

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Desde la antigüedad hasta nuestros días el consumo de galletas experimentó cambios desde el punto de vista tecnológico que posibilitó extender su consumo a prácticamente todas las clases sociales (Ayala, 2009, pág. 15).

En los siglos XVIII y XIX cuando empezó en Europa la producción masiva de galletas, paralela a la industrialización. La gran cantidad de población existente en la época colonial, hace que las galletas se impongan como la comida de viaje ideal, ya que podían aguantar meses o incluso años si se guardaban adecuadamente (Bojanic, 2011).

De la elaboración artesanal de galletas, se pasa a la elaboración más mecanizada, acordes con la demanda del producto. En lo posterior baja el precio de la harina y de la levadura, convirtiendo a las galletas más elaboradas en alimentos de fácil adquisición. La galleta adquiere protagonismo en la industria alimentaria, apoyándose en el sabor, la calidad y el precio. A medida que avanza la industria y se van mezclando culturas, se desarrollan nuevas recetas (Bojanic, 2011).

Con el paso del tiempo, la receta ha cambiado; se sustituye el uso de agua por base de leche; la miel por azúcar. La revolución industrial permite el desarrollo de máquinas que faciliten la elaboración de las galletas, entre ellas tenemos los hornos industriales, amasadoras y mezcladoras. Lo que hace que los precios sean accesibles y estén al alcance de la mayor parte de la población mundial (Bojanic, 2011).

Estudios determinaron que las galletas tienen un lugar muy destacado en las preferencias alimenticias de los bolivianos. En 2013, el consumo per cápita anual de galletas de Bolivia llegó a 5 kilos por persona, Hay una gran inclinación de los clientes tanto (por las galletas) dulces como por las saladas, que se disfrutaban principalmente en el desayuno, las meriendas y otras comidas de forma complementaria. Entre las galletas dulces con gran predilección por los bolivianos están las wafer y las galletas rellenas (Sarmiento, 2013).

En Tarija departamento de Bolivia, en la provincia cercado, se elaboran galletas artesanales con semilla de linaza en varias panificadoras, como ser: Panadería Sofía, Panadería Palacio de las Masas y de la marca Nutritic. Se puede decir que se trata de una galleta tipo artesanal porque no cuenta con información nutricional de la misma.

1.2 Justificación

- En el presente trabajo de elaboración de galletas a nivel experimental, se realizó con el fin de incorporar en su dosificación harina de linaza, con el objetivo de mejorar su valor nutricional de la galleta y así aprovechar sus nutrientes que son muy importantes para la dieta alimentaria de las personas.
- En el mercado local, no existen galletas que incorpore harina de linaza en su dosificación por el poco conocimiento de los beneficiosos que tiene la harina de linaza en la dieta de las personas.
- La harina de linaza contiene propiedades nutritivas que son importantes para la salud por el contenido de fibra, proteína, vitaminas C, E, B1, B2, B3 y B9 (ácido fólico) y aceites esenciales omega 3, omega 6 y omega 9. que son elementos de gran importancia para prevenir ciertos tipos de enfermedades inflamatorias, estreñimientos y otras más.
- El trabajo de investigación surge como una alternativa de coadyuvar el consumo de harina de linaza a la población en general e incorporar al mercado local un producto novedoso para los desayunos, subsidios, canasta alimentaria y en los desayunos escolares de la provincia cercado del departamento de Tarija.

1.3 Objetivos

A continuación, se detallan los objetivos planteados en el presente trabajo de investigación.

1.3.1 Objetivo general

- Elaborar galleta con harina de linaza, mediante el proceso de transformación de cereales, con la finalidad de obtener un producto de calidad nutricional para el mercado local de Tarija.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar las propiedades fisicoquímicas de la materia prima, con la finalidad de conocer su composición nutricional.
- Establecer el porcentaje de harina de linaza que debe utilizarse en el proceso de dosificación de la galleta.
- Identificar las variables en el proceso de dosificación, para conocer las variables que intervienen en ese proceso.
- Aplicar diseño experimental en el proceso de dosificación con el propósito de obtener la mejor dosificación.
- Realizar la evaluación sensorial en la etapa de dosificación con la finalidad de obtener la mejor mezcla de harina de trigo, harina de linaza y leche.
- Realizar los análisis fisicoquímicos y microbiológicos del producto terminado para garantizar que el producto es apto para el consumo humano.
- Realizar evaluación sensorial al producto terminado con el propósito de conocer la aceptabilidad del producto.
- Realizar los balances de materia y energía con la finalidad de calcular las corrientes de entrada y salida en la elaboración de galletas.

