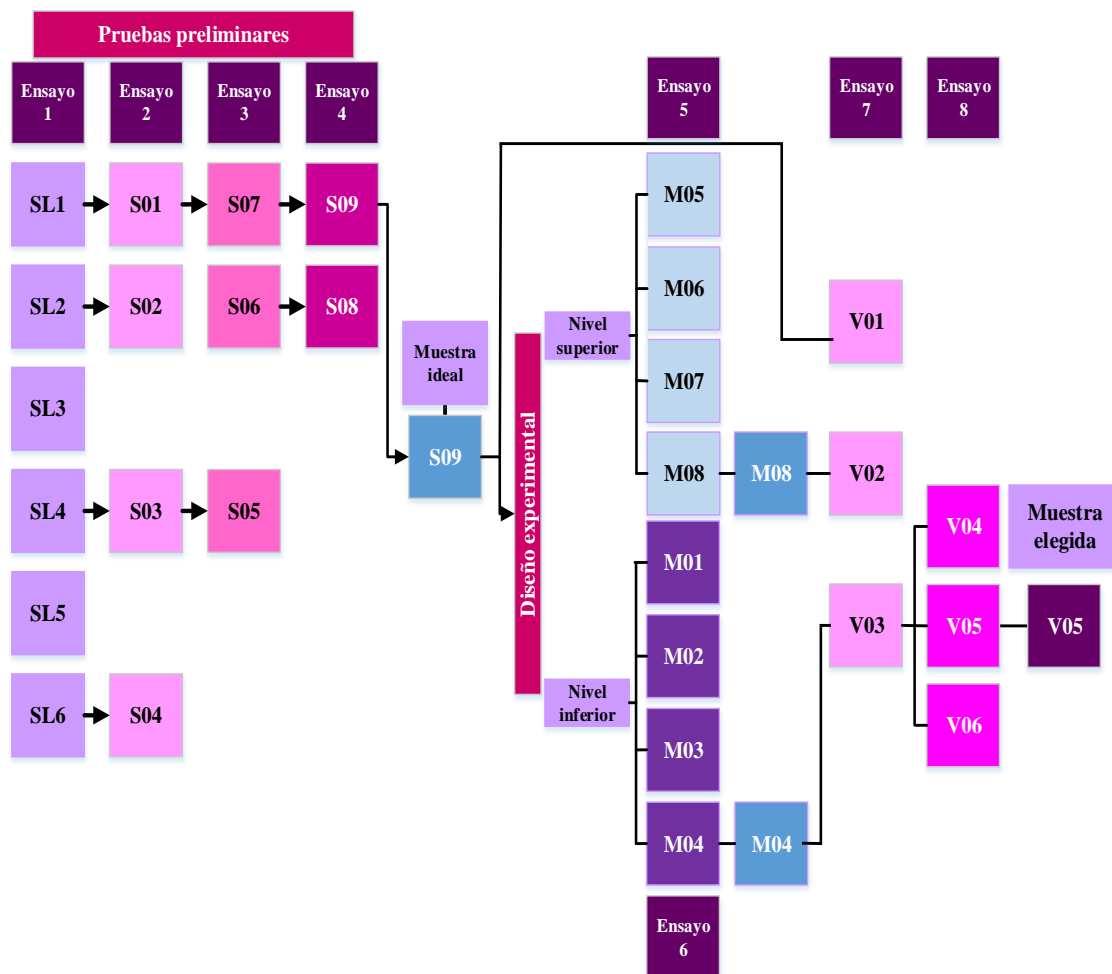
En la tabla 4.6, se observa los resultados del análisis microbiológico de la harina de maíz que presenta: mohos y levaduras  $<1,0 \cdot 10^1$  UFC/g, coliformes totales  $<1,0 \cdot 10^1$  UFC/g y Escherichia coli  $<1,0 \cdot 10^1$  UFC/g.

## 4.2. Caracterización de variables del proceso de elaboración de salchicha vegana

Para la caracterización de las variables del proceso en la elaboración de salchicha vegana, se toma en cuenta pruebas preliminares con el fin de obtener la metodología para elaborar salchichas veganas.

### 4.2.1 Ensayos preliminares para la elaboración de salchicha vegana

Para el desarrollo de la parte experimental del presente trabajo de investigación, inicialmente se elabora seis muestras codificadas como SL1, SL2, SL3, SL4, SL5 y SL6, variando la dosificación de acuerdo a la tabla 4.7. Se toma en cuenta SL1, SL2, SL4 y SL6 recodificadas como S01, S02, S03 y S04 variando la dosificación de aceite, se procede a variar la dosificación de gluten de trigo en las muestras S01, S02 y S03 recodificadas como S05, S06 y S07. En las muestras S06 y S07 recodificadas como S08 y S09 se realiza variación en la dosificación de hielo, determinando como muestra ideal S09. La figura 4.1, muestra los diferentes ensayos realizados en la parte experimental.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.1.** Ensayos preliminares para la obtención de muestra ideal de salchicha vegana

#### 4.2.2. Pruebas preliminares de salchicha vegana para el ensayo 1

Para el presente trabajo de investigación, se considera como referencia los principios básicos de elaboración de embutidos (Jimenez & Carballo, 2012), con la finalidad de obtener la metodología experimental. Se realizaron pruebas a partir de seis muestras, considerando como base; tofú, avena instantánea y gluten de trigo, agregando también harina de garbanzo, maíz, arroz, cebada y almendra, con el objetivo obtener un mejor valor nutricional (Alvarez & Montesdeoca, 2020), la dosificación de la elaboración de las diferentes muestras se indican en la tabla 4.7.



Tabla 4.7

*Variación de dosificación en la elaboración de salchicha vegana*

Materia prima/insumos	Rango	Unidad
Tofú	30 – 35	%
Avena	10 – 12	%
Gluten	4 – 6	%
Aceite	10-11	%
Harina de garbanzo	1 – 1,5	%
Harina de maíz	3 – 6	%
Harina de arroz	4 – 6	%
Harina de almendra	6-6,5	%
Harina de cebada	5	%

**Fuente:** Elaboración propia

Las seis muestras de salchicha tipo vegana son sometidas a evaluación sensorial, calificadas de manera subjetiva por el personal del Laboratorio del Taller de Alimentos, la valoración de las distintas muestras, se detallan en la figura 4.2.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.2:** Pruebas iniciales de salchicha tipo vegana

Según la figura 4.2, se puede observar que las muestras (SL1, SL2, SL4 y SL6) son las de mayor preferencia por tener un mejor color, un sabor más definido, mejor apariencia; en comparación con las muestras SL3 y SL5, que presentan un sabor menos agradable, color muy oscuro, muy secas, de mala apariencia y color artificial.

### 4.2.3. Pruebas preliminares en la dosificación de aceite vegetal para el ensayo 2

Las muestras SL1, SL2, SL4 y SL6 son recodificadas a S01, S02, S03 y S04, tomando en cuenta la dosificación de la tabla 4.7, modificando la cantidad de aceite de acuerdo a observaciones que se realizaron en la evaluación subjetiva de las primeras muestras. Los parámetros considerados en el proceso del ensayo 2 son detallados en la tabla 4.8.

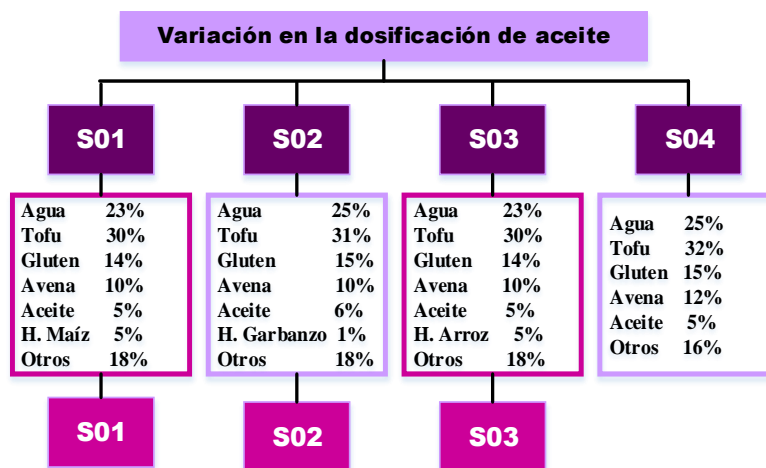
**Tabla 4.8**

#### *Parámetros de proceso de ensayo 2*

Parámetros de proceso	Valor	Unidad
Tiempo de emulsión	20	min
Tiempo de maduración	24	h
Temperatura de reposo	5-10	°C
Tiempo de escaldado	30	min
Temperatura de escaldado	80	°C
Temperatura de almacenado	5	°C

**Fuente:** Elaboración propia

En el primer ensayo realizado la dosificación de aceite es de (7-8%), en el ensayo 2 se reduce la cantidad de aceite entre (5-6 %), como también la variación de los diferentes ingredientes usados en la elaboración de salchicha vegana. La figura 4.3, detalla la dosificación realizada a cada muestra.



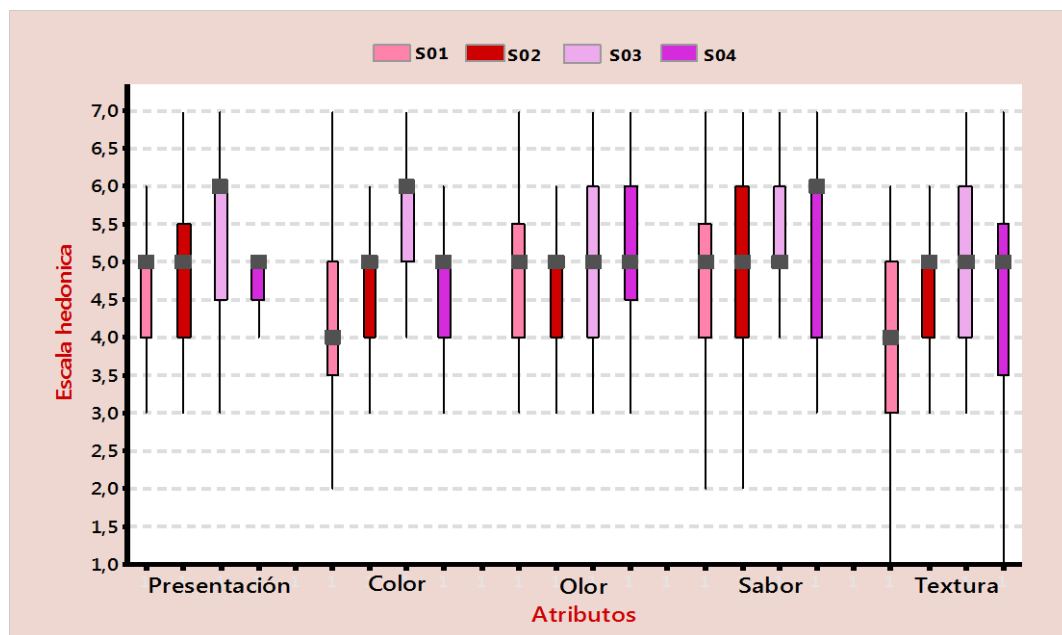
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.3:** Variación en la dosificación de aceite

En base a las muestras de la figura 4.3, se procede a realizar la evaluación sensorial con una escala de siete puntos, donde se valoran los atributos: presentación, color, olor, sabor y textura.

#### 4.2.3.1. Estadístico caja y bigote de pruebas preliminares en la dosificación de aceite para el ensayo 2

En la figura 4.4, se muestra el estadístico caja y bigote, datos extraídos del Anexo C, para los atributos: presentación (tabla C.3), color (tabla C.4), olor (tabla C.5), sabor (tabla C.6) y textura (tabla C.6).



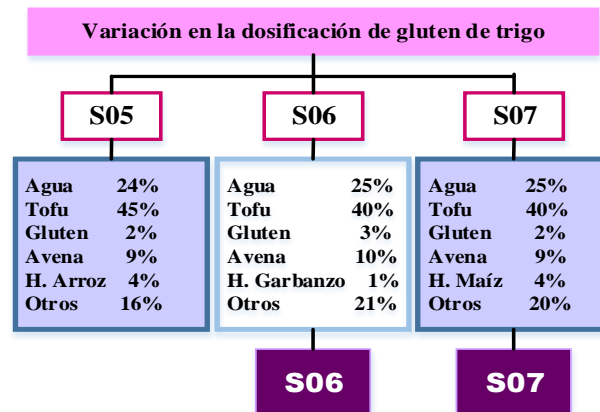
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.4:** Caja y Bigote de pruebas preliminares en la dosificación de aceite vegetal para el ensayo 2

Según la figura 4.4, se puede observar el análisis de resultados estadísticos de caja y bigote de las medianas en función de los atributos de las muestras evaluadas; presentación 6,0 (S03); color 6,0 (S03); sabor 6,0 (S04) olor 5,0 (S03) y textura 5,0 (S02). Realizadas las pruebas preliminares de salchicha vegana, se determina la preferencia de los jueces por las muestras S02, S03 y S04.

#### 4.2.4. Pruebas preliminares en la dosificación de gluten de trigo para el ensayo 3

En las muestras S01, S02 y S03 recodificadas como S05, S06 y S07, se modifica la dosificación de gluten de trigo, de acuerdo a críticas recibidas por los jueces de percibir sabor a crudo en la salchicha vegana. La figura 4.5 detalla la dosificación de cada muestra.



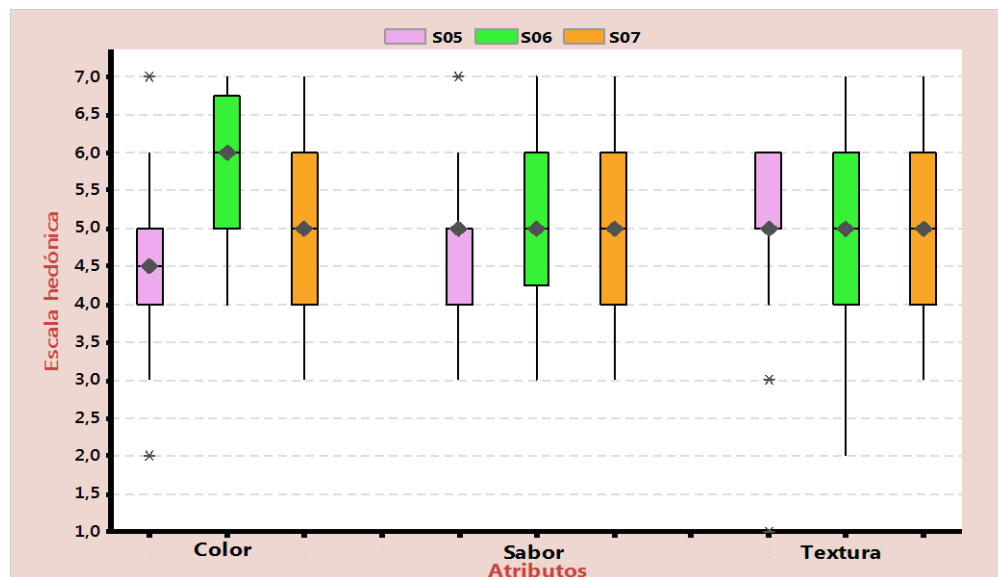
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.5:** Pruebas preliminares en la dosificación de gluten de trigo para el ensayo 3

En base a las muestras de la figura 4.5, se procede a realizar la evaluación sensorial con una escala de siete puntos, donde se valoran los atributos: color, sabor y textura.

##### 4.2.4.1. Estadístico de caja y bigote de pruebas preliminares en la dosificación de gluten de trigo para el ensayo 3

La figura 4.6, muestra el estadístico de caja y bigote, datos extraídos del Anexo C, para los atributos: presentación (tabla C.3), color (tabla C.4), olor (tabla C.5), sabor (tabla C.6) y textura (tabla C.6).



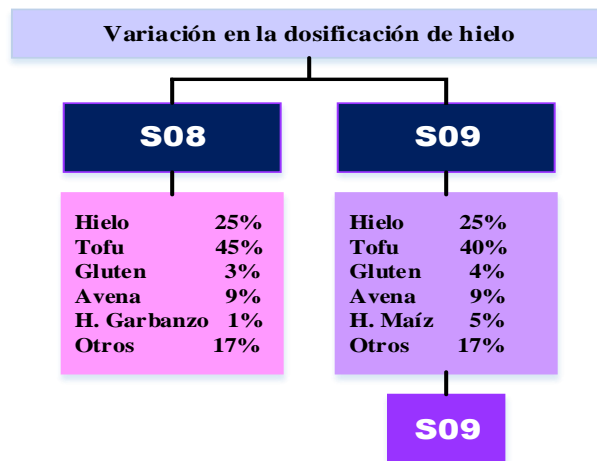
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.6:** Caja y bigote de muestras preliminares en la dosificación de gluten de trigo para el ensayo 3

Según la figura 4.6, se puede observar los resultados de las medianas en función de los atributos de las muestras evaluadas, son; color 6,0 (S06); sabor 5,0 (S06) y textura 5,0 (S07), para un nivel de significancia  $\alpha=0,05$ . Realizadas las pruebas preliminares de salchichas veganas, se determina que la preferencia de los jueces es por las muestras S06 y S07.