1.4 Variables dependientes e independientes

- Variable independiente: Proceso de transformación de cereales
- Variable dependiente: Elaborar galleta con harina de linaza

1.5 Planteamiento del problema

Debido a que en el mercado local no existen galletas que incorpore harina de linaza en su dosificación, el cual puede ser aprovechado en desayunos escolares y subsidios para

coadyuvar en la nutrición de los niños y personas, pudiendo ser un producto de calidad nutricional por el alto contenido de compuestos nutricionales.

La población Tarijeña no consume harina de linaza y derivados de cereales; debido a que no existe en el mercado local de sub productos de la linaza y también debido a la poca información nutricional de este cereal; especialmente en microelementos (minerales) y ácidos grasos insaturados omega 3, omega 6 y omega 9.

1.6 Formulación del problema

¿Cuál será el proceso de transformación de cereales, a ser utilizado para elaborar galleta con harina de linaza para obtener un producto calidad nutricional para el mercado local de Tarija?

1.7 Planteamiento de la hipótesis

Se logrará obtener galletas con harina de linaza, mediante el proceso de transformación de cereales con calidad organoléptica y nutritiva para el consumidor local de Tarija.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 Origen de la galleta

En los siglos XVIII y XIX empezó en Europa la producción masiva de galletas, paralela a la industrialización. La gran cantidad de población existente en la época colonial, hace que las galletas se impongan como la comida de viaje ideal, ya que podían aguantar meses o incluso años si se guardaban adecuadamente (Bojanic, 2011).

2.1.2 Definición de galleta

Las galletas son productos alimenticios que están elaboradas a base de harina, huevo, azúcar y mantequilla para luego pasar a un proceso de amasado y tratamiento térmico. En la actualidad se elaboran diferentes tipos de galletas, las cuales se diferencian en su composición química, método de producción, sabor, textura, entre ellas están: galletas de agua, galletas integrales, galletas dulces y galletas saladas. Así mismo, se encuentran otros tipos de galletas muy poco difundidas, tales como: galletas de semillas de sésamo, semillas de linaza y otras (Duarte, 2014).

2.1.3 Clasificación de las galletas

La Norma técnica ecuatoriana las galletas, se clasifican en los siguientes tipos que son detallados en la tabla 2.1.

Tabla 2.1

Clasificación de las galletas

| Tipos | Galletas |
|-----------------|-----------------------------------|
| Tipo I | Galletas saladas |
| Tipo II | Galletas dulces |
| Tipo III | Galletas con relleno |
| Tipo IV | Galletas revestidas o recubiertas |
| Tipo V | Galletas de agua |
| Tipo VI | Galletas integrales |

Fuente: Norma INEN, 2005

2.1.4 Composición química de las galletas de trigo con harina de linaza

La tabla 2.2, muestra la composición química proximal de las galletas de trigo y harina de linaza expresada en base seca a excepción de la humedad; se observa que a medida que el contenido de linaza es mayor, se intensifica el contenido de ceniza, proteína y grasa, mejorando así el valor nutritivo de las galletas elaboradas (Cori, 2004).