#### 4.2.5. Pruebas preliminares en la dosificación de hielo para el ensayo 4

En las muestras S06 y S07 recodificadas como S08 y S09, se modifica la dosificación de agua por hielo, con el objetivo de darle mayor estabilidad a la emulsión. En la figura 4.7, se detalla la dosificación de las muestras del ensayo 4



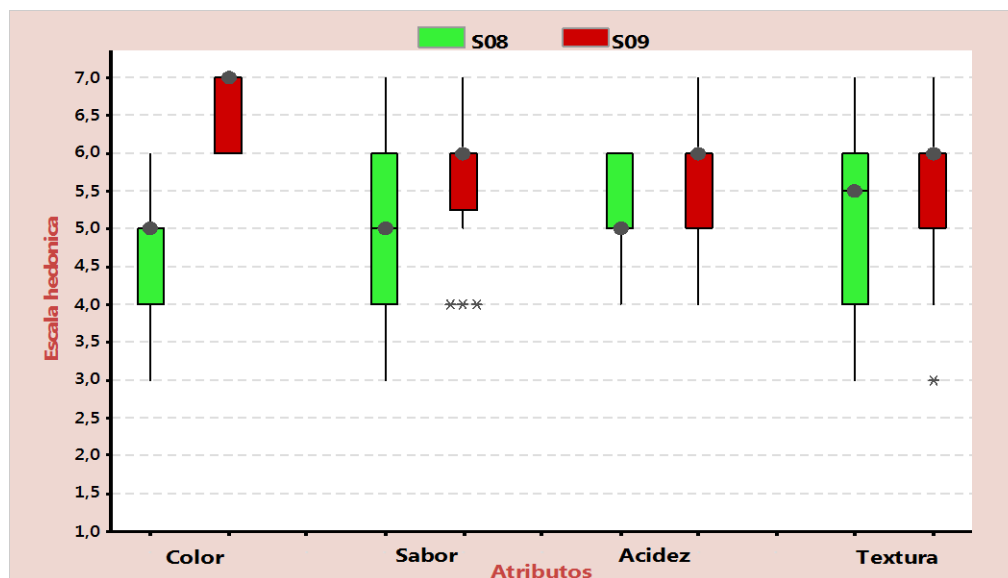
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.7:** Pruebas preliminares en la dosificación de hielo para el ensayo 4

En base a las muestras de la figura 4.7, se procede a realizar evaluación sensorial con escala de siete puntos, donde se valoran los atributos: Color, sabor, acidez y textura

#### 4.2.5.1. Estadístico de caja y bigote de pruebas preliminares en la dosificación de gluten de trigo para el ensayo 4

La figura 4.8, muestra los estadísticos de caja y bigote, datos extraídos del Anexo C, para el atributo color, sabor, acidez y textura.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.8:** Caja y bigote de pruebas preliminares para ensayo 4

Según la figura 4.8, se puede observar los resultados de las medianas en función de los atributos de las muestras evaluadas, son: color 7,0 (S09), sabor 6,0 (S09), acidez 6,0 (S09) y textura 6,0 (S09). Demostrándose una mayor aceptación por la muestra S09 en todos los atributos. Así también, realizando el análisis estadístico de varianza se pudo evidenciar que si existe diferencia significativa entre los atributos de la muestras evaluadas para un nivel de significancia  $\alpha=0,05$ .

#### 4.2.5.1.1. Estadístico de Tukey del atributo color de pruebas preliminares en la dosificación de gluten de trigo para el ensayo 4

La tabla 4.9, muestra los resultados del análisis estadístico de Tukey para el atributo color, datos extraídos del Anexo C.

**Tabla 4.9**

##### *Estadístico Tukey del atributo color*

Tratamientos	Diferencia	DMS	Significancia
S09-S08	6,6 - 4,7	1,9 > 0,543531	Si hay significancia

**Fuente:** Elaboración propia

Según datos de la tabla 4.9, se puede observar que entre las muestras S08 y S09 existe diferencia significativa en cuanto al atributo color, observando claramente mayor preferencia por la muestra S09 con una media de 6,600.

#### 4.2.5.1.2. Estadístico de Tukey del atributo sabor de pruebas preliminares en la dosificación de gluten de trigo para el ensayo 4

La tabla 4.10, muestra los resultados del análisis estadístico de Tukey para el atributo sabor, datos extraídos del Anexo C.

**Tabla 4.10**

##### *Estadístico Tukey del atributo sabor*

Tratamientos	Diferencia	DMS	Significancia
S09-S08	5,8 - 5	0,8 > 0,719423	Si hay significancia

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 4.10, se observa que existe diferencia significativa entre las muestras S08 y S09 en relación al atributo sabor, demostrando los jueces mayor aceptación por la muestras S09 con una media de 5,800 en relación a la escala hedónica de siete puntos.

#### 4.2.5.1.3. Estadístico de Tukey del atributo acidez de pruebas preliminares en la dosificación de gluten de trigo para el ensayo 4

La tabla 4.11, indica los resultados del análisis estadístico de Tukey para el atributo acidez, datos extraídos del Anexo C.

**Tabla 4.11**

##### *Estadístico Tukey del atributo acidez*

Tratamientos	Diferencia	DMS	Significancia
S09-S08	5,55 - 5,25	$0,3 < 0,3064$	No hay significancia

**Fuente:** Elaboración propia

Se puede observar en la tabla 4.11, que no existe diferencia significativa entre las muestras S08 y S09 en cuanto al atributo acidez, mostrando los jueces mayor aceptación por la muestra S09 con una media de 5,550.

#### 4.2.5.1.4. Estadístico de Tukey del atributo textura de pruebas preliminares en la dosificación de gluten de trigo para el ensayo 4

La tabla 4.12, detalla los resultados del análisis estadístico de Tukey para el atributo textura, datos extraídos del Anexo C.

**Tabla 4.12**

##### *Estadístico Tukey del atributo textura*

Tratamientos	Diferencia	DMS	Significancia
S09-S08	5,5 - 5,15	$0,35 < 0,6644$	No hay significancia

**Fuente:** Elaboración propia

Según la tabla 4.12, se determina que entre ambas muestras (S08 y S09), no existe diferencia significativa en cuanto al atributo textura de acuerdo a la calificación efectuada en evaluación sensorial según escala hedónica de siete puntos.

#### 4.2.5.2. Control de pH, acidez y contenido de humedad en pruebas preliminares en la dosificación de hielo para el ensayo 4

Para determinar el contenido de humedad, pH y acidez en el ensayo 4, se toman en cuenta las muestras S08 y S09, realizando el control de los parámetros mencionados al producto elaborado, con la finalidad de complementar los parámetros de la evaluación sensorial.



#### 4.2.5.2.1. Control de contenido de humedad en muestras de salchichas veganas durante la etapa de almacenamiento

La tabla 4.13, muestra los resultados obtenidos de contenido de humedad para el ensayo 4, utilizando el método de la estufa detallada en el Anexo D.

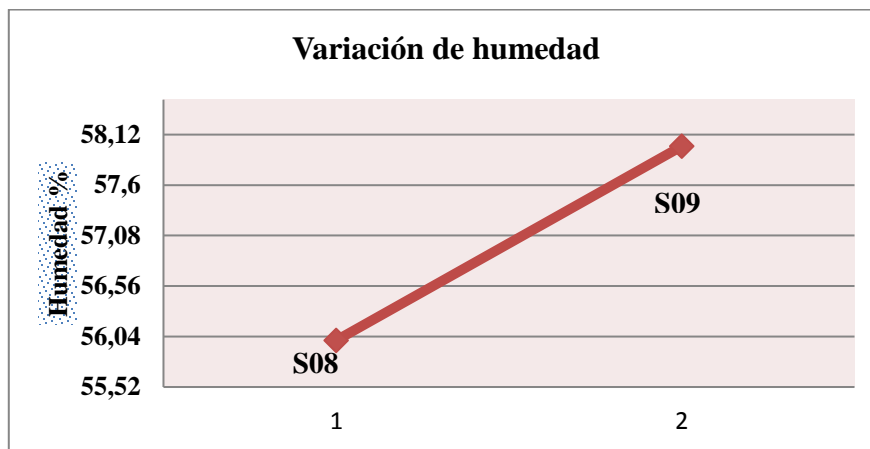
**Tabla 4.13**

*Contenido de humedad en muestras de salchichas veganas para el ensayo 4*

Control	Muestras			
	S08		S09	
	Tiempo	Humedad	Tiempo	Humedad
Salchicha vegana	4 h	56%	4 h	58%

**Fuente:** Elaboración propia

Después de 4 horas de almacenamiento de la salchicha vegana, se procede a realizar la determinación de humedad de las muestras S08 y S09 en el LCIA (Laboratorio de la Carrera de Ingeniería de Alimentos). Los resultados de contenido de humedad son expresados en relación de base seca. La figura 4.9, muestra la variación de contenido de humedad entre las muestras S08 y S09.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.9:** Variación del contenido de humedad

Según la figura 4.9, se puede observar que la muestra S08 presenta 56% de humedad y la muestra S09 presenta 58% de humedad en la etapa de almacenamiento, debido a que a menor cantidad de tofú, la humedad es mejor retenida por el producto final.

#### 4.2.5.2.2. Control de pH en muestras de salchichas veganas durante la etapa de almacenamiento

La tabla 4.14, muestra los resultados de pH determinados con el pH-metro digital del LCIA (Laboratorio de la Carrera de Ingeniería de Alimentos), siguiendo la técnica detallada del Anexo D

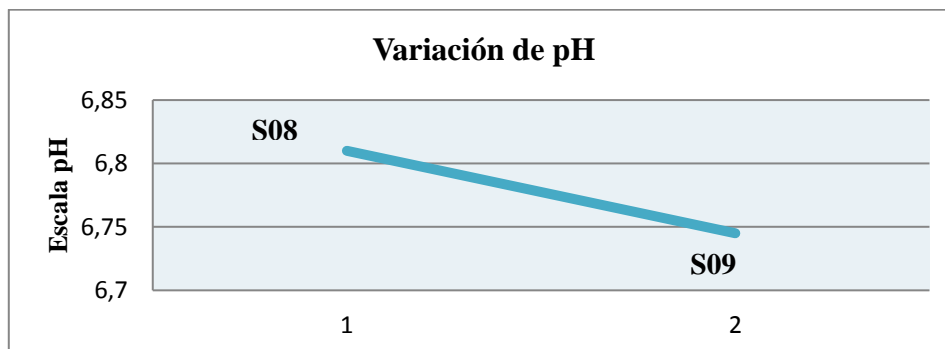
**Tabla 4.14**

*Variación de pH en muestras de salchichas veganas para el ensayo 4*

Control	Muestras			
	S08		S09	
	Tiempo	pH	Tiempo	pH
Salchicha vegana	4 h	6,810	4 h	6,745

**Fuente:** Elaboración propia

Los resultados de pH de las muestras (S08 y S09), indica un pH casi neutro; pH=6,810 para la muestra S08 y pH=6,745 para la muestra S09. La figura 4.10, detalla la variación de pH entre las muestras S08 y S09



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.10:** Variación de pH de las muestras S08 y S09

Según la figura 4.10, se puede observar que la muestra S08 presenta un pH más cercano a la neutralidad que la muestras S09, con una diferencia no tan significativa, por lo tanto, se determina que a mayor contenido de harina de maíz (5%) el pH es más alto, a diferencia de la muestra S08 con (1%) de harina.

#### 4.2.5.2.3. Control de acidez (ácido láctico) en muestras de salchicha vegana del ensayo 4 durante la etapa de almacenamiento

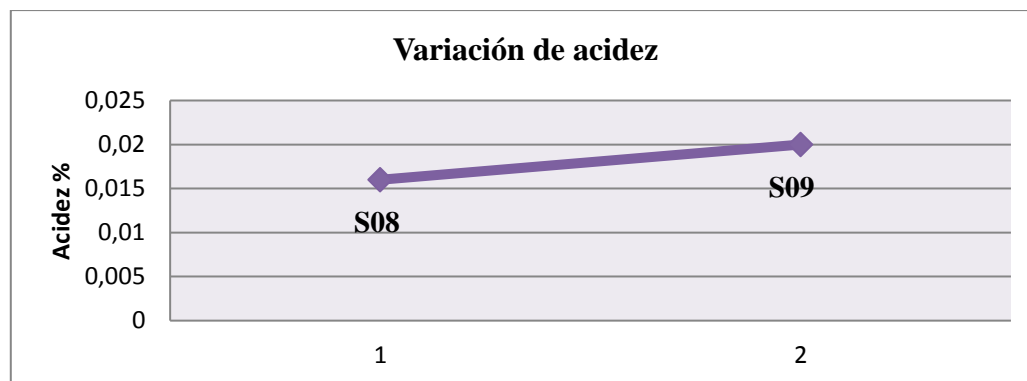
La tabla 4.15, muestra los resultados obtenidos de la titulación de acidez, siguiendo la técnica detallada en el Anexo D, los resultados obtenidos son:

**Tabla 4.15***Análisis de acidez durante la etapa de almacenamiento para el ensayo 4*

Control	Muestras			
	S08		S09	
	Tiempo	Acidez	Tiempo	Acidez
Salchicha vegana	10 h	0,016%	10 h	0,020%

**Fuente:** Elaboración propia

Los resultados indican un contenido de acidez de 0,016% (S08) y 0,020% (S09). Análisis realizado en el LCIA (Laboratorio de la Carrera de Ingeniería de Alimentos). En la figura 4.11, se observa la variación de acidez entre las muestras S08 y S09.

**Fuente:** Elaboración propia**Figura 4.11:** Variación de acidez entre las muestras (S08 y S09) para el ensayo 4

Según la figura 4.11, se puede observar que la muestra S08 tiene el contenido de acidez menor que la muestra S09, con una diferencia mínima, debido a la diferencia de contenido de harina que tiene cada muestra; 5% en la muestra S09 y 1% en la muestra S08.

### 4.3. Diseño factorial $2^3$ en la etapa de emulsión para la elaboración de salchichas veganas

La aplicación del diseño experimental en la salchicha vegana, se realiza en base a la muestra ideal S09 (figura 4.1), considerando las variables: Porcentaje de hielo (A), porcentaje de avena instantánea (B) y porcentaje de harina de maíz (C), factores influyentes en la dosificación de la emulsión. La variable respuesta fue analizada en la etapa de almacenamiento de la salchicha vegana, tomando en cuenta las variables respuestas: Contenido de humedad, pH y acidez en las muestras.

#### 4.3.1. Variable respuesta de contenido de humedad en la etapa de dosificación de salchicha vegana

La tabla 4.16, muestra los resultados obtenidos del análisis de varianza del diseño  $2^3$  del programa StatGraphics (Centurión XVI) para Windows en el proceso de dosificación durante la operación de emulsión; donde la variable respuesta es el porcentaje de humedad, datos extraídos del Anexo G. Para la determinación del porcentaje de humedad, se utiliza el método de determinación de humedad por secado en estufa, datos extraídos del Anexo D.

**Tabla 4.16**

*Análisis de varianza en función de la variable respuesta contenido de humedad*

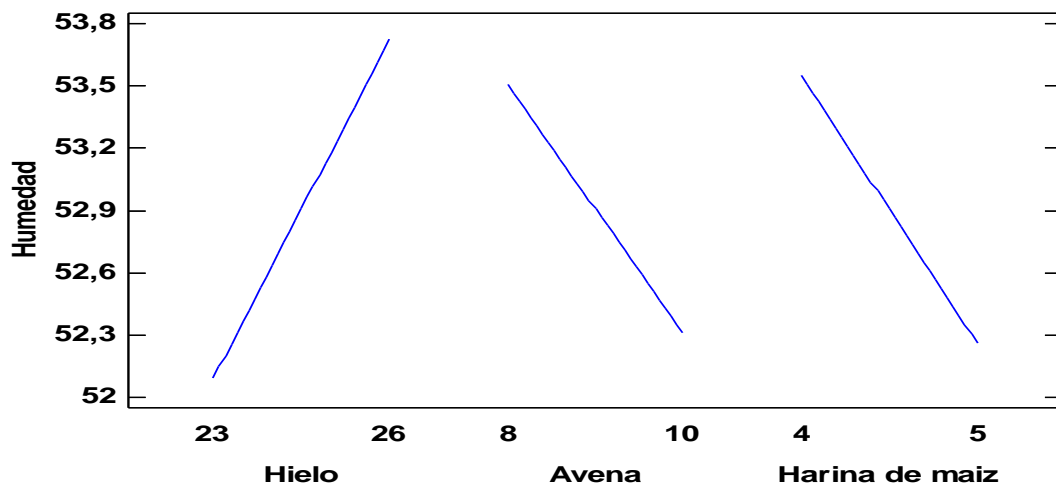
Fuente de varianza (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados Medios (CM)	Fcal	Ftab
Factor A	10,67000	1	10,67000	<b>1,97</b>	<b>0,1983</b>
Factor B	5,75000	1	5,75000	<b>1,06</b>	<b>0,3335</b>
Factor C	6,67000	1	6,67000	<b>1,23</b>	<b>0,2998</b>
Interacción AB	0,99000	1	0,99000	0,18	0,6813
Interacción AC	4,69000	1	4,69000	<b>0,87</b>	<b>0,3793</b>
Interacción BC	0,00005	1	0,00005	0,00	0,9975
Interacción ABC	0,00005	1	0,00005	0,00	0,9975
Error total	43,41000	8	5,43000	-	-
Total	72,19000	15	-	-	-

**Fuente:** Elaboración propia

**Significativo (\*)**

En la tabla 4.16, según el análisis de varianza se observa que para los factores: (A, B y C) e interacción (AC) existe diferencia significativa debido a que  $F_{cal} > F_{tab}$ , por tanto, se rechaza la hipótesis planteada y se puede afirmar que estos factores e interacciones son significativos en la etapa de emulsión para la obtención de salchicha vegana; en comparación con las interacciones (AB, BC y ABC) no existe diferencia significativa debido a que  $F_{cal} < F_{tab}$  para un nivel de significancia  $\alpha=0,05$ .

La figura 4.12, muestra la gráfica de efectos principales con relación a la variable respuesta contenido de humedad (%).

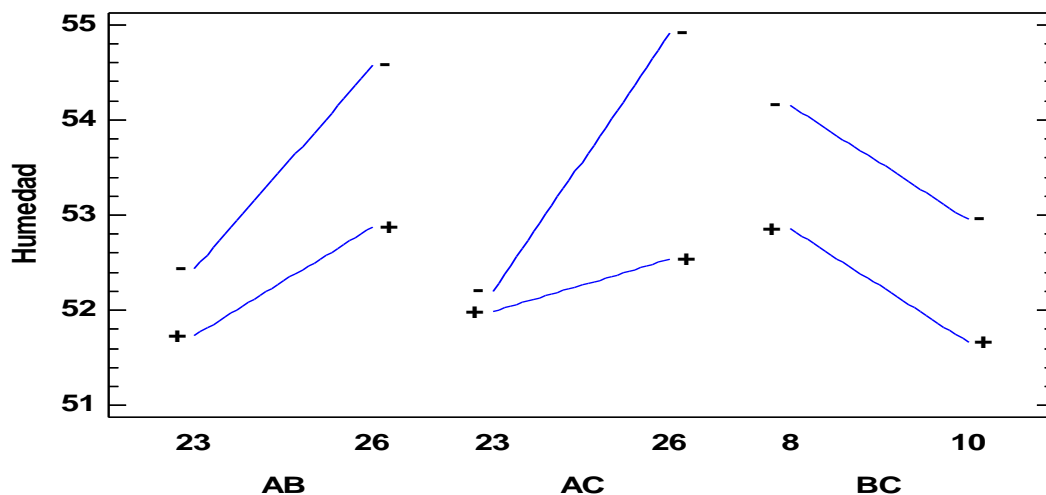


**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.12.** Efectos principales para contenido de humedad

Según la figura 4.12, se puede observar que los factores: Hielo (A) incide significativamente en el contenido de humedad en un nivel alto y bajo; en comparación con los factores avena (B) y harina de maíz (C) que influyen pero no significativamente sobre el contenido de humedad.

La figura 4.13, muestra la gráfica de interacciones con relación al contenido de humedad.

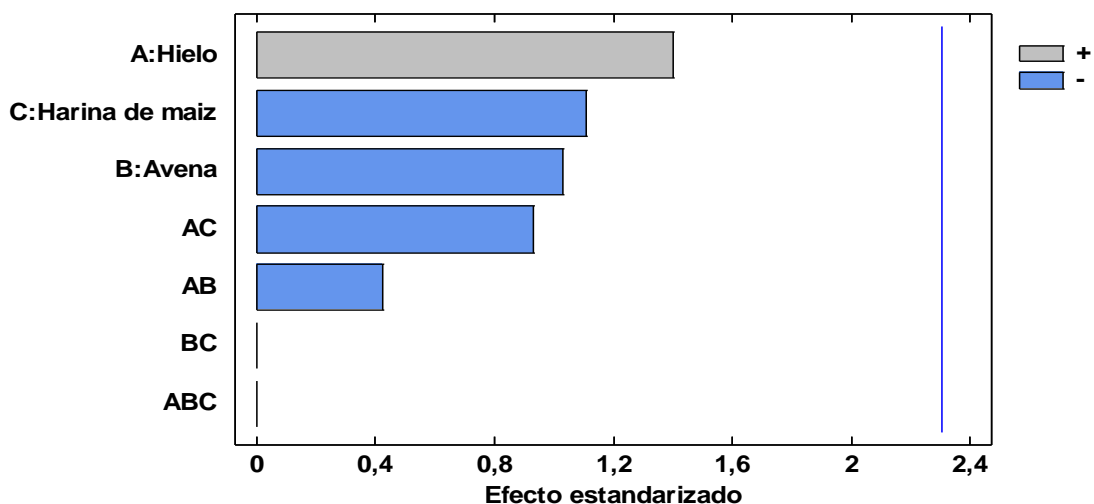


**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.13:** Interacción de factores para contenido de humedad

Según la figura 4.13, se puede observar que en el factor AB no existe interacción, observándose dos líneas semi paralelas para un nivel alto y bajo de hielo (23-26%). En el factor AC no se observa interacción para un nivel alto de dosificación de hielo a diferencia que en el nivel bajo de hielo (23%) se aproxima a una interacción. Así mismo, para el factor BC se observa que no existe interacción entre factores obteniendo dos líneas paralelas

La figura 4.14, muestra el diagrama de Pareto estandarizado para el contenido de humedad, para los datos extraídos del Anexo G; en consecuencia, la significancia estadística lo determina la línea vertical referencia con un valor de 2,300 y por lo tanto las barras que sobrepasan la línea corresponden a los efectos que son estadísticamente significativos a un nivel de significancia  $\alpha=0,05$ .



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.14.** Diagrama de Pareto estandarizado para contenido de humedad

Según la figura 4.14, se observa los valores absolutos de los efectos estandarizados en forma decreciente; donde los factores: hielo (A), harina de maíz (C), avena (B) y las interacciones; hielo-harina de maíz (AC), hielo-avena (AB), avena-harina de maíz (BC) y hielo-avena-harina de maíz (ABC), no son estadísticamente significativos debido a que las barras de los factores no sobrepasan la línea vertical de referencia para un nivel de significancia  $\alpha=0,05$ .

### 4.3.2. Variable respuesta pH en la etapa de dosificación de salchicha vegana

La tabla 4.17, muestra los resultados obtenidos del análisis de varianza de diseño  $2^3$  del programa estadístico STATGRAPHICS Centurión XVI para Windows en el proceso de emulsión, donde la variable acidez total son datos extraídos del Anexo G. Para la determinación de pH, se utiliza el método de potenciometría, datos extraídos del Anexo E.

**Tabla 4.17**

#### *Análisis de varianza en función de la variable respuesta pH*

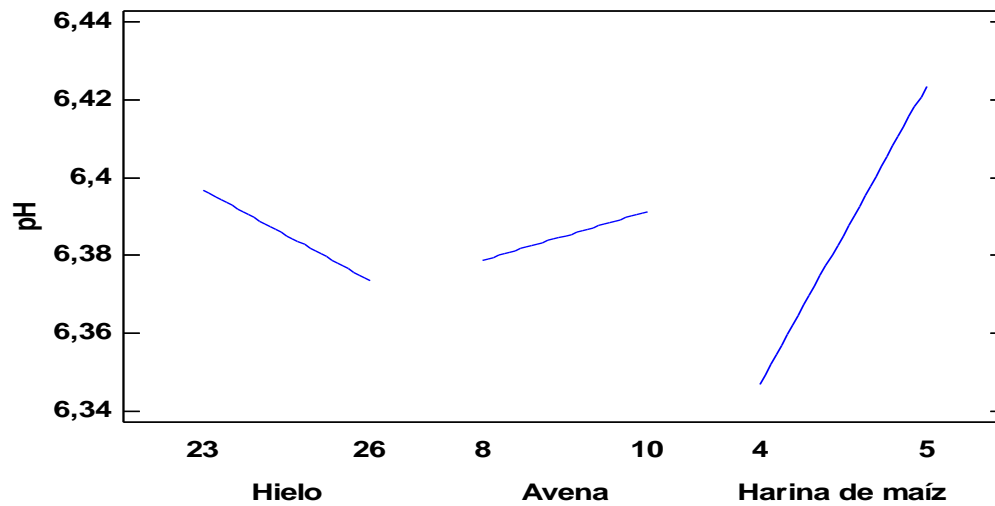
Fuente de varianza (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrado Medios (CM)	Fcal	Ftab
Factor A	0,0022	1	0,0022	0,15	0,7120
Factor B	0,0006	1	0,0006	0,04	0,8414
Factor C	0,0235	1	0,0235	<b>1,57</b>	<b>0,2452</b>
Interacción AB	0,0049	1	0,0049	0,33	0,5838
Interacción AC	0,0004	1	0,0004	0,03	0,8694
Interacción BC	0,0129	1	0,0129	0,87	0,3791
Interacción ABC	0,0409	1	0,0409	<b>2,74</b>	<b>0,1365</b>
Error total	0,1194	8	0,0149	-	-
Total	0,2049	15	-	-	-

**Fuente:** Elaboración propia

**(\*) Significativo**

En la tabla 4.17, del análisis de varianza se observa que para el factor: (C) e interacción (ABC) existe diferencia significativa debido a que  $F_{cal} > F_{tab}$ , por tanto, se rechaza la hipótesis planteada y se puede afirmar que estos factores e interacciones son significativos en la etapa de emulsión para la obtención de salchicha vegana; en comparación con los factores (A y B), las interacciones (AB, AC y BC) no existe diferencia significativa debido a que  $F_{cal} < F_{tab}$  para un nivel de significancia  $\alpha=0,05$ .

La figura 4.15, muestra la gráfica de efectos principales con relación a la variable respuesta pH.

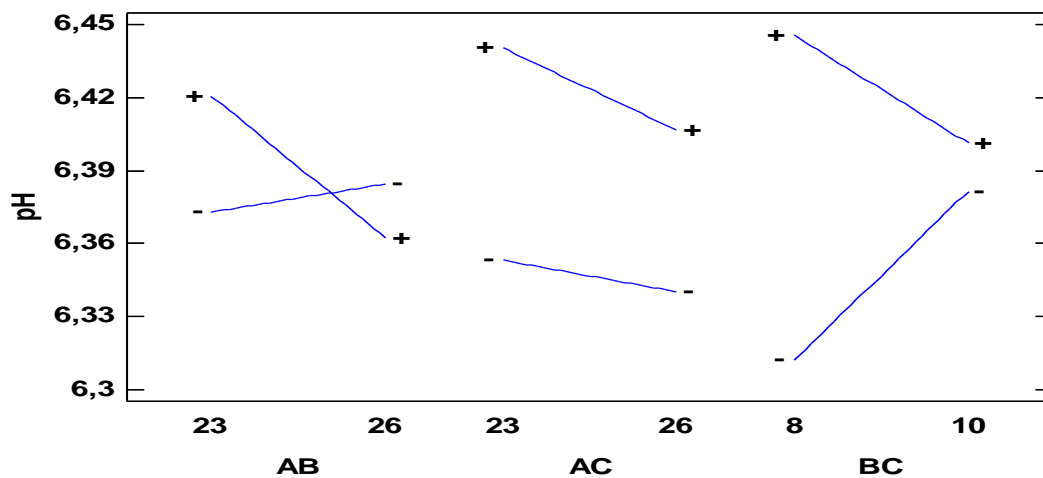


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.15. Efectos principales para pH

Según la figura 4.15, se puede observar que los factores: Hielo (A) y avena (B), no incide significativamente en el pH en un nivel alto y bajo; en comparación con el factor harina de maíz (C) que influyen significativamente en la variable respuesta pH.

La figura 4.16, muestra la gráfica de interacciones con relación al pH



Fuente: Elaboración propia

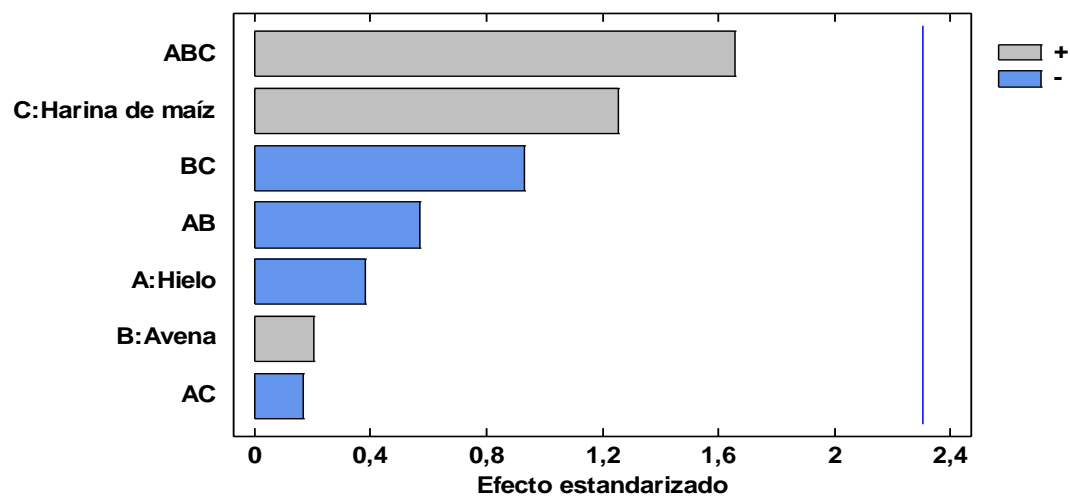
Figura 4.16. Interacción de factores para pH

Según la figura 4.16, se observa que si existe interacción en el factor AB cuando el porcentaje de hielo se encuentra en su nivel alto (26%), es decir, el contenido de hielo agregado según los niveles de variación de acuerdo al diseño puede llegar a ser



significativo haciendo que el pH disminuya o aumente en función del hielo adicionado a la masa; en el factor AC no existe interacción entre los factores, observándose dos líneas semi paralelas. Así también, en el factor BC no existe interacción en un nivel bajo de avena (8%) y en su nivel alto (10%) se aproxima a una interacción

La figura 4.17, muestra el diagrama de Pareto estandarizado para el pH, datos extraídos del Anexo G; en consecuencia, la significancia estadística lo determina la línea vertical referencia con un valor de 2,300 y por lo tanto las barras que sobrepasan la línea corresponden a los efectos que son estadísticamente significativos a un nivel de significancia  $\alpha=0,05$ .



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.17.** Diagrama de Pareto estandarizado para pH

Según la figura 4.17, se observa los valores absolutos de los efectos estandarizados en forma decreciente; donde los factores: harina de maíz (C), hielo (A), avena (B) y las interacciones; hielo-avena-harina de maíz (ABC), avena-harina de maíz (BC), hielo-avena (AB) y hielo-harina de maíz (AC), no son estadísticamente significativos debido a que las barras de los factores no sobrepasan la línea vertical de referencia para un nivel de significancia  $\alpha=0,05$ .

### 4.3.3. Variable respuesta acidez (ácido láctico) en la etapa de dosificación de salchicha vegana

La tabla 4.18, muestra los resultados obtenidos del análisis de diseño  $2^3$  del programa estadístico StatGraphics Centurión XVI para Windows en el proceso de emulsión, donde la variable acidez son datos extraídos del Anexo G. Para la determinación de acidez los resultados son expresados en porcentaje, utilizando el método por titulación, que se indica en el Anexo D.

**Tabla 4.18**

*Análisis de varianza en función de la variable respuesta acidez (ácido láctico)*

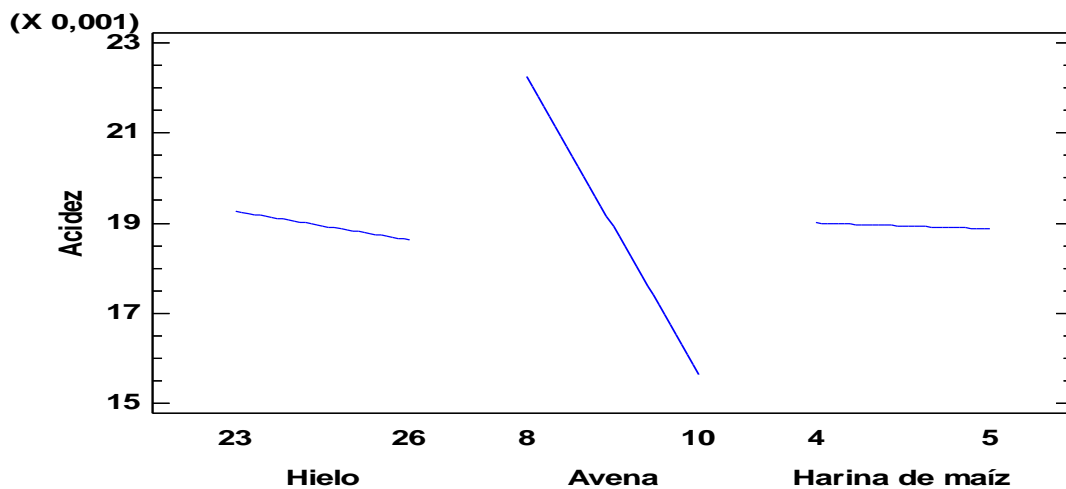
Fuente de varianza (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrado Medios (CM)	Fcal	Ftab
Factor A	0,000002	1	0,000002	0,06	0,8110
Factor B	0,000176	1	0,000176	<b>6,93</b>	<b>0,0338</b>
Factor C	6,25E-8	1	6,25E-8	0,00	0,9618
Interacción AB	0,000018	1	0,000018	<b>0,71</b>	<b>0,4265</b>
Interacción AC	0,000068	1	0,000068	<b>2,69</b>	<b>0,1453</b>
Interacción BC	5,625E-7	1	5,625E-7	0,02	0,8858
Interacción ABC	0,000001	1	0,000002	0,06	0,8110
Error total	0,000018	1	0,000018	0,71	-
Total	0,000177	7	0,000025	-	-

**Fuente:** Elaboración propia

**(\*) Significativo**

En la tabla 4.18, según el análisis de varianza se observa que para el factor (B) e interacciones (AB y AC) existe diferencia significativa debido a que  $F_{cal} > F_{tab}$ , por tanto, se rechaza la hipótesis planteada y se puede afirmar que estos factores e interacciones son significativos en la etapa de emulsión para la obtención de salchicha vegana; en comparación con los factores: (A y C) e interacciones (BC y ABC)) no existe diferencia significativa debido a que  $F_{cal} < F_{tab}$  para un nivel de significancia  $\alpha=0,05$ .

En la figura 4.18, se puede observar la gráfica de efectos principales con relación a la variable respuesta acidez (%).

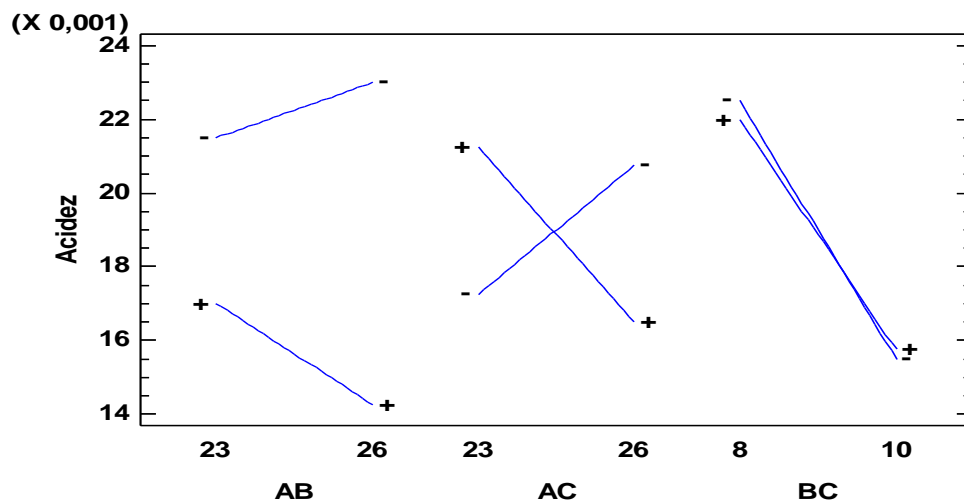


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.18. Efectos principales para acidez (ácido láctico)

Según la figura 4.18, se puede observar que los factores: Hielo (A) y harina de maíz (C), no incide significativamente en el contenido de acidez en un nivel alto y bajo; en comparación con el factor avena (B) que influyen significativamente en la variable respuesta acidez (ácido láctico).