Tabla 2.2

Composición química de galleta de trigo y harina de linaza

| Componentes | HT/ L 100:0 | HT/L 97:3 | HT/L 95:5 |
|--------------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| Humedad | 18,52 | 14,97 | 14,27 |
| Ceniza | 1,22 | 1,39 | 1,45 |
| Proteína | 13,38 | 14,37 | 14,82 |
| Grasa | 9,51 | 10,31 | 10,88 |
| Carbohidratos | 74,71 | 74,11 | 72,41 |

Fuente: Vaisey & Morris, 1997

Donde:

HT/L 100:0 Galleta de trigo 100% o patrón

HT/L 97:3 Galleta de trigo 97% con harina linaza 3%

HT/L 95:5 Galleta de trigo 95% con harina de linaza 5%

2.1.5 Composición nutricional de las galletas

La tabla 2.3 muestra la composición nutricional de las galletas: proteínas, fibra, grasa, ácidos grasos saturados e insaturados, colesterol, omega 3, omega 6, calcio, fósforo, zinc, potasio y vitaminas entre otros. Lo que vienen a explicarnos que las galletas son una fuente de energía saludable dado que sus ingredientes principales son los hidratos de carbono de los cereales, las proteínas y las grasas (Vegaffinity, 1995)

Tabla 2.3

Información nutricional de la galleta

| Componentes | Unidad | Cantidad |
|----------------------|--------|----------|
| Calorías | Kcal | 139,00 |
| Proteínas | g | 3,80 |
| Grasa | g | 4,90 |
| Grasa saturada | g | 1,60 |
| Grasa poliinsaturada | g | 0,00 |
| Grasa monoinsaturada | g | 1,00 |
| Grasa trans | g | 0,00 |
| Colesterol | mg | 0,00 |
| Carbohidratos | g | 20,00 |
| Fibra | g | 3,20 |
| Azúcar | g | 1,20 |
| Sodio | mg | 280,00 |
| Potasio | g | 3,00 |

Fuente: Grewal & Hira, 2001

2.2 Materia prima utilizada en la elaboración de galletas con harina de linaza

Las materias primas necesarias para la elaboración de galletas con harina de linaza son las siguientes:

2.2.1 Harina de linaza

La harina de linaza es la que se obtiene al moler las semillas de linaza. Son muchos los expertos que recomiendan consumir harina de linaza, ya que así es posible asimilar los nutrientes que se encuentran en el interior de las semillas. La harina de linaza se puede digerir mejor que las semillas de linaza que en la mayoría de los casos, pasan enteras por el tubo digestivo ya que tienen una cubierta externa muy difícil de romper y que impide su digestión. Por lo tanto, comer harina de linaza permite aprovechar mejor las propiedades nutritivas de la semilla de linaza. La harina de linaza, es un alimento destacado por su **contenido en ácidos grasos tipo Omega 3, Omega 6 y Omega 9**. La linaza se ha convertido en un producto tan popular por sus propiedades nutricionales y los beneficios de su consumo para la salud. Debido a su composición química es un alimento rico en hidratos de carbono, proteínas, grasas y fibra alimentaria (Mesarri, 2017).

2.2.2 Composición química de la harina de linaza

En la tabla 2.4 se muestra la composición química de la harina de linaza.

Tabla 2.4

Composición química de la harina de linaza

| Componentes | Unidad | Cantidad |
|-----------------|--------|-----------------|
| Humedad | g | (1,95 – 6,00) |
| Proteína | g | (19,50 – 21,47) |
| Grasa | g | (34,00 – 41,00) |
| Ceniza | g | (3,50 – 4,80) |
| Fibra Dietética | g | (33,54 – 35,00) |
| Carbohidratos | g | (21,95 – 34,30) |

Fuente: Vegaffinity, 1995

2.2.3 Usos actuales de la harina de linaza

En la nutrición humana, la harina integral de linaza puede ser usada en desayunos con frutas frescas o desecadas, en alimentos como cereales para el desayuno, en harinas multigrano para la preparación de pan, tortas y galletas o bien, se consume la semilla junto con otros alimentos para mejorar la digestión (Flax, 2010).

2.2.4 Minerales de la harina de linaza

La harina de lino también contiene ciertas cantidades de minerales, destaca su contenido en calcio, magnesio, fósforo y potasio. En la tabla 2.5, se detalla el contenido aproximado de minerales en 100g de harina de linaza (Vegaffinity, 1995,pág.23).