La figura 4.19, muestra la gráfica de interacciones con relación a la acidez.



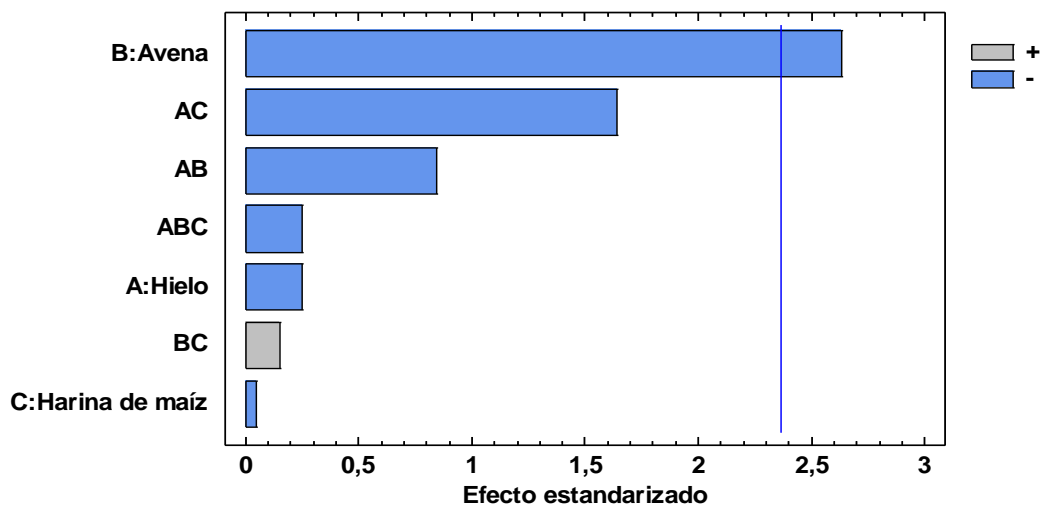
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.19. Interacción de factores para acidez (ácido láctico)

Según la figura 4.19, se puede observar que en el factor AB no hay interacción entre los factores. En el factor AC, si se observa interacción entre los factores cuando la

dosificación de hielo se encuentra entre su nivel alto y bajo (23-26) %. Así también, en el factor BC si hay interacción cuando la dosificación de avena instantánea se encuentra en su nivel alto y bajo (8-10) %.

La figura 4.20, muestra el diagrama de Pareto estandarizado para la acidez, de datos extraídos del (Anexo G); en consecuencia, la significancia estadística lo determina la línea vertical referencia con un valor de 2,300 y por lo tanto las barras que sobrepasan la línea corresponden a los efectos que son estadísticamente significativos a un nivel de  $\alpha=0,05$ .



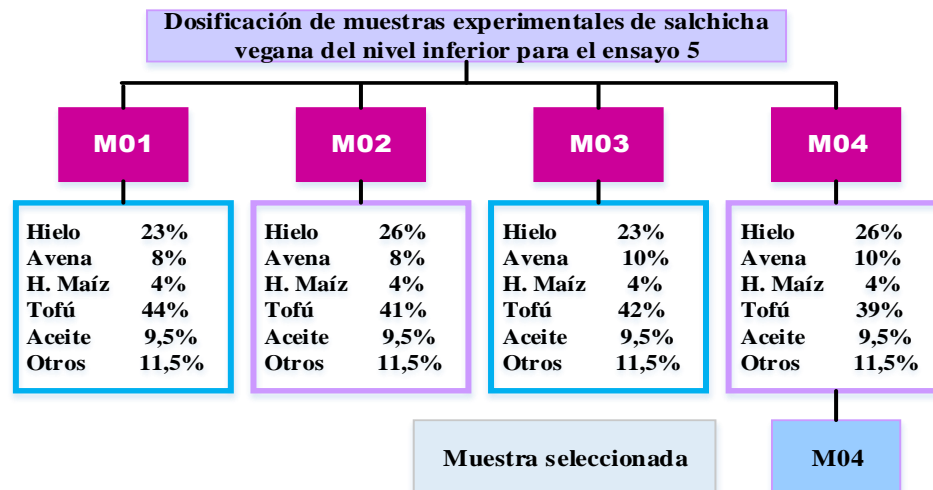
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.20.** Diagrama de Pareto estandarizado para acidez (ácido láctico)

La figura 4.20, se observa los valores absolutos de los efectos estandarizados en forma decreciente; donde el factor: avena (B), es estadísticamente significativo, la barra de este factor sobrepasa la línea vertical de referencia para un nivel de significancia  $\alpha=0,05$ . en comparación con los factores hielo (A), harina de maíz (C) y las interacciones; hielo-harina de maíz (AC), hielo-avena (AB), hielo-avena-harina de maíz (ABC), avena-harina de maíz (BC) no son estadísticamente significativos debido a que las barras de los factores no sobrepasan la línea vertical de referencia.

#### 4.3.4. Variación en la dosificación del nivel inferior en el diseño experimental para el ensayo 5

Con la finalidad de complementar el diseño experimental y corroborar los efectos de los valores tomados en cuenta, se realiza el ensayo 5 de las muestras (M01, M02, M03 y M04) del nivel inferior del diseño factorial, con dosificación de las muestras detalladas en la figura 4.21.



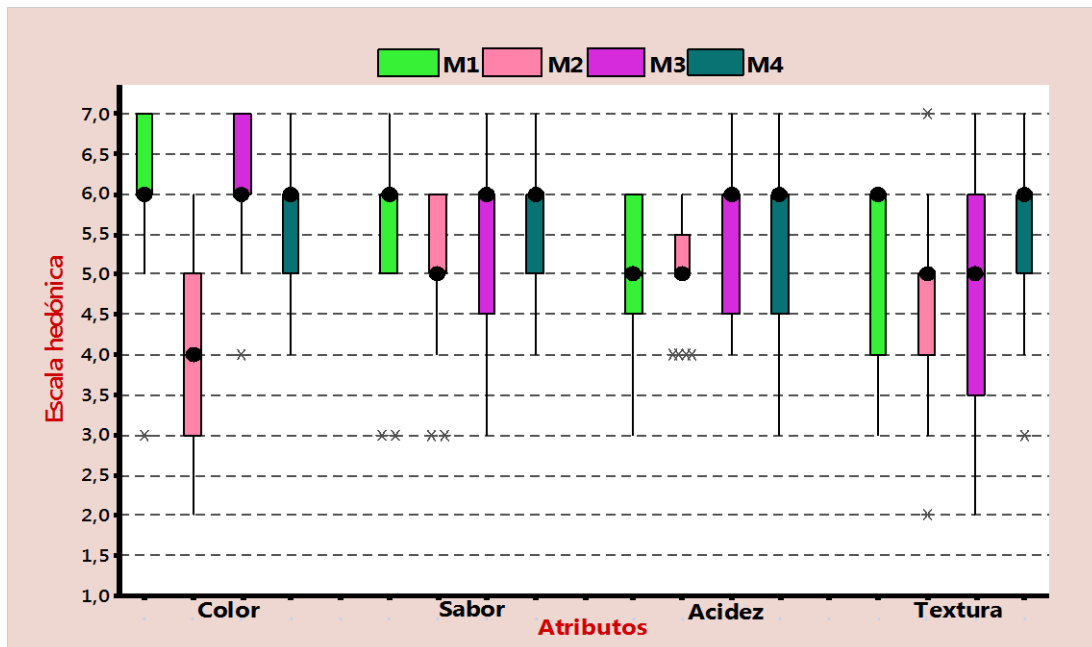
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.21:** Dosificación del nivel inferior del diseño experimental 2<sup>3</sup>

En base a la figura 4.21, las muestras M01, M02, M03 y M04 son evaluadas sensorialmente con escala hedónica de siete puntos, donde se valoran los atributos: sabor, color, acidez y textura

##### 4.3.4.1. Estadístico caja y bigote del nivel inferior del diseño experimental para el ensayo 5

La figura 4.22, muestra los estadísticos caja y bigote de los datos extraídos del Anexo C, para el atributo: color, sabor, acidez y textura del ensayo 5.



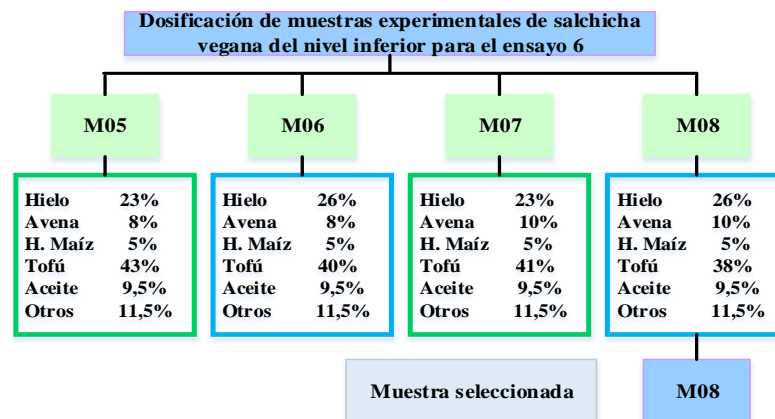
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.22:** Caja y bigote del nivel inferior en el diseño experimental

En la figura 4.22, se puede observar que los resultados de las medianas en función de los atributos evaluados son: color 6,0 (M01), sabor 6,0 (M04), acidez 6,0 (M04) y textura 6,0 (M04). Así mismo, realizado el análisis estadístico de varianza se puede evidenciar que no existe diferencia significativa en los atributos sabor, acidez y textura y encontrando diferencia significativa en el atributo color de las muestras evaluadas, para un nivel de significancia  $\alpha=0,05$ . Demostrando según evaluación sensorial que la muestra M04 es significativa y mejor aceptada por los jueces.

#### 4.3.5. Variación en la dosificación del nivel superior del diseño experimental para el ensayo 6

Con la finalidad de complementar el diseño experimental y corroborar los efectos de los valores tomados en cuenta, se realiza el ensayo 6 con las muestras (M05, M06, M07 y M08) del nivel inferior del diseño factorial. La figura 4.23, indica la dosificación de cada muestra.



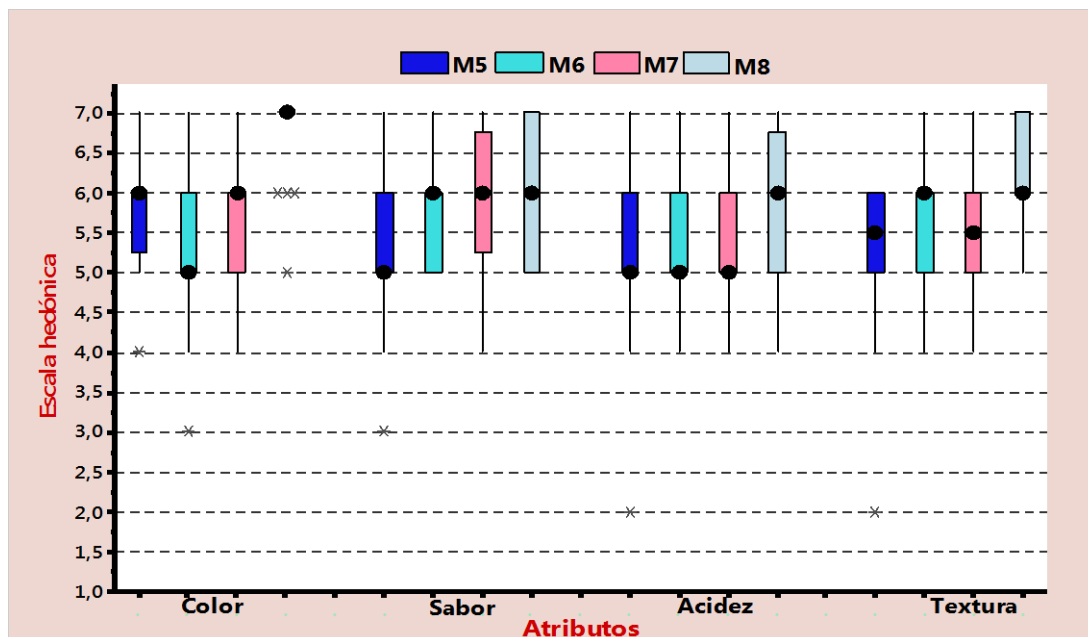
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.23.** Dosificación del nivel superior del diseño experimental

En base a la figura 4.23, las muestras M05, M06, M07 y M08 son evaluadas sensorialmente con escala hedónica de siete puntos, donde se valoran los atributos: sabor, color, acidez y textura

#### 4.3.5.1. Estadístico caja y bigote del nivel superior del diseño experimental para el ensayo 6

La figura 4.24, muestra los estadísticos caja y bigote, datos extraídos del Anexo C, para el atributo: color, sabor, acidez y textura del ensayo 5.



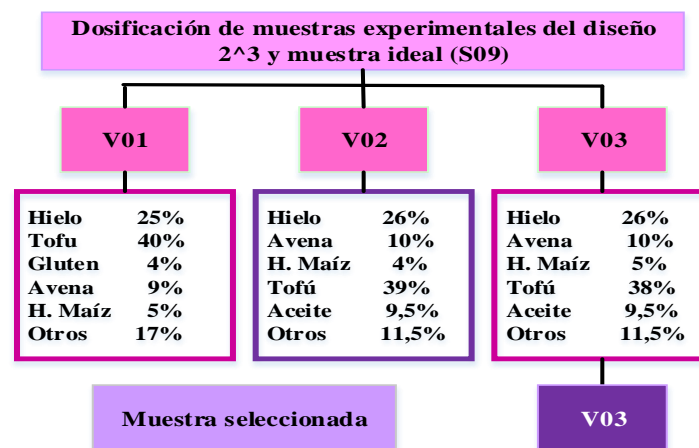
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.24:** Caja y bigote del nivel superior en el diseño experimental

Según la figura 4.24, se puede observar que los resultados de las medianas en función de los atributos evaluados son: color 7,0 (M08), sabor 6,0 (M08), acidez 6,0 (M08) y textura 6,0 (M08), donde la mayor aceptación de los jueces es por la muestra M08. Así mismo, realizado el análisis de varianza se pudo evidenciar que existe diferencia significativa para los atributos color, sabor y textura entre las muestras evaluadas. Sin embargo, no existe diferencia significativa para el atributo acidez para un nivel de significancia  $\alpha=0,05$ .

#### 4.4. Comparación de muestras experimentales y muestra arquetipo de salchicha vegana para el ensayo 7

Así mismo, se comparan las muestras: M04 (nivel inferior) y M05 (nivel superior), a las que se cambió la codificación por V02 y V03, con la muestra ideal (S09) que se cambia la codificación a V01. Se realiza la evaluación sensorial de estas muestras con la finalidad de corroborar si los jueces detectan diferencias entre los atributos de las muestras comparadas. La figura 4.25, detalla la dosificación de cada muestra.



**Fuente:** Elaboración propia

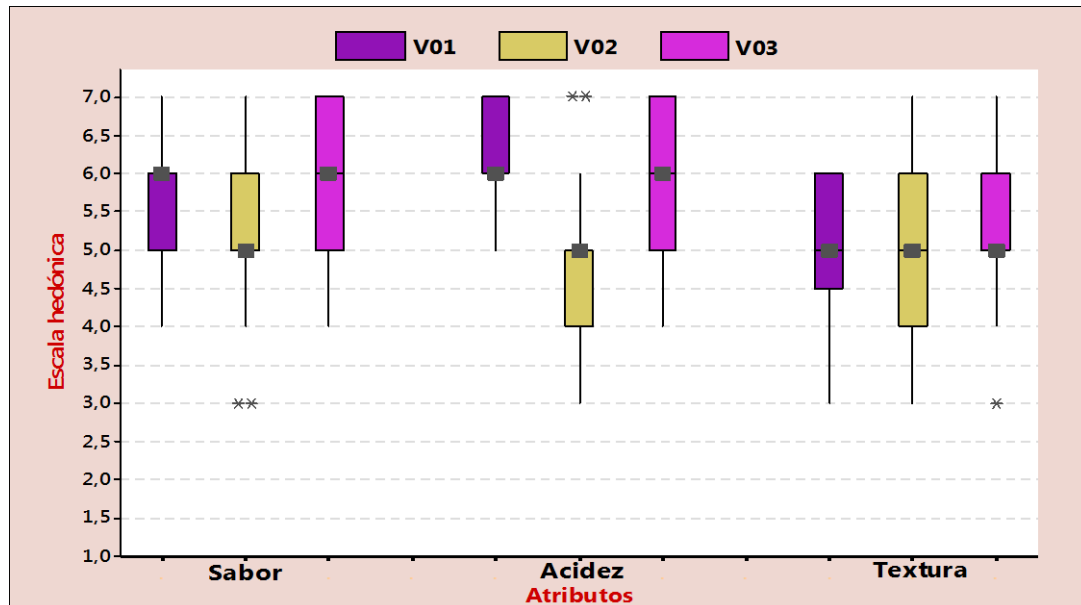
**Figura 4.25:** Muestras experimentales y muestra ideal

En base a la figura 4.25, las muestras V01, V02 y V03 fueron evaluadas sensorialmente con escala hedónica de siete puntos, donde se valoraron los atributos: sabor, acidez y textura



#### 4.4.1. Estadístico caja y bigote de muestras experimentales del diseño experimental del nivel inferior, superior y muestra ideal

La figura 4.26, muestra los estadísticos caja y bigote, datos extraídos del Anexo C, para el atributo: sabor, acidez y textura.



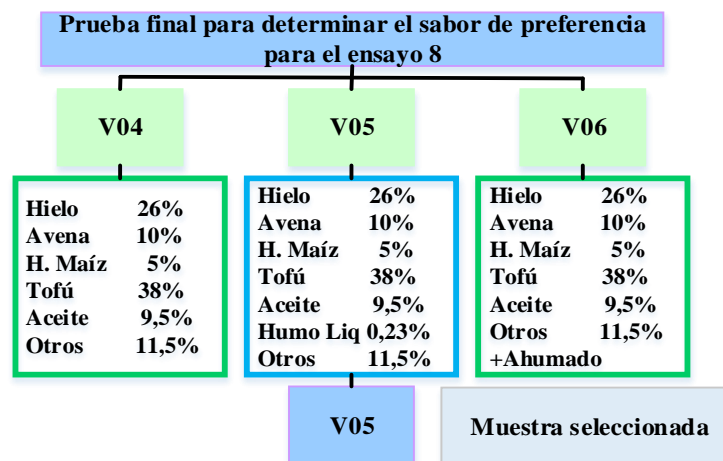
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.26.** Caja y bigote para comparar muestras del nivel inferior y superior del diseño experimental y muestra ideal

En la figura 4.26, se observa que los resultados de las medianas en función de los atributos evaluados son: sabor 6,0 (V03), acidez 6,0 (V01) y textura 6,0 (V03). Así mismo, realizando el análisis estadístico de varianza se puede evidenciar que no existe diferencia significativa entre los atributos de las muestras evaluadas para un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$ .

#### 4.5. Prueba final para determinar el sabor de preferencia en el ensayo 8

Se realiza una variación de sabor, comparando muestras sin ahumar, ahumada y con el agregado de humo líquido, codificando las muestras como V04 (sin ahumar), V05 (humo líquido) y V06 (ahumado), tomando en cuenta la variación porcentual de la formulación de la muestra V03 (figura 4.24), como se muestra en la figura 4.27.



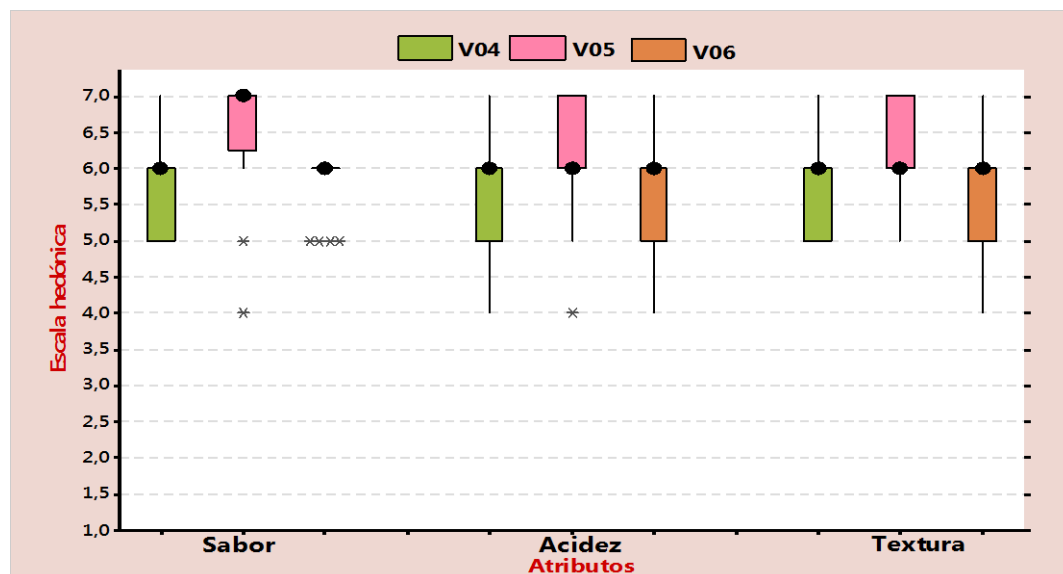
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.27:** Determinación del sabor de preferencia en ensayo 8

En base a la figura 4.27, las muestras V04, V05 y V06 son evaluadas sensorialmente con escala hedónica de siete puntos, donde se valoraron los atributos: sabor, acidez y textura

#### 4.5.1. Estadístico caja y bigote para comparar el sabor de preferencia para el ensayo 8

La figura 4.28, muestra los estadísticos de caja y bigote en función de los atributos: sabor, acidez y textura



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.28:** Caja y bigote para prueba final de determinación de sabor

En la figura 4.28, se observa que los resultados de las medianas en función de los atributos evaluados son: sabor 7,0 (V05), acidez 6,0 (V05) y textura 6,0 (V05), notando una clara aceptación de los jueces por la muestra V05 (humo líquido). Así mismo, se realiza el análisis estadístico de varianza y se puede evidenciar que existe diferencia significativa en los atributos sabor y acidez, a diferencia de la textura que no presenta diferencia significativa, para un nivel de significancia  $\alpha=0,05$ .

#### **4.6. Caracterización de la salchicha vegana a base de tofu, avena instantánea y harina de maíz**

En la caracterización del producto terminado, se toman en cuenta los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la salchicha vegana, que se detalla a continuación:

##### **4.6.1. Análisis físico de la salchicha vegana**

La tabla 4.19, muestra los resultados obtenidos del análisis físico de la salchicha vegana.

**Tabla 4.19**

##### *Parámetros físicos de la salchicha vegana*

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultados</b>
Peso	g	70-79
Tamaño	cm	12-15
Calibre	mm	21-23

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 4.19, se puede observar los resultados del análisis físico de la salchicha vegana que presenta: peso 70 g/unidad; tamaño 12-15 cm; y calibre 21-23 mm.

##### **4.6.2. Análisis fisicoquímicos de la salchicha vegana a base de tofu de soya, avena instantánea y harina de maíz**

En la tabla 4.20, se detallan los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico de la salchicha vegana a base de tofu de soya, avena instantánea y harina de maíz, datos extraídos del Anexo A.

**Tabla 4.20**

**Análisis fisicoquímico de la salchicha vegana a base de tofú de soya, avena instantánea y harina de maíz**

Parámetros	Unidad	Resultado
Magnesio	mg/100g	79,6
Hierro	mg/100g	1,60
Valor energético	Kcal/100g	212,98
Grasa	%	10,90
Fibra	%	0,20
Cenizas	%	1,85
Humedad	%	58,33
Proteína total	%	9,88
Hidratos de carbono	%	18,84

**Fuente:** CEANID, 2022

En la tabla 4.20, se observa los resultados del análisis fisicoquímico de la salchicha vegana que presenta: Magnesio 79,6 mg/100g, hierro 1,60 mg/100g, valor energético 212,98 kcal/100g, grasa 10,90%, fibra 0,20%, cenizas 1,85%, humedad 58,33%, proteína total 9,88% e hidratos de carbono 18,84%.

**4.6.3. Análisis microbiológico de la salchicha vegana a base de tofú de soya, avena instantánea y harina de maíz**

La tabla 4.21, indica los resultados obtenidos del análisis microbiológico de la salchicha vegana de datos extraídos del Anexo A.

**Tabla 4.21**

**Análisis microbiológico de la salchicha vegana a base de tofú, avena instantánea y harina de maíz**

Microorganismos	Unidad	Resultado
Mohos y levaduras	UFC/g	$2,0 \cdot 10^1$
Coliformes totales	UFC/g	$8,0 \cdot 10^1$
Escherichia coli	UFC/g	$<1,0 \cdot 10^1$

**Fuente:** CEANID, 2022

En la tabla 4.21, se observa los resultados del análisis microbiológico de la salchicha vegana que presenta: mohos y levaduras  $2,0 \cdot 10^1$  UFC/g, coliformes totales  $8,0 \cdot 10^1$  UFC/g y Escherichia coli  $<1,0 \cdot 10^1$  UFC/g.

#### 4.7. Control de pH, acidez y contenido de humedad en salchicha vegana durante la etapa de almacenamiento

Para realizar el control del pH, acidez (ácido láctico) y contenido de humedad durante la etapa de almacenamiento de la salchicha vegana, se elaboran dos muestras con la misma formulación de la muestra final V05 (figura 4.23); la muestra (V6SC) sin conservante y la muestra (V6CC) con conservante (sorbato de potasio) fueron envasadas al vacío en bolsas de polietileno. Realizándose el control de las diariamente, a excepción de feriados y fines de semana.

##### 4.7.1. Control de pH en la salchicha vegana durante el almacenamiento

La tabla 4.22, muestra los resultados obtenidos de la variación de pH de las muestras de salchicha vegana sin conservante (V6SC) y con conservante (V6CC); en función al tiempo de almacenamiento durante 45 días, realizando el análisis día por medio, de datos extraídos del Anexo D.

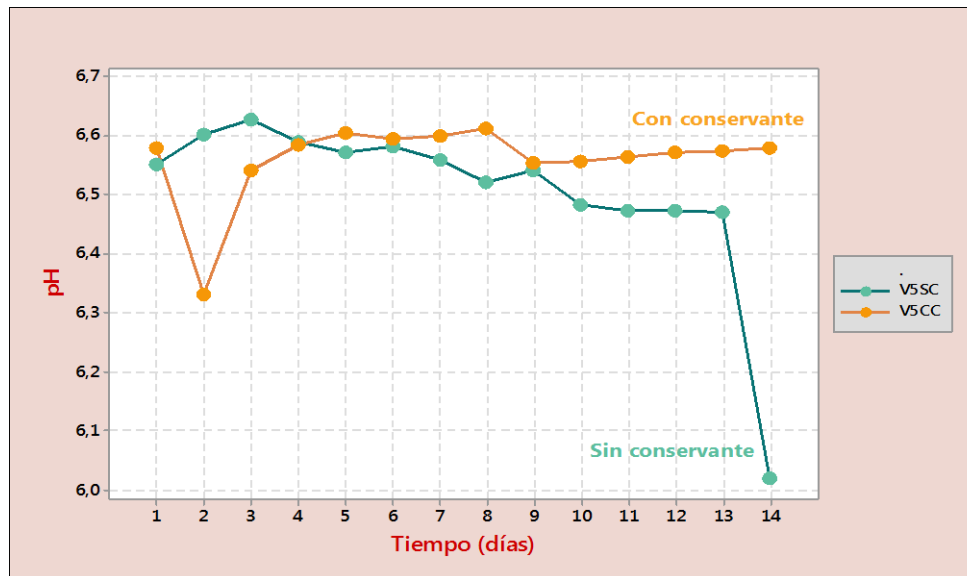
**Tabla 4.22**

*Variación de pH en la salchicha vegana durante el almacenamiento*

Tiempo (días)	pH	
	V6SC	V6CC
1	6,550	6,579
2	6,602	6,331
3	6,625	6,540
4	6,589	6,582
5	6,570	6,603
6	6,580	6,592
7	6,559	6,599
8	6,520	6,610
9	6,539	6,554
10	6,482	6,556
11	6,472	6,564
12	6,473	6,570
13	6,470	6,572
14	6,020	6,579

**Fuente:** Elaboración propia

La figura 4.29, muestra el control de pH en la salchicha vegana durante el almacenamiento de 45 días, en base a los datos de la tabla 4.22.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.29.** Control de pH en la salchicha vegana durante el almacenamiento

Según la figura 4.29, el primer día se tiene un pH de 6,550 (V6SC) y 6,579 (V6CC), el segundo día la muestra con conservante presenta un descenso de pH a 6,310, sin embargo a partir del tercer día el pH vuelve a estabilizarse, manteniendo un pH ligeramente constante durante un mes y medio, llegando al día 14 con un pH de 6,579. La muestra sin conservante es algo más inestable, descendiendo el valor del pH de forma gradual por trece días, el día catorce desciende el valor del pH de forma notable. De acuerdo al control de pH de la salchicha vegana durante el almacenamiento, se puede evidenciar que la adición de conservante (sorbato de potasio) brinda una mayor estabilidad en la conservación.

#### 4.7.2. Control de acidez (ácido láctico) en la salchicha vegana durante la etapa de almacenamiento

La tabla 4.23, muestra los resultados obtenidos de variación de acidez de la salchicha vegana sin conservante (V6SC) y con conservante (V6CC); en función del tiempo de almacenamiento de 45 días, realizando el análisis de las muestras día por medio, datos extraídos del Anexo D.

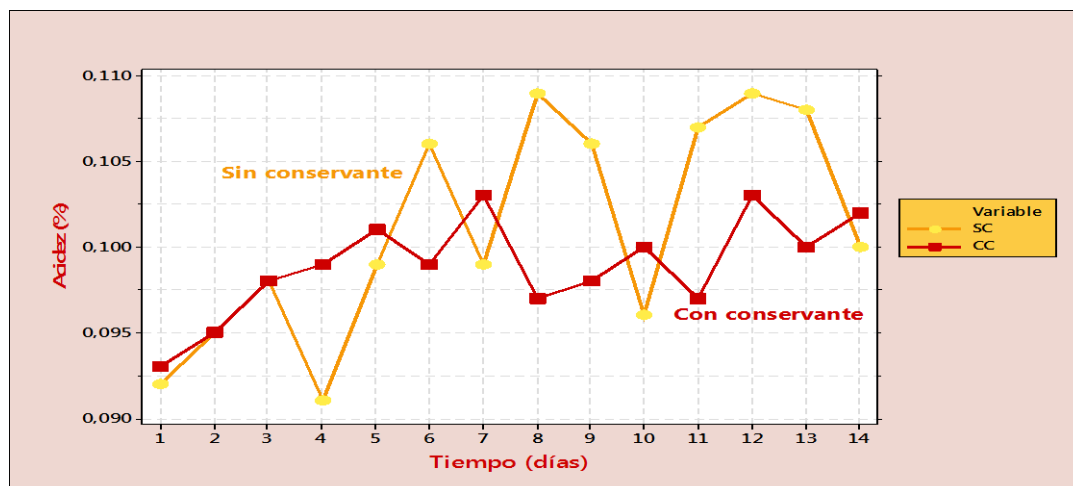
Tabla 4.23

*Variación de acidez de la salchicha vegana en el almacenamiento*

Tiempo (días)	Acidez (ácido láctico)	
	V6SC	V6CC
1	0,092	0,093
2	0,095	0,095
3	0,098	0,098
4	0,091	0,099
5	0,099	0,101
6	0,120	0,099
7	0,099	0,103
8	0,109	0,097
9	0,106	0,098
10	0,096	0,100
11	0,110	0,097
12	0,109	0,108
13	0,108	0,105
14	0,100	0,102

**Fuente:** Elaboración propia

La figura 4.30, muestra el control de acidez (ácido láctico) en la salchicha vegana durante la etapa de almacenamiento en base a los datos de la tabla 4.23.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.30:** Control de acidez en la salchicha vegana durante el almacenamiento

Según la figura 4.30, la muestra V6SC presenta acidez inicial de 0,092, el día cuatro presenta un descenso de acidez a 0,091 aumentando la acidez hasta el día seis descendiendo el día siete y elevándose la acidez el día ocho, siendo ese su comportamiento de la muestra sin conservante durante los siguientes días. A diferencia

de la muestras V6CC con acidez inicial de 0,093 sube gradualmente hasta el día siete y presenta un ligero descenso, siendo los resultados para los siguientes días sin mucha dispersión. Demostrando que la adición de conservante al producto final le da mayor estabilidad en la conservación.

#### 4.7.3. Control de contenido de humedad en salchicha vegana durante el almacenamiento

La tabla 4.24, muestra los resultados obtenidos de la variación de humedad de las muestras de salchicha vegana sin conservante (V6SC) y con conservante (V6CC); en función del tiempo de almacenamiento de 45 días, realizando el análisis día por medio, con datos extraídos del Anexo D.

**Tabla 4.24**

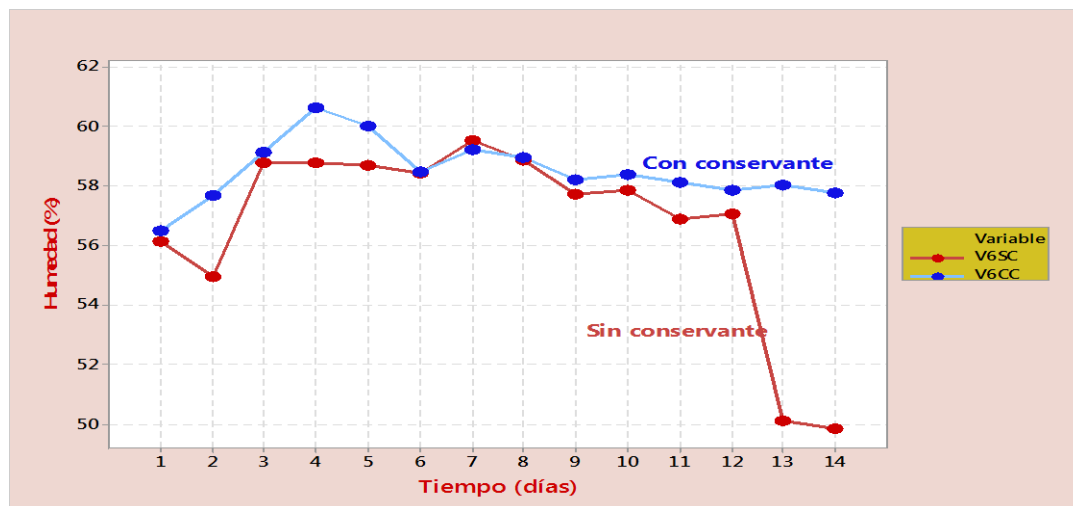
*Variación de contenido de humedad de la salchicha vegana en el almacenamiento*

Tiempo (días)	Humedad (%)	
	V6SC	V6CC
1	56,17	56,51
2	54,98	57,68
3	58,80	59,14
4	58,80	60,63
5	58,69	60,03
6	58,46	58,50
7	59,54	59,22
8	58,90	58,98
9	57,76	58,24
10	57,89	58,39
11	56,90	58,12
12	57,07	57,87
13	50,13	58,03
14	49,87	57,78

**Fuente:** Elaboración propia

La figura 4.31, muestra la variación de contenido de humedad en la salchicha vegana durante la etapa de almacenamiento en base a los datos de la tabla 4.24.