Tabla 2.5

Contenido aproximado de minerales en harina de linaza

| Minerales | Unidad | Cantidades |
|-----------|--------|------------|
| Calcio | mg | 199,00 |
| Magnesio | mg | 0,00 |
| Fósforo | mg | 498,00 |
| Potasio | mg | 681,00 |
| Sodio | mg | 34,00 |
| Hierro | mg | 681,00 |

Fuente: Vegaffinity, 1995

2.2.5 Vitaminas de la harina de linaza

La harina de lino contienen ciertas cantidades de vitaminas; vitamina C, vitaminas del grupo B (Vegaffinity, 1995, pag.11). En la tabla 2.6, se detalla el contenido aproximado de nutrientes de la harina de linaza.

Tabla 2.6

Contenido de vitaminas de la harina de linaza

| Vitaminas | Unidad | Cantidades |
|--------------|--------|------------|
| Omega3 | g. | 23,00 |
| Vitamina C | Mg | 1.30 |
| Vitamina B1 | Mg | 0,17 |
| Vitamina B2 | Mg | 0,16 |
| Vitamina B3 | Mg | 1.40 |
| Ácido fólico | Mg | 112,00 |

Fuente: Vegaffinity, 1995

2.2.6 Beneficios que aporta la harina de linaza a la salud

La linaza es una gran fuente de vitaminas principalmente las del grupo B incluyendo la vitamina B9 o ácido fólico, pero también contiene vitaminas C y E que son antioxidantes ideales para combatir los radicales libres, es decir colaboran incluso en aminorar la influencia del proceso natural de envejecimiento. (Pozuelo, 2009).

La harina de linaza contiene lignanos o más conocidos como polifenoles. Es un compuesto vegetal que bloquea los efectos del estrógeno ayudando de reducir el riesgo de cáncer (como el de mama, útero, ovario y próstata). Según investigaciones del Centro Medico de la Universidad Maryland-USA, incluir la linaza en la alimentación puede reducir el crecimiento de tumores en mujeres con cáncer de mama (Gonzales, 2017).

Es una fuente rica de fibra dietética (5 veces más que la avena), tanto soluble como insoluble. El consumo de fibra soluble nos ayuda a regular la presión arterial, los niveles de azúcar en la sangre e incluso juega un rol importante en la prevención de cáncer de próstata. la fibra insoluble mejora el funcionamiento digestivo, pues regula

el movimiento intestinal. Por lo tanto, es ideal tanto para casos de estreñimiento, acidez y ayuda a expulsar los gases gástricos (Gonzales, 2017).

Su ingesta constante disminuye las condiciones inflamatorias de cualquier tipo, como gastritis, hepatitis, artritis, colitis, amigdalitis y meningitis entre otras (Gonzales, 2017, pág. 20).

2.3 Harina de trigo cuatro ceros

El Codex Standard 152 en 1985, por harina de trigo se entiende al producto elaborado con granos de trigo común, trigo ramificado, o combinaciones de ellos por medio de procedimientos de trituración o molienda en los que se separa parte del salvado y del germen (FAO, 2012).

La harina cuatro ceros es conocida también como **harina floja o refinada**, por ser la que ha pasado un mayor proceso de refinamiento. De este modo, se establece una clasificación en el número de ceros indica cómo de refinada es esa harina (FAO, 2012):

- Harina 0 (un cero): la menos refinada
- Harina 00 (dos ceros)
- Harina 000 (tres ceros)
- Harina 0000 (cuatro ceros)

La harina más refinada y blanca, tiene poco gluten y no es capaz de retener el gas, por lo que los panes pierden su forma. Usada en masas de hojaldre, galletas y en la elaboración de tortas (Pérez, 2008).

2.3.1 Características fisicoquímica de la harina de trigo cuatro ceros

En la tabla 2.7 se detalla la composición química de la harina de trigo cuatro ceros

Tabla 2.7***Composición química de la harina de trigo cuatro ceros***

| Componentes | Unidad | Máximo |
|---------------------|---------------|---------------|
| Humedad | g | 15,00 |
| Gluten | g | 23,00 |
| Grasa | g | 1,00 |
| Proteína | g | 7,00 |
| Hidratos de carbono | g | 71,00 |
| Fibra | g | 2,00 |
| Ceniza | g | 0.49 |

Fuente: Calaveras, 2004

2.4 Insumos utilizados en la elaboración de galletas con harina de linaza

Los insumos utilizados para la elaboración de galletas con harina de linaza son las siguientes:

2.4.1 Mantequilla salada

La mantequilla es un derivado lácteo, es una emulsión de grasa, agua y sólidos lácteos, obtenida como resultado del batido, amasado y lavado de los conglomerados de glóbulos grasos que se forman por el batido de la crema de leche. La mantequilla aporta sus nutrientes y sirve de antiglutinante. La mantequilla ayuda en la textura de forma que las galletas resultan menos duras, menos áspera y con más tendencia a deshacerse en la boca” su función en general es de generar sabor y suavizar la masa (Porto, 2010).