**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.31:** Control de contenido de humedad en salchicha vegana durante el almacenamiento

Según la figura 4.31, la muestra V6SC presenta inicialmente una humedad de 56,17 y un descenso de humedad en el segundo día, siendo estable la humedad durante el día tres al ocho, a partir del día nueve la humedad desciende ligeramente hasta el día doce y el día trece la humedad desciende drásticamente a 49,87. La muestra V6CC presenta un pH inicial de 56,51 demostrando estabilidad por los siguientes días. Se puede evidenciar que la adición de conservante (sorbato de potasio) le da mayor estabilidad en el almacenamiento al producto final.

#### 4.7.4. Control microbiológico de la salchicha vegana durante la etapa de almacenamiento

En la tabla 4.25, se detallan los resultados obtenidos del análisis microbiológico de mohos y levaduras en las muestras V6SC (sin conservante) y V6CC (con conservante), al finalizar los 45 días de almacenamiento de la salchicha vegana, datos extraídos del Anexo A.

**Tabla 4.25**

*Análisis microbiológico de la salchicha vegana durante la etapa de almacenamiento*

Parámetro	Unidad	Valor
Mohos y levaduras (V6SC)	UFC/g	$2,0 \cdot 10^1$
Mohos y levaduras (V6CC)	UFC/g	$<1,0 \cdot 10^1$ (*)

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 4.25, se observa los resultados del análisis microbiológico de la salchicha vegana que presenta: para la muestras V6SC (sin conservante), mohos y levaduras  $2,0 \cdot 10^1$  UFC/g y para la muestras V6CC (con conservante), mohos y levaduras  $<1,0 \cdot 10^1$  UFC/g

Se observó el comportamiento de las muestras V6SC y V6CC y se determina que:

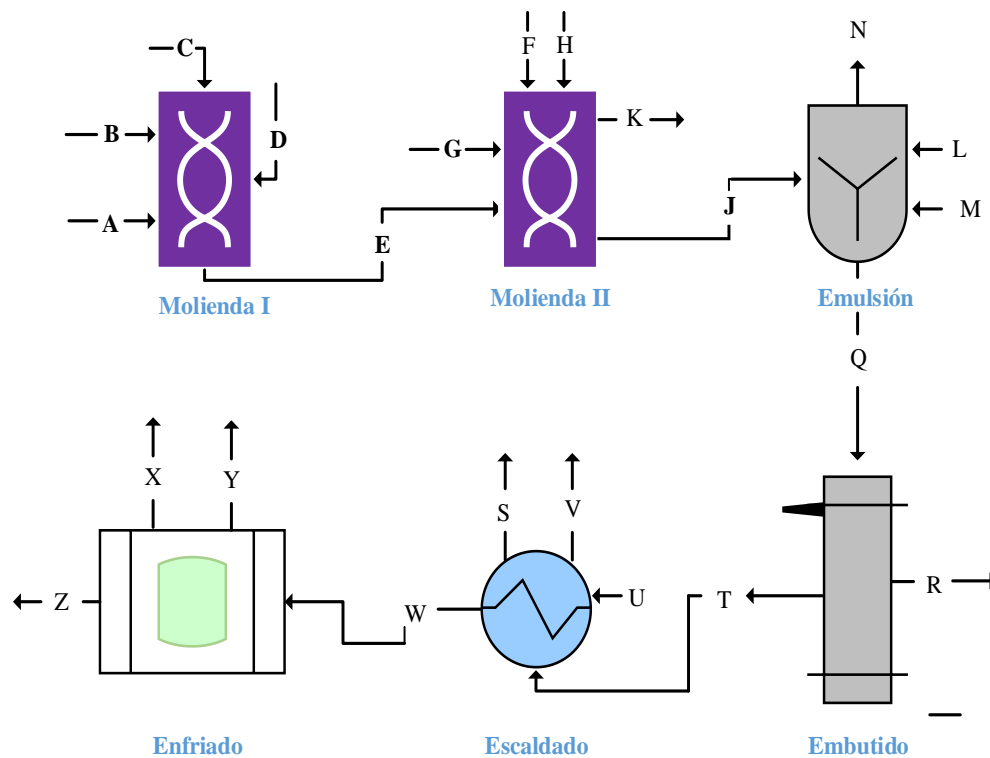
La muestra V6SC (sin conservante), durante la etapa de almacenamiento es inestable en la medición de pH, descendiendo gradualmente el pH de manera que a medida que pasa el tiempo se vuelve más ácido (figura 4.28). En cuanto al contenido de humedad esta desciende a los 40 días, rompiendo la emulsión de manera que expulsa el contenido de agua de la salchicha vegana (figura 4.31). Así mismo, la acidez es inestable en esta muestra (figura 4.30). En cuanto al análisis de mohos y levaduras (tabla 4.25) se determina el desarrollo de colonias  $2,0 \cdot 10^1$  UFC/g.

La muestra V6CC (con conservante), durante la etapa de almacenamiento es más estable en cuanto al pH (figura 4.28), en el análisis de acidez también presenta estabilidad (figura 4.29), en cuanto al contenido de humedad se mantiene estable sin romperse la emulsión (figura 4.30) y en el análisis de mohos y levaduras (tabla 4.25) no se determinó el desarrollo de colonias  $<1,0 \cdot 10^1$  UFC/g.

Determinando el tiempo de almacenamiento del producto con conservante de 30- 35 días, que no presenta cambios en el color, en el sabor, en la acidez, contenido de humedad y en el desarrollo de colonias.

#### **4.8. Balance de materia en el proceso de elaboración de salchicha vegana a base de tofú de soya, avena instantánea y harina de maíz**

La figura 4.32, muestra el balance materia general para el proceso de elaboración de salchicha vegana, para un cálculo en base a 1000 gramos.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.32:** Balance de materia general en el proceso de elaboración de salchicha vegana a base de tofu, avena instantánea y harina de maíz

Dónde:

A= Tofú (g)

B= Hielo (g)

C= Colorante líquido (g)

D= Humo liquido (g)

E= Mezcla 1 (g)

F= Avena (g)

G= Aceite (g)

H= Sal y condimento (g)

J=Mezcla II (g)

K= Pérdidas (g)

L= Harina de maíz (g)

M= Fécula y emulsificante (g)

N= Gluten de trigo (g)

P= Pérdidas (g)

Q= Mezcla (g)

S= Agua2 (g)

T= Mezcla embutida (g)

U= Agua1 (g)

V= Vapor (g)

Z= Salchicha vegana (g)

R= Agua2 (g)

$X_L$ = Fracción de agua

W= Salchicha1 (g)

$X_S$ = Fracción de solidos solubles

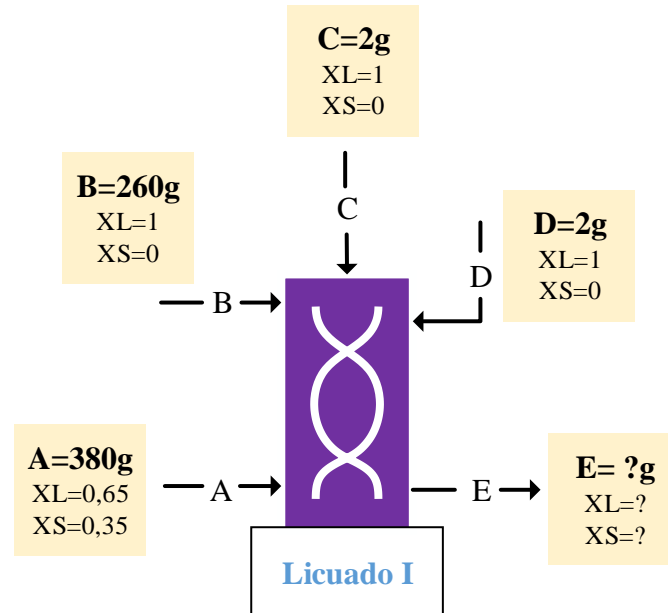
Y= Vapor (g)

$X_g$ = Facción de grasa

X= Desperdicio (g)

#### 4.8.1. Balance de materia en la etapa de licuado I para la elaboración de salchicha vegana

La figura 4.33, muestra el balance de materia durante proceso de licuado I, con dosificación de datos extraídos de la figura 4.27.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.33: Etapa de licuado I

Dónde:

$X_L$ = Fracción porcentual de relación de agua

$X_S$ = Fracción porcentual de solidos soluble

Balance de materia global en la etapa de licuado 1:

$$A + B + C + D = E$$

Ecuación 4.1

Balance parcial del contenido de sólidos solubles en la etapa de licuado I

$$A * X_S^A + B * X_S^B + C * X_S^C + D * X_S^D = E * X_S^E \quad \text{Ecuación 4.2}$$

Debido a que el hielo, colorante líquido y humo líquido no presenta fracción porcentual de sólidos solubles, la ecuación 4.2 se reduce a:

$$A * X_S^A + \cancel{B * X_S^B} + \cancel{C * X_S^C} + \cancel{D * X_S^D} = E * X_S^E$$

$$A * X_S^A = E * X_S^E \quad \text{Ecuación 4.3}$$

Reemplazando la ecuación 4.1 en la ecuación 4.3, se obtiene:

$$A * X_S^A = (A + B + C + D) * X_S^E$$

Despejando  $X_S^E$  de la ecuación 4.2, se obtiene:

$$X_S^E = \frac{A * X_S^A}{A + B + C + D}$$

$$X_S^E = \frac{380 \text{ g} * 0,35}{380 + 260 + 2 + 2}$$

$$X_S^E = 0,2065 \text{ de sólidos solubles en la mezcla 1}$$

Balance parcial para determinar la cantidad de la mezcla 1

$$A * X_S^A = E * X_S^E \quad \text{Ecuación 4.3}$$

Despejando E de la ecuación 4.2, se obtiene:

$$E = \frac{A * X_S^A}{X_S^E}$$

$$E = \frac{380 \text{ g} * 0,35}{0,2065}$$

$$E = 644,0678 \text{ gramos de mezcla 1}$$

Balance parcial para determinar  $X_L^E$  (fracción de contenido de agua de mezcla I)

$$A * X_L^A + B * \cancel{X_L^B} + C * \cancel{X_L^C} + D * \cancel{X_L^D} = E * X_L^E$$

$$A * X_L^A + B + C + D = E * X_L^E$$

Ecuación 4.4

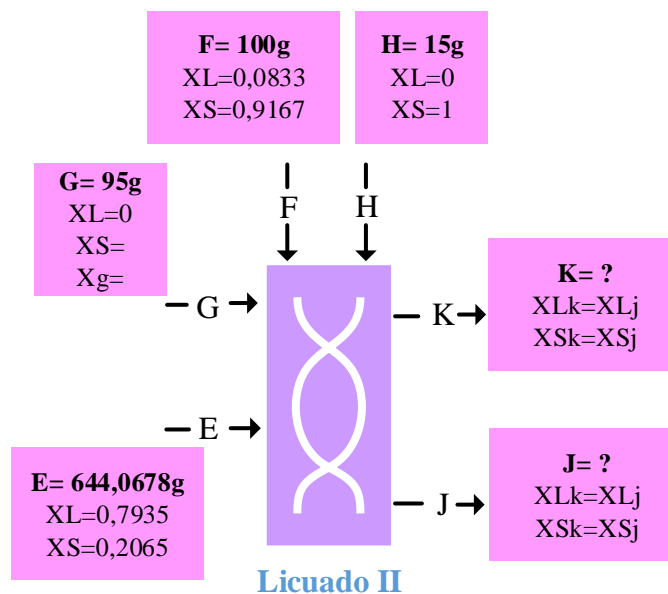
$$X_L^E = \frac{A * X_L^A + B + C + D}{E}$$

$$X_L^E = \frac{380 \text{ g} * 0,65 + 260 + 2 + 2}{644,0677}$$

$X_L^E = 0,7935$  de fracción de contenido de agua en la mezcla 1

#### 4.8.2. Balance de materia en la etapa de licuado II

La figura 4.34, muestra la etapa de licuado II, en la elaboración de salchicha vegana.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.34:** Balance de materia de la etapa de licuado II

Dónde:

**E**= Mezcla I = 644,0678 gramos

**G**= Aceite de girasol= 95 gramos

**F**= Avena instantánea= 100 gramos

**H**= Sal y condimento= 15 gramos

**J**= Mezcla 2= ?

**K**= Pérdidas = ?

Balance de materia global en la etapa de licuado II:

$$E + G + F + H = J + K \quad \text{Ecuación 4.5}$$

Siendo  $K = 0,03 * J$  (Ecuación 4.6) y reemplazando en la ecuación 4.4:

$$E + G + F + H = J + 0,03 * J$$

$$E + G + F + H = 1,03 * J$$

Despejando J, se obtiene:

$$J = \frac{E+F+G+H}{1,03}$$

$$J = \frac{644,0678+100+95+15}{1,03}$$

$$J = 829,1920 \text{ gramos de mezcla II}$$

Siendo  $K = 0,03 * J$  se obtiene:

$$K = 0,03 * J = 0,03 * 829,1920 \text{ g}$$

$$K = 24,8758 \text{ gramos de pérdidas de mezcla 2}$$

Balance parcial mediante la fracción de contenido de agua en la etapa de molienda II:

$$E * X_L^E + G * X_L^G + F * X_L^F + H * X_L^H = X_L^J (J + K) \quad \text{Ecuación 4.7.}$$

$$E * X_L^E + G * X_L^G + F * X_L^F + H * X_L^H = X_L^J (J + K)$$

$$E * X_L^E + G * X_L^G + F * X_L^F = X_L^J (J + K)$$

Despejando  $X_L^J$  se obtiene:

$$X_L^J = \frac{E \cdot X_L^E + G \cdot X_L^G + F \cdot X_L^F}{J + K} \quad \text{Ecuación 4.8}$$

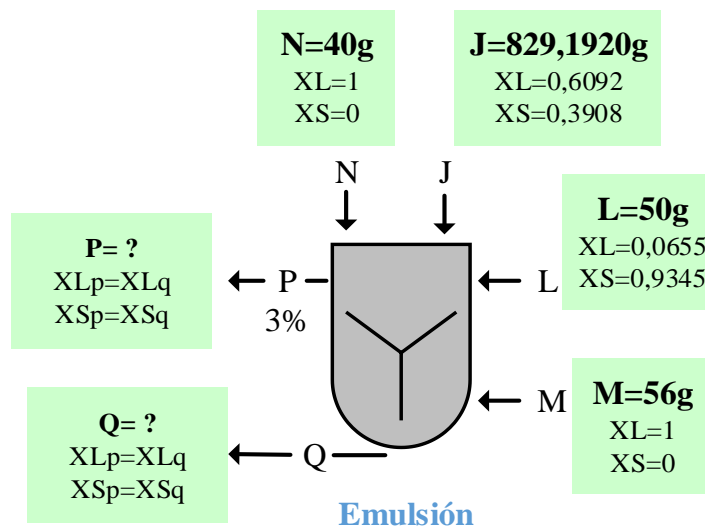
$$X_L^J = \frac{644,0678 \cdot 0,7935 + 100 \cdot 0,0833 + 95 \cdot 0,01}{829,1920 + 24,8758}$$

$$X_L^J = 0,6092$$

$$X_S^J = 0,3908$$

### 4.8.3. Balance de materia en la etapa de emulsión de la mezcla

La figura 4.35, muestra el proceso de balance de materia en la etapa de emulsión



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.35: Balance de materia en la etapa de emulsión

Balance de materia global en la etapa de emulsión

$$J + L + M + N = P + Q \quad \text{Ecuación 4.9}$$

Donde  $P = 0,03 * Q$  (Ecuación 4.10) reemplazando en la ecuación 4.9, se obtiene:

$$J + L + M + N = 0,03Q + Q$$

$$J + L + M + N = 1,03 * Q$$

$$Q = \frac{J+L+M+N}{1,03}$$



$$Q = \frac{829,1920\text{g}+50\text{g}+56\text{g}+40\text{g}}{1,03}$$

$$Q = 946,7883 \text{ gramos de mezcla III}$$

Realizando el cálculo de P (pérdidas) en la etapa de emulsión, se obtiene

$$P = 0,03 * Q \quad \text{Ecuación 4.10}$$

$$P = 0,03 * 946,7883\text{g}$$

$$P = 28,4036 \text{ gramos de pérdidas en la etapa de emulsión}$$

Balance parcial de fracción de contenido agua

$$1,03 * Q * X_L^Q = J * X_L^Q + L * X_L^L + M * X_L^M + N * X_L^N \quad \text{Ecuación 4.11}$$

$$1,03 * Q * X_L^Q = J * X_L^Q + L * X_L^L + \cancel{M * X_L^M} + \cancel{N * X_L^N}$$

$$X_L^Q = \frac{J * X_L^J + L * X_L^L}{1,03 * Q}$$

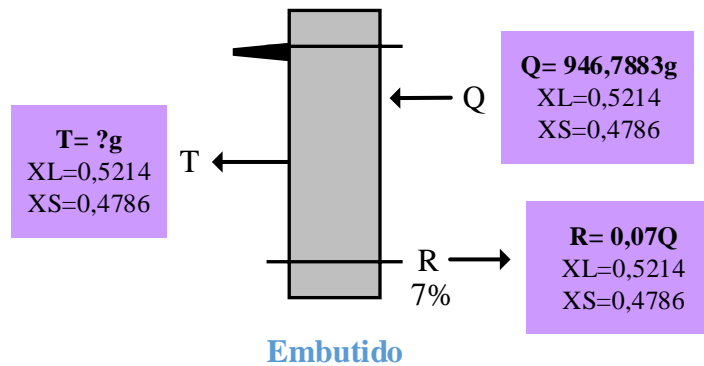
$$X_L^Q = \frac{829,1920\text{g} * 0,6092 + 50\text{g} * 0,0655}{1,03 * 946,7883}$$

$$X_L^Q = 0,5214$$

$$X_S^Q = 0,4786$$

#### 4.8.4. Balance de materia en la etapa de embutido

La figura 4.36, muestra el proceso de embutido para realizar el balance de materia correspondiente:



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.36:** Balance de materia en la etapa de embutido