2.4.2 Leche líquida

La leche es una secreción nutritiva de color blanquecino opaco producido por las células secretoras de las glándulas mamarias de los mamíferos. La leche tiene un gran valor nutritivo y es uno de los alimentos más completos, aporta minerales, vitaminas, calcio, potasio, fósforo, vitamina A, C y B12 (Guerrero, 200).

Función de la leche líquida entera es hidratar los ingredientes secos, disuelve el azúcar y la sal, da suavidad, mejora el sabor, mejora la textura y mejora el valor nutritivo de las galletas (Guerrero, 200).

2.4.3 Sacarosa o azúcar de caña

El nombre de azúcar (sacarosa) se conoce al producto obtenido industrialmente de la caña de azúcar con suficiente estado de pureza para la alimentación humana. El azúcar es la sustancia de sabor dulce y se concentra en sus raíces y en sus tallos. Es un hidrato de carbono soluble cuya fórmula química es $C_{12}H_{22}O_{11}$ sacarosa, compuesta por glucosa y fructosa. Su nombre común es azúcar (Rodríguez, 2015).

Función: El azúcar además de ser un ingrediente principal que aporta dulzor a la masa, acentúa las características de aroma, además, es un conservante natural que al hornear con el resto de ingredientes produce reacciones de Maillard que son las responsables del olor, el color, y el sabor características de las galletas. (Pérez, 2010).

2.4.4 Sal común

La sal común o sal de mesa, conocida popularmente como sal, es un tipo de sal denominado cloruro de sodio. Es una sustancia cristalina, inodora y ordinariamente blanca, soluble en agua. Esta sal puede hallarse en el agua del mar o en algunas masas sólidas. La sal se utiliza como condimento para sazonar las comidas y para la conservación de carnes (Merino, 2013).

Función: su función principal es de potencializar y resaltar el sabor del azúcar. La sal se utiliza por su propiedad de potenciar los sabores, actúa principalmente sobre la formulación del gluten, favorece además la coloración de la superficie de las galletas, dando a la corteza una coloración, más viva, haciéndola más crujiente y confiriéndole un aroma más intenso, Por su higroscopicidad (capacidad de absorción de agua) influye en la duración y en el estado de conservación del pan o galleta (Duncan, 1997).

2.4.5 Canela molida

La canela es una planta aromática milenaria que a lo largo de la historia ha sido utilizada con diferentes fines medicinales. conocidas en la cocina desde hace miles de años, La canela se obtiene del árbol de la canela, canelero de Ceilán, o canelo árbol. En su estado silvestre puede alcanzar los 10 m de altura, tiene tres venas prominentes,

simples, coriáceas, largas y aromáticas, de color rojo brillante cuando son jóvenes y verde intenso con llamativos nervios blancos al madurar (Moreiras, 2013).

2.4.6 Mejorador de masa

El mejorador de masa cumple la función de reforzar las características de la harina, para que la masa resultante puede ser manipulada en un proceso mecanizado, (Molinera, 2003, pág. 7).

2.5 Proceso tecnológico para la elaboración de galletas de linaza

Presentamos la descripción tecnológica de cada una de las etapas de la elaboración de galletas el proceso consta de las siguientes etapas:

2.5.1 Recepción de la materia prima

La recepción debe realizarse en un ambiente independiente del área de panificación, porque en la zona donde se recepciona la materia prima puede estar contaminada y puede contaminar el ambiente de proceso. Es conveniente que en la etapa de recepción se tenga diferenciadas las fechas de entrada de los insumos, así mismo su fecha de elaboración y vencimiento. Esta área debe ser fresca y ventilada (Zavaleta, 2014).