Datos:

$$Q = \text{Mezcla III} = 946,7883 \text{ g}$$

$$T = \text{Mezcla IV} = ?$$

$$R = \text{Pérdidas} = 0,07 * Q$$

Balance de materia global en la etapa de embutido

$$Q = R + T$$

Ecuación 4.12

Para el cálculo de T, reemplazando  $R=0,07Q$  (Ecuación 4.13)

$$Q = 0,07 * Q + T$$

$$T = Q - 0,07Q = 0,93 * Q$$

$$T = 0,93 * 946,7883\text{g}$$

$$T = 880,5131 \text{ gramos de la mezcla III embutida}$$

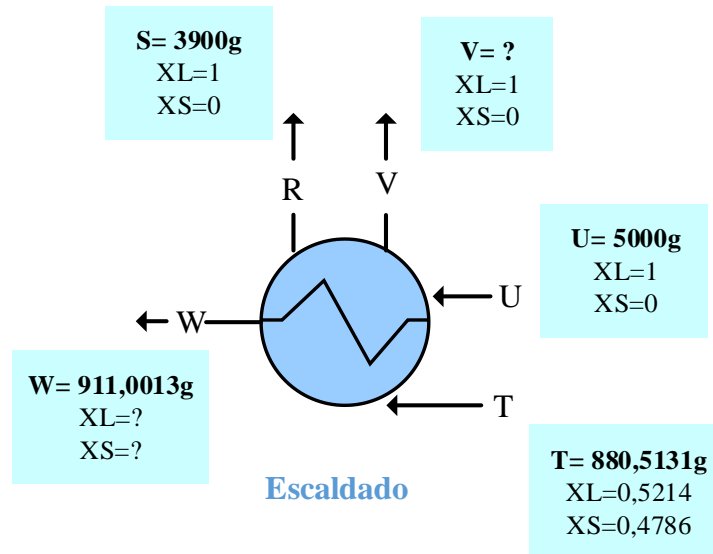
Para el cálculo de R

$$R = 0,07Q = 0,07 * 946,7883$$

$$R = 66,2752 \text{ gramos de pérdidas en la embutidora}$$

#### 4.8.5. Balance de materia parcial en la etapa de escaldado

La figura 4.37, muestra el proceso de escaldado de la salchicha vegana para realizar el balance de materia correspondiente:



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.37:** Balance de materia en la etapa de escaldado

Balance general en la etapa de escaldado de la salchicha vegana

$$T + U = S + V + W$$

Ecuación 4.14

Para el cálculo de agua evaporada (V) durante la etapa de escaldado, se tomó en cuenta la ecuación 4.14

$$T + U = S + V + W$$

$$V = T + U - S - W$$

$$V = 880,5131g + 5000g - 3900g - 911,0013g$$

$$V = 1069,5118 \text{ gramos de vapor de agua}$$

Para hallar el contenido de humedad de la salchicha embutida, se realizó el balance de fracción de contenido de sólidos solubles

$$T * X_S^T = W * X_S^W \quad \text{Ecuación 4.15}$$

$$X_S^W = \frac{T * X_S^T}{W}$$

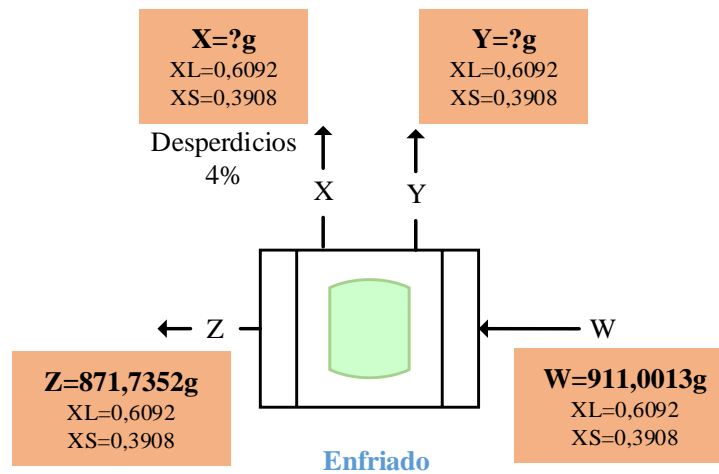
$$X_S^W = \frac{880,5131\text{g} * 0,4786}{900,1432\text{g}}$$

$$X_S^W = 0,4682$$

$$X_L^W = 1 - 0,4682 = 0,5318$$

#### 4.8.6. Balance de materia parcial en la etapa de enfriado

La figura 4.38, muestra el proceso de enfriado de la salchicha vegana para realiza el balance de materia correspondiente:



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.38:** Balance de materia en la etapa de enfriado

Balance general en la etapa de enfriado de la salchicha vegana

$$W = X + Y + Z \quad \text{Ecuación 4.16}$$

Para el cálculo de agua evaporada (V) durante la etapa de escaldado se tomó en cuenta la ecuación  $X = 0,04 * W$  (Ecuación 4.17)

$$W = 0,04W + Y + Z$$

$$Y = W - 0,04W - Z$$

$$Y = W(1 - 0,04) - Z$$

$$Y = 911,0013g(1 - 0,04) - 871,7352g$$

$$Y = 2,8260 \text{ gramos de vapor de agua}$$

Calculo de desperdicios en la etapa de enfriado de las salchichas

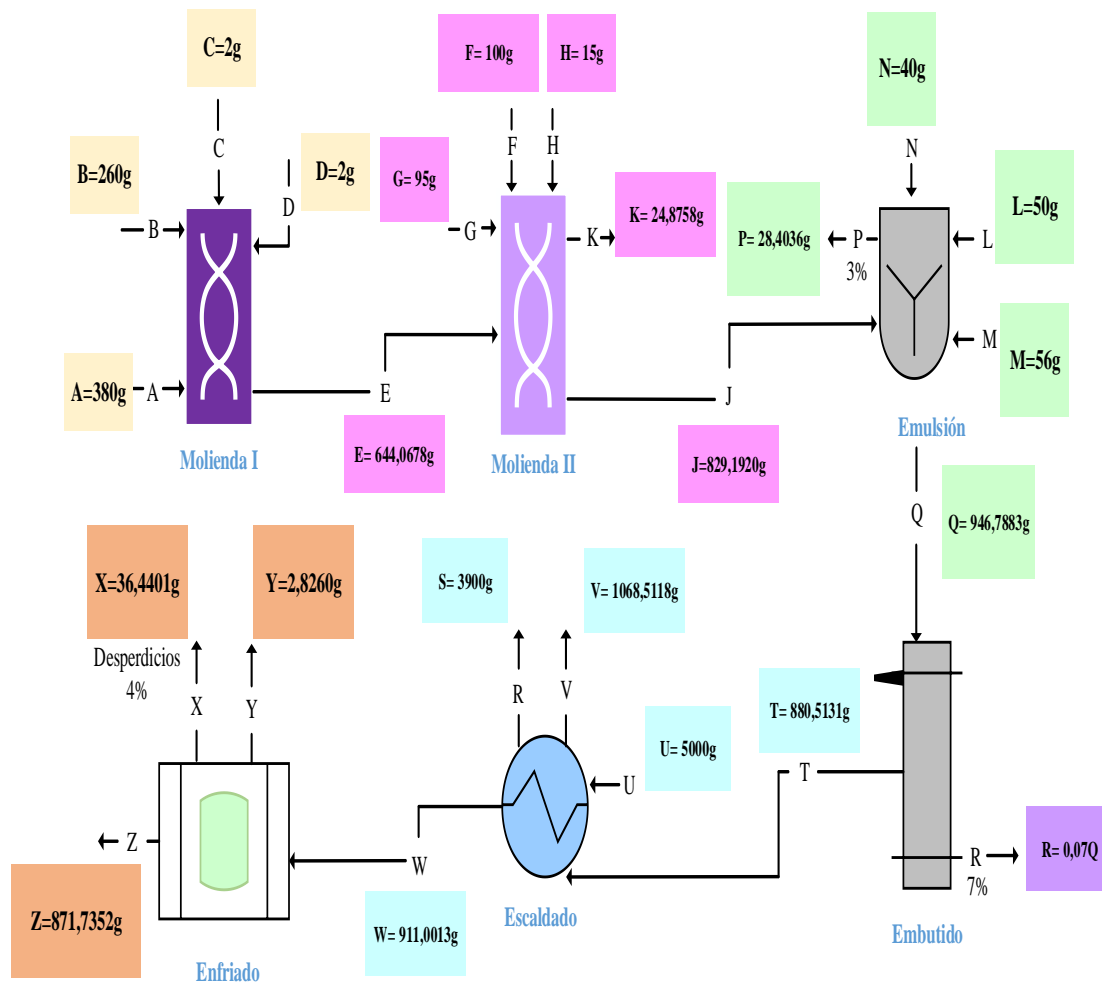
$$X = 0,04 * W \quad \text{Ecuación 4.17}$$

$$X = 0,04 * 911,0013$$

$$X = 36,4401 \text{ gramos de desperdicios}$$

#### **4.9. Resumen general del balance de materia para el proceso de elaboración de salchicha vegana a base de tofú, avena instantánea y harina de maíz**

El resumen del balance de materia del proceso de elaboración de salchicha vegana se detalla en la figura 4.39:



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.39:** Resumen del balance de materia del proceso de elaboración de salchicha vegana

#### 4.10. Balance de energía para la elaboración de salchicha vegana a base de tofú, avena instantánea y harina de maíz

Según (Lewis, 1993) se muestra la deducción del balance de energía para procesos de transferencia de calor:

$$L_1(\epsilon C_1 + \epsilon P_1 + P_{V_1}) + Q - L_2(\epsilon C_2 + \epsilon C_2 + \mu_2 + P_{V_2}) = T + 2F + \frac{d\theta v_4}{d\theta}$$

$$L_1(\mu_1 + P_{V_1}) + Q = L_2(\mu_2 + P_{V_2}) = 0$$

$$L_1(H_1) + Q - L_2(H_2) = 0$$

$$L_1(H_1 - H_2) = -Q$$

$$Q = L_1 \Delta H$$

$$\Delta H = C_p \Delta H$$

$$Q = L_1 C_p \Delta H \quad \text{Ecuación 4.18}$$

Según (Lewis, 1993), el principio de conservación de la energía está dado por:

$$Q_{\text{cedido}} = Q_{\text{ganado}}$$

$$-Q_{\text{cedido}} = Q_{\text{ganado}}$$

$$-\sum Q_{\text{cedido}} = \sum Q_{\text{ganado}}$$

$$Q_T = Q_{\text{cedido}} + Q_{\text{ganado}} \quad \text{Ecuación 4.19}$$

Para calcular el calor latente en los cambios de fase según (Lewis, 1993) es:

$$Q_1 = \Delta H L = L * \gamma \quad \text{Ecuación 4.20}$$

Para el cálculo del balance de energía en las diferentes etapas de la elaboración de salchicha vegana, se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

Según (Lewis, 1993), manifiesta que: si se conoce la composición fisicoquímica del alimento se puede utilizar para calcular las capacidades caloríficas, como se detalla en la ecuación 4.21 de tal forma, en el presente trabajo se determinó el  $C_p$  del tofú de soya, avena instantánea, harina de maíz y de salchicha vegana:

$$C_p = X_W C_W + X_C C_C + X_P C_P + X_F C_F + X_A C_A \quad \text{Ecuación 4.21}$$

Dónde:

$X_W$ = Fracción en peso del agua

$C_W$ = Capacidad calorífica del agua

$X_C$ = Fracción en peso de carbohidratos

$C_C$ = Capacidad calorífica de carbohidratos

$X_P$ = Fracción en peso de proteínas

$C_P$ = Capacidad calorífica de proteínas

$X_F$ = Fracción en peso de grasa

$X_A$ = Fracción en peso de cenizas

$C_F$ = Capacidad calorífica de grasa

$C_A$ = Capacidad calorífica de cenizas

Las capacidades caloríficas en función a la composición fisicoquímica de los alimentos se detallan en la tabla 4.26

**Tabla 4.26**

*Capacidades caloríficas en función a la composición de los alimentos*

Calor específico	Valor 1 KJ/Kg°C	Valor 2 KJ/Kg°C
CW (agua)	4,18	4,18
CC (carbohidratos)	1,40	1,22
CP (proteína)	1,60	1,90
CF (grasa)	1,70	1,90
CA (ceniza)	0,80	1,90
	Para productos lácteos	Para alimentos

**Fuente:** Lewis, 1993

La tabla 4.27, muestra los resultados de la composición fisicoquímica del tofú de soya, datos extraídos del Anexo A.

**Tabla 4.27**

*Composición fisicoquímica del tofú de soya*

Parámetros	Unidad	Resultado
Grasa	%	13,34
Cenizas	%	1,43
Humedad	%	65,03
Proteína total	%	15,16
Hidratos de carbono	%	5,04

**Fuente:** CEANID, 2022

Convirtiendo los valores de análisis del tofú en fracciones:

$$X_A = \frac{1,43}{100} = 0,0143 \text{ cenizas}$$

$$X_F = \frac{13,34}{100} = 0,1334 \text{ grasa}$$

$$X_P = \frac{15,16}{100} = 0,1516 \text{ proteína}$$



$$X_C = \frac{5,04}{100} = 0,0504 \text{ carbohidratos}$$

$$X_W = \frac{65,03}{100} = 0,6503 \text{ agua}$$

$$1KJ= 0,239006 \text{ Kcal}$$

**Calculando  $C_P$  del tofú de soya resolviendo (ecuación 4.21)**

$$C_{PT} = X_W C_W + X_C C_C + X_P C_P + X_F C_F + X_A C_A$$

$$C_{PT} = 0,6503(0,99904808) + 0,0504(0,3346084) + 0,1516(0,3824096) + 0,1334(0,4063102) + 0,0143(0,19122048)$$

$$C_{PT} = 0,7815 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

La tabla 4.28, muestra los resultados de la composición fisicoquímica de la avena instantánea, datos extraídos del Anexo A.

**Tabla 4.28**

***Composición fisicoquímica de la avena instantánea***

Parámetros	Unidad	Resultado
Cenizas	%	0,94
Fibra	%	10,52
Grasa	%	8,72
Hidratos de carbono	%	58,67
Humedad	%	8,33
Proteína total	%	12,82

**Fuente:** CEANID,2022

**Convirtiendo los valores de análisis en fracciones:**

$$X_w = \frac{0,0833}{100} = 0,008 \text{ agua}$$

$$X_C = \frac{58,67}{100} = 0,5867 \text{ carbohidratos}$$

$$X_P = \frac{12,82}{100} = 0,1282 \text{ proteínas}$$

$$X_F = \frac{8,72}{100} = 0,0872 \text{ grasa}$$

$$X_A = \frac{0,94}{100} = 0,0094 \text{ cenizas}$$

$$1KJ = 0,239006 \text{ kcal}$$

### Calculando el CP de la avena instantánea

$$C_{PA} = X_W C_W + X_C C_C + X_P C_P + X_F C_F + X_A C_A$$

$$C_{PA} = 0,008(0,99904808) + 0,5687(0,3346084) + 0,1282(0,3824096) + 0,0872(0,4063102) + 0,0094(0,19122048)$$

$$C_{PA} = 0,2845 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

La tabla 4.29, muestran los resultados de la composición fisicoquímica de la harina de maíz

**Tabla 4.29**

#### *Composición fisicoquímica de la harina de maíz*

Parámetros	Unidad	Resultado
Grasa	%	4,40
Fibra	%	1,60
Cenizas	%	1,4
Humedad	%	7,40
Proteína total	%	8,99
Hidratos de carbono	%	76,21

**Fuente:** CEANID, 2022

### Convirtiendo valores de los análisis en fracciones:

$$X_A = \frac{1,40}{100} = 0,0140 \text{ cenizas}$$

$$X_F = \frac{4,40}{100} = 0,044 \text{ grasa}$$

$$X_P = \frac{8,99}{100} = 0,0899 \text{ proteína}$$

$$X_C = \frac{76,21}{100} = 0,7621 \text{ carbohidratos}$$

$$X_W = \frac{7,40}{100} = 0,074 \text{ agua}$$

$$1KJ = 0,239006 \text{ Kcal}$$

**Calculando  $C_P$  de la harina de maíz resolviendo (ecuación 4.21)**

$$C_{PT} = X_W C_W + X_C C_C + X_P C_P + X_F C_F + X_A C_A$$

$$C_{PT} = 0,074(0,99904808) + 0,7621(0,3346084) + 0,0899(0,3824096) + \\ 0,044(0,4063102) + 0,0140(0,19122048)$$

$$C_{PT} = 0,38387 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

La tabla 4.30, muestran los resultados de la composición fisicoquímica de la salchicha vegana

**Tabla 4.30**

*Composición fisicoquímica de la salchicha vegana*

Parámetros	Unidad	Resultado
Grasa	%	10,90
Fibra	%	0,20
Cenizas	%	1,85
Humedad	%	58,33
Proteína total	%	9,88
Hidratos de carbono	%	18,84

**Fuente:** CEANID, 2022

**Convirtiendo valores de los análisis en fracciones:**

$$X_A = \frac{1,85}{100} = 0,0185 \text{ cenizas}$$

$$X_F = \frac{10,90}{100} = 0,1090 \text{ grasa}$$

$$X_P = \frac{9,88}{100} = 0,0988 \text{ proteína}$$

$$X_C = \frac{18,84}{100} = 0,1884 \text{ carbohidratos}$$

$$X_W = \frac{58,33}{100} = 0,5833 \text{ agua}$$

$$1\text{KJ} = 0,239006 \text{ Kcal}$$

**Calculando  $C_p$  de la salchicha vegana resolviendo (ecuación 4.21)**

$$C_p T = X_W C_W + X_C C_C + X_P C_P + X_F C_F + X_A C_A$$

$$C_p T = 0,5833(0,99904808) + 0,1884(0,3346084) + 0,0988(0,3824096) + 0,1090(0,4063102) + 0,0185(0,19122048)$$

$$C_p T = 0,7314 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

La tabla 4.31, detalla la capacidad calorífica del agua y del acero inoxidable

**Tabla 4.31**

*Capacidad calorífica del agua y el acero inoxidable*

Capacidad calorífica	Unidad	Valor
Acero inoxidable	Kcal/Kg <sup>°C</sup>	0,12
Agua	Kcal/Kg <sup>°C</sup>	1,00

**Fuente:** Elaboración propia

La tabla 4.32, muestra las entalpías de vaporización en función a la temperatura para el agua saturada

**Tabla 4.32**

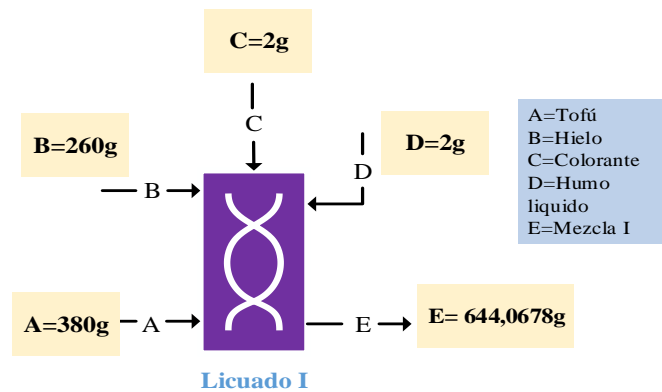
*Entalpías de vaporización del agua saturada*

Temperatura (°C)	Unidad	Entalpía de vaporización
90	Kcal/Kg	545,41
92	Kcal/Kg	544,21

**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.10.1. Balance de energía para la etapa de licuado I

La figura 4.40, muestra el proceso de balance de energía en la licuado I y licuado II



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.40:** Balance de energía en la etapa de licuado I

Para la etapa de licuado I se utilizó la licuadora eléctrica (Anexo J), con una potencia de 450W por un tiempo de 0,250 h

$$P = \frac{\text{Energía (E)}}{\text{Tiempo}(\theta)}$$

**Despejando E para el cálculo de energía eléctrica**

$$E = P * \theta$$

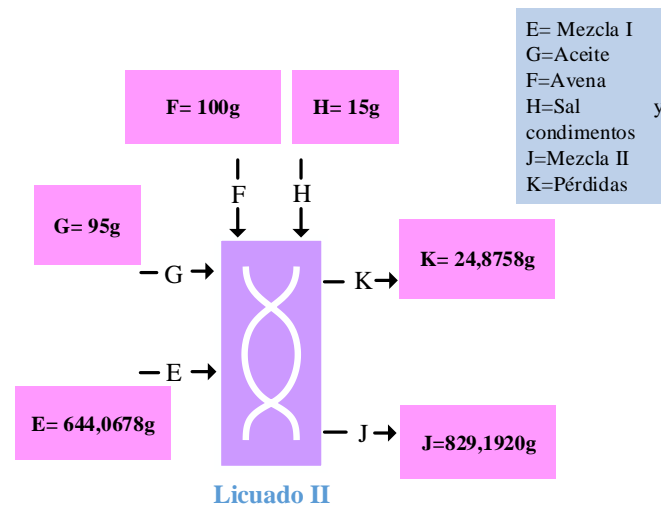
$$E = 450W \left( \frac{\frac{1,0000kcal}{h}}{1,1630W} \right) (0,2500)$$

$$E = 96,7326 \text{ kcal}$$

La cantidad de energía eléctrica requerida para llevar a cabo la etapa de licuado I por un tiempo de 0,250 horas es de 96,7326 kcal.

#### 4.10.2. Balance de energía para la etapa de licuado II

La figura 4.41, muestra el proceso de balance de energía en el licuado II



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.41:** Balance de energía en la etapa de molienda II

Para la etapa de licuado II se utiliza la licuadora eléctrica (Anexo J), con una potencia de 450W por un tiempo de 0,1667 h

$$P = \frac{\text{Energía (E)}}{\text{Tiempo}(\theta)}$$

**Despejando E para el cálculo de energía eléctrica**

$$E = P * \theta$$

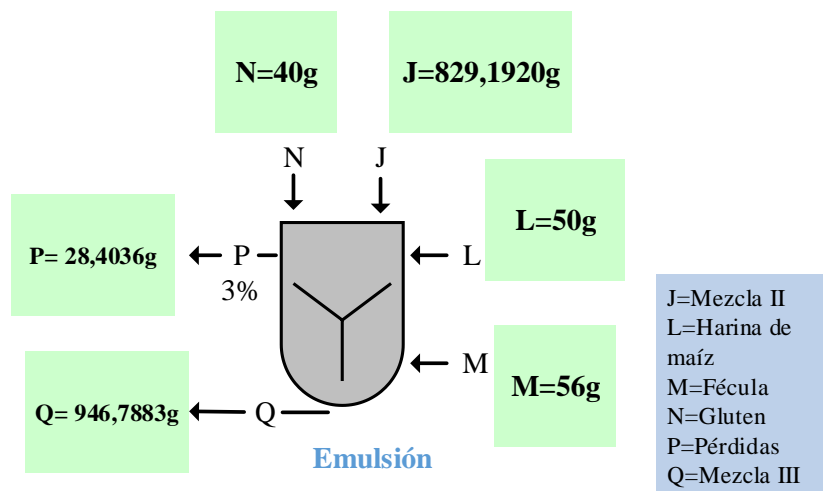
$$E = 450W \left( \frac{\frac{1,0000kcal}{h}}{1,1630W} \right) (0,1667)$$

$$E = 64,5013 \text{ kcal}$$

La cantidad de energía eléctrica requerida para llevar a cabo la etapa de licuado II por un tiempo de 0,1667 horas es de 64,5013 kcal.

#### 4.10.3. Balance de energía en la etapa de emulsión

La figura 4.42, muestra el proceso de balance de energía en la etapa de emulsión



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.42:** Balance de energía en la etapa de emulsión

Para la etapa de emulsión se utilizó la cúter pequeña (Anexo J), con una potencia de 550W por un tiempo de 0,1667 h

$$P = \frac{\text{Energía (E)}}{\text{Tiempo}(\theta)}$$

**Despejando E para el cálculo de energía eléctrica**

$$E = P * \theta$$

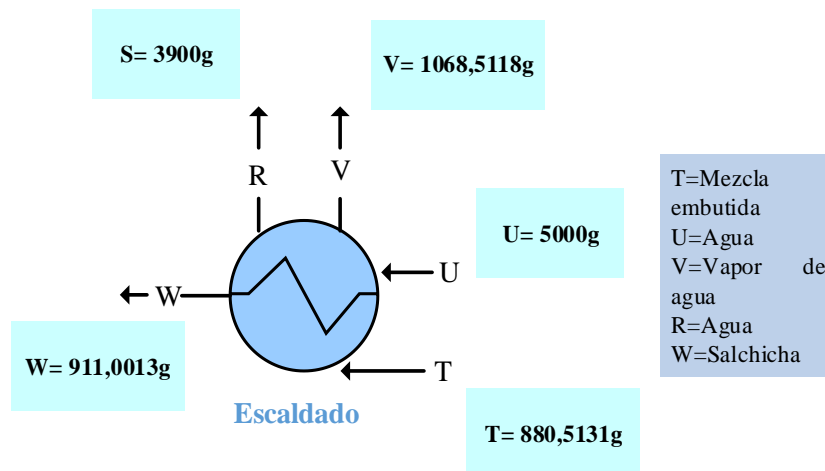
$$E = 550W \left( \frac{\frac{1,0000\text{kcal}}{h}}{1,1630W} \right) (0,1667)$$

$$E = 78,8349 \text{ kcal}$$

La cantidad de energía eléctrica requerida para llevar a cabo la etapa de emulsión por un tiempo de 0,1667 horas es de 78,8349 kcal.

#### 4.10.4. Balance de energía para la etapa de escaldado de salchicha vegana

La figura 4.43, muestra el proceso de balance de energía en la etapa de escaldado de la salchicha vegana



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.43:** Balance de energía en la etapa de escaldado

**Datos:**

$m_{\text{olla}} = \text{peso de la olla} = 0,800 \text{ kg}$

**Para el cálculo del calor requerido para calentar la olla se utilizó (ecuación 4.19)**

Calculando Q

$$Q = M_0 C_p \Delta H$$

$$Q = 0,800 \text{ kg} \left( 0,12 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \right) (92 - 20)^\circ\text{C}$$

$$Q = 6,912 \text{ kcal}$$

**Para el cálculo del calor requerido se requerido para calentar el agua y realizar el escaldado, se utiliza (ecuación 4.20)**

$$Q_2 = W C_p \Delta H + U C_p \Delta H + M C_p$$

$$Q_2 = 0,911(0,7314(75 - 20)) + 5(1,0000(82 - 20)) + 0,800(544,2100)$$

$$Q_2 = 782,0148 \text{ kcal}$$



### Consumo de GNL durante el proceso

Convirtiendo el calor requerido para el escaldado de la salchicha vegana de kcal a KW/h.

$$Q_2 = 782,0148 \text{ kcal}$$

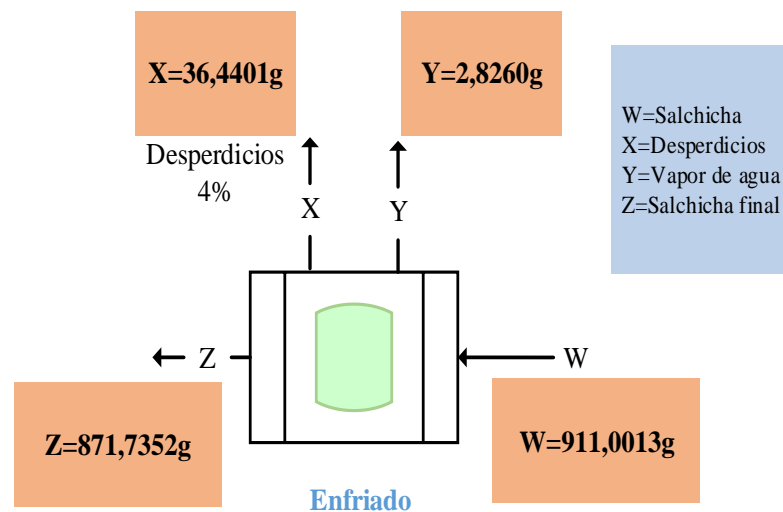
$$1 \text{ KW/h} = 860,4210 \text{ kcal}$$

$$1 \text{ m}^3 = 11,7000 \text{ KW/h}$$

$$782,0148 \text{ kcal} * \frac{\frac{1 \text{ KW}}{\text{h}}}{860,4210 \text{ kcal}} * \frac{1 \text{ m}^3}{\frac{11,700 \text{ KW}}{\text{h}}} = 0,0777 \text{ m}^3 \text{ de gas}$$

#### 4.10.5. Balance de energía para la etapa de enfriado de la salchicha vegana

La figura 4.44, muestra el proceso de balance de energía en la etapa de enfriado del producto final



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.44:** Balance de energía en la etapa de enfriado

Para la etapa de enfriado se utilizó el freezer (Anexo J), con una potencia de 246W por un tiempo de 2 horas

$$P = \frac{\text{Energía (E)}}{\text{Tiempo}(\theta)}$$

### **Despejando E para el cálculo de energía eléctrica**

$$E = P * \theta$$

$$E = 246W \left( \frac{\frac{1,0000\text{kcal}}{h}}{1,1630W} \right) (2)$$

$$E = 423,0438 \text{ kcal}$$

La cantidad de energía eléctrica requerida para llevar a cabo la etapa de enfriado de la salchicha vegana se lleva a cabo por un tiempo de 2 horas es de 423,0438 kcal.

### **Cálculo de la energía total en el proceso de elaboración de salchicha vegana:**

$$E_T = E_1 + E_2 + E_3 + E_4$$

$$E_T = (96,7326 + 64,5013 + 78,8349 + 423,0438)\text{kcal}$$

$$E_T = 663,1126 \text{ kcal}$$

### **Cálculo del rendimiento del proceso de elaboración de salchicha vegana**

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{pesoproductofinal}}{\text{pesoinicial}} * 100\%$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{871,7352\text{g}}{1000\text{g}} * 100\%$$

$$\text{Rendimiento} = 87,1735\%$$

**CAPÍTULO V**

**CONCLUSIONES Y**

**RECOMENDACIONES**

## 5.1. Conclusiones

- El análisis fisicoquímico del tofú de soya, indica que: calcio 42 mg/100g, hierro 2,70 mg/100g, valor energético 200,86 kcal/100g, grasa 13,34%, fibra n.d, cenizas 1,43%, humedad 65,03%, proteína total 15,16% e hidratos de carbono 5,04%. El análisis microbiológicos del tofú de soya, presenta: mohos y levaduras  $1,9 \cdot 10^2$  UFC/g, coliformes totales  $4,0 \cdot 10^1$  UFC/g y escherichia coli  $<1,0 \cdot 10^1$  UFC/g.
- El análisis fisicoquímico de la avena instantánea, indica que: magnesio 71,6 mg/100g, hierro 3,20 mg/100g, valor energético 364,44 kcal/100g, cenizas 0,94%, fibra 10,52%, grasa 8,72%, hidratos de carbono 58,67%, humedad 8,33% y proteína total 12,82%. El análisis microbiológico de la avena instantánea, presenta: mohos y levaduras  $<1,0 \cdot 10^1$  UFC/g, coliformes totales  $<1,0 \cdot 10^1$  UFC/g y Escherichia coli  $<1,0 \cdot 10^1$  UFC/g.
- El análisis fisicoquímico de la harina de maíz, indica que: valor energético 380,4 kcal/100g, grasa 4,40%, fibra 1,60%, cenizas 1,4%, humedad 7,40%, proteína total 8,99%, hidratos de carbono 76,21%, hierro 1,70 mg/100 g y potasio 273 mg/100 g. El análisis microbiológico de la harina de maíz, presenta: mohos y levaduras  $<1,0 \cdot 10^1$  UFC/g, coliformes totales  $<1,0 \cdot 10^1$  UFC/g y Escherichia coli  $<1,0 \cdot 10^1$  UFC/g.
- Realizada la evaluación sensorial de las pruebas preliminares de salchicha vegana con variación en la formulación de hielo, se realiza el análisis estadístico de varianza, demostrando que existe diferencia significativa entre los atributos (color y sabor) de las muestras evaluadas. Sin embargo, no existe diferencia significativa en los atributos (acidez y textura) para un nivel de significancia  $\alpha=0,05$ . Así mismo, en función de las medianas de la evaluación sensorial se toma en cuenta la muestra S09 como la ideal para el proceso.

- Aplicando el diseño experimental en el proceso de emulsión para la elaboración de salchicha vegana, se pudo establecer que entre las variables; hielo (A), avena instantánea (B) y harina de maíz (C), existe diferencia significativa cuando se tiene como variable respuesta acidez (%), siendo el factor: avena instantánea (B) más significativo que los demás factores e interacciones.
- Realizada la evaluación sensorial para comparar la muestra ideal y la muestra experimental se puede evidenciar que no existe diferencia significativa entre los atributos de las muestras evaluadas para un nivel de significancia  $\alpha=0,05$ . Así mismo, tomando en cuenta el análisis estadístico de caja y bigote, de acuerdo al valor de las medianas, se determina la muestra V05 como la muestra final de salchicha vegana.
- El diseño factorial  $2^3$  es resuelto en el programa StatGraphics (Centurión XVI) para Windows para el proceso de dosificación durante la operación de emulsión, siendo los factores tomados en cuenta: hielo (A), avena instantánea (B) y harina de maíz (C), las variables respuesta son: contenido de humedad, pH y acidez. Se determina que: para el contenido de humedad (A, B, C y AC) son significativos siendo  $F_{cal} > F_{tab}$ , para el pH (C y ABC) son significativos siendo  $F_{cal} > F_{tab}$  y para el contenido de acidez (B, AB y AC) son significativos siendo  $F_{cal} > F_{tab}$  determinando que el factor B es estadísticamente significativo en comparación con los demás factores, debido a que en el diagrama de Pareto sobrepasa la línea vertical de referencia para un nivel de significancia  $\alpha=0,05$ .
- El control de pH, contenido de humedad y acidez (ácido láctico) en el producto final durante la etapa de almacenamiento, indica que en función del tiempo el contenido de humedad inicial de 56,51% se mantiene en ese rango de humedad hasta 57,78%, así mismo, el pH de la salchicha vegana inicia con 6,579 manteniendo casi constante el pH durante el tiempo de almacenamiento, la

acidez (ácido láctico) presente en la salchicha vegana asciende significativamente entre un valor de (0,093 – 0,102)%.

- El análisis fisicoquímico de la salchicha vegana a base de tofú, avena instantánea y harina de maíz, presenta los siguientes resultados: Magnesio 79,6 mg/100g, hierro 1,60 mg/100g, valor energético 212,98 kcal/100g, grasa 10,90%, fibra 0,20%, cenizas 1,85%, humedad 58,33%, proteína total 9,88% e hidratos de carbono 18,84%.
- El análisis microbiológico de la salchicha vegana, presenta los siguientes resultados: mohos y levaduras  $2,0 \cdot 10^1$  UFC/g, coliformes totales  $8,0 \cdot 10^1$  UFC/g y *Escherichia coli*  $<1,0 \cdot 10^1$  UFC/g.
- El balance de materia y energía aplicado a 1000 gramos de masa vegetal se determina que se obtiene 871,7352 gramos de salchicha vegana (15 unidades de salchicha vegana con un peso aproximado de 60 gramos por unidad), siendo el rendimiento del proceso 87,17%. Así mismo, la cantidad de calor necesario para llevar a cabo el proceso de elaboración de salchicha vegana es de 788,9268 kilocalorías y la cantidad de energía eléctrica requerida para el proceso es de 663,1126 kilocalorías.

## 5.2. Recomendaciones

- ❖ Se recomienda elaborar productos a base de cereales y legumbres, con valor proteico vegetal. Cuando se habla de proteínas, debemos tener en cuenta que la proteína sea de calidad, es decir que tenga los aminoácidos esenciales para obtener una buena proporción. A las legumbres, por ejemplo, les falta metionina. En cambio, los cereales son ricos en metionina y deficitarios en lisina, otro aminoácido esencial que si contienen las legumbres. Eso significa que combinar legumbres con cereales es una buena opción para obtener todos

los aminoácidos necesarios para formar proteínas completas, con el fin de aprovechar sus componentes nutricionales en beneficio de la salud.

- ❖ Se recomienda investigar sobre la elaboración de productos libres de sustancias de origen animal, con el fin de poder ofrecer este tipo de alimento a personas que son veganas.