2.5.2 Pesado de las materias primas e insumos

Permite conocer con exactitud la cantidad de materia prima e insumos que se va a utilizar de acuerdo y en exactitud a la formulación realizada, pues una falla en esta etapa podría reflejarse en el producto final. Con esto se podrá determinar el rendimiento del producto final así como evaluar los costos (Zavaleta, 2014).

2.5.3 Mezclado

La preparación de la masa se realiza en una serie de pasos que deben seguirse rigurosamente para obtener un buen resultado. Esta operación permite la unión de los ingredientes (Zavaleta, 2014, pág. 13).

2.5.4 Amasado

El amasado es la operación mediante la cual los distintos componentes de la masa harina, levadura química (polvo de hornear), y aditivos se fusionan en un solo cuerpo. Se busca la distribución uniforme de todos los insumos en la masa, formar y desarrollar adecuadamente el gluten en la masa (Zavaleta, 2014).

2.5.5 Pre – laminado

Una vez obtenida la masa, se procede a realiza un pre laminado con ayuda de un uslero para facilitar el laminado en máquina (Zavaleta, 2014, pág. 14).

2.5.6 Laminado

El proceso de laminación es importante porque depende de este proceso para que las galletas tengan superficie lisa y espesor adecuado que caracterice a las galletas (Zavaleta, 2014 pág. 14).

2.5.7 Cortado o moldeado

Este proceso se realiza mediante unos moldes adecuados con el fin de darle forma al producto. La masa de recortes debe ser inmediatamente mezclada con la masa para protegerla contra el enfriamiento para evitar que se forme piel en la superficie de la masa al momento de laminarlo (Zavaleta, 2014).

2.5.8. Horneado

Durante esta operación y con ayuda de un horno se convierte la masa formateada en galleta lista para consumir. durante el horneado se efectúan cambios físicos y químicos: formación de la corteza a medida que el agua de la superficie se evapora. Los cambios químicos incluyen la formación de gas a partir del bicarbonato de sodio, la gelatinización del almidón, la coagulación de las proteínas (Zavaleta, 2014).

“Las condiciones del horneo tales como temperatura, turbulencia del aire y humedad, pueden ser alteradas en el transcurso de la cocción, los tiempos de cocción de las galletas son muy cortos” (Zavaleta, 2014, pág. 14).

2.5.9 Enfriado

El enfriamiento es necesario para las galletas, ya que son muy blandas y plásticas, cuando salen del horno y solamente se vuelven rígidas al enfriarse. Hay también una apreciable pérdida de humedad al enfriarse las galletas lo que es beneficioso para su calidad y buena conservación (Zavaleta, 2014).

2.5.10 Envasado o embolsado

En esta etapa del proceso se utilizan bolsas de polipropileno. Comparativamente con otros materiales, presenta elevada impermeabilidad al vapor de agua, alta resistencia a la temperatura por su punto de fusión (170°C) las características ópticas de este material son óptimas por su brillantez y por su facilidad para la impresión, tiene alta resistencia a los ácidos y álcalis. En el momento del envasado se deben verificar que las bolsas no estén rajadas, ni deformes. (Zavaleta, 2014).

2.5.11 Almacenamiento

El almacenamiento es la etapa en la que se le debe brindar las condiciones necesarias para que la galleta tenga un periodo de vida más prolongado. El producto debe ser almacenado en un lugar fresco, limpio y seco; con suficiente ventilación a fin de garantizar la conservación del producto hasta el momento de su comercialización. La temperatura ambiente también influye en el crecimiento superficial de hongos, siendo la temperatura óptima para su desarrollo la de 30°C. Conociendo este dato hay que mantener el producto, a temperatura en torno a 20°C (Zavaleta, 2014).

CAPÍTULO III
DISEÑO
METODOLÓGICO

3.1 Desarrollo de la parte experimental

El presente trabajo de investigación, Elaboración de galletas con harina de linaza, fue realizado en el Laboratorio Taller de Alimentos de la Carrera de Ingeniería de Alimentos; dependiente de la Facultad de Ciencias y Tecnología Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”.

3.2 Equipos utilizados en la elaboración de galletas con harina de linaza

Para el desarrollo del presente trabajo se utilizó equipos, que se detallan a continuación:

3.2.1 Balanza digital

La balanza digital, se utilizó para realizar el pesado de materias primas e insumos en la elaboración de las galletas con harina de linaza. Este equipo se encuentra en las instalaciones del Laboratorio Taller de Alimentos. En la figura 3.1 se detalla sus especificaciones de la balanza digital.

Especificaciones

Marca: mettler Toledo

Modelo: Pb 1502 –s

Precisión: 0,01

Potencia: 5W

Capacidad máxima:
1500g

Error: 0.1

Industria: Suiza

Frecuencia: 50/60 hz



Fuente: LTA, 2017

Figura 3.1. Balanza digital

3.2.2 Selladora eléctrica

La selladora eléctrica manual existente en el Laboratorio Taller de Alimentos, se utilizó para realizar el sellado de las bolsas de polipropileno. En la figura 3.2 se detalla las especificaciones de la selladora manual.



Fuente: LTA 2017

Figura 3.2. Selladora eléctrica manual

3.2.3. Laminadora manual

La laminadora manual, se utilizó en la elaboración de galletas con harina de linaza. con la finalidad de laminar la masa galletera un espesor de 5 mm aproximadamente. En la figura 3.3 se detallan las especificaciones de la laminadora manual.



Fuente: LTA, 2017

Figura 3.3. Laminadora manual

3.2.4. Horno

El horno de calefacción a gas natural, se utilizó para la cocción de las galletas con harina de linaza, a una temperatura de (180 a 200)° C. En la figura 3.4 se detallan las especificaciones técnicas.



Fuente: LTA, 2017

Figura 3.4. Horno

3.3 Material de laboratorio utilizado en la elaboración de galletas con harina de linaza

A continuación, se detalla material de laboratorio que se utilizó en la elaboración de galleta con harina de linaza.

3.3.1 Termómetro

El termómetro, se utilizó para controlar la temperatura del horno en el momento de la cocción de la galleta. En la figura 3.5 se detallan las especificaciones técnicas del termómetro.

Especificaciones

Marca: Sanai

Rango: 10 ° C a 200 ° C

Bulbo: Alcohol



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.5. Termómetro

3.4 Utensilios de cocina utilizados en la elaboración de galletas con harina de linaza

Los utensilios de cocina que se utilizaron en el trabajo de investigación, se detallan en la tabla 3.1

Tabla 3.1

Utensilios de cocina utilizados en la elaboración de galletas de linaza

| Materiales | Cantidad | Tipo de material |
|-------------------|-----------------|-------------------------|
| Cuchara | 1 | Acero inoxidable |
| Fuente | 1 | Acero inoxidable |
| Uslero | 1 | Madera |
| Moldes | 4 | Acero inoxidable |
| Bolsas | - | Polipropileno |
| Mesa | 1 | Acero inoxidable |
| Recipiente | 1 | Acero inoxidable |
| Cuchillo | 1 | Acero inoxidable |
| Latas | 1 | Acero inoxidable |

Fuente: Elaboración propia

3.5 Descripción de materias primas e insumos utilizados en la elaboración de galletas con harina de linaza

Las materias primas e insumos que se utilizaron en la elaboración de galletas con harina de linaza, se detallan a continuación.

3.5.1 Materias primas

En el trabajo experimental elaboración de galletas con harina de linaza; se utilizó como materia prima harina de linaza, harina de trigo y leche natural. En la tabla 3.2, se detallan las materias primas empleados en el trabajo.

Tabla 3.2

Materias primas utilizados en la elaboración de galletas con harina de linaza

| Materias primas | Marca | Industria |
|------------------|------------|-----------|
| Harina de linaza | - | Boliviana |
| Harina de trigo | Graciela | Boliviana |
| Leche líquida | Pil Tarija | Boliviana |

Fuente: Elaboración propia

3.6 Insumos utilizados en la elaboración de las galletas con harina de linaza

Los insumos que se agregaron en la elaboración de galletas con harina de linaza, se detallan en la tabla 3.3.

Tabla 3.3

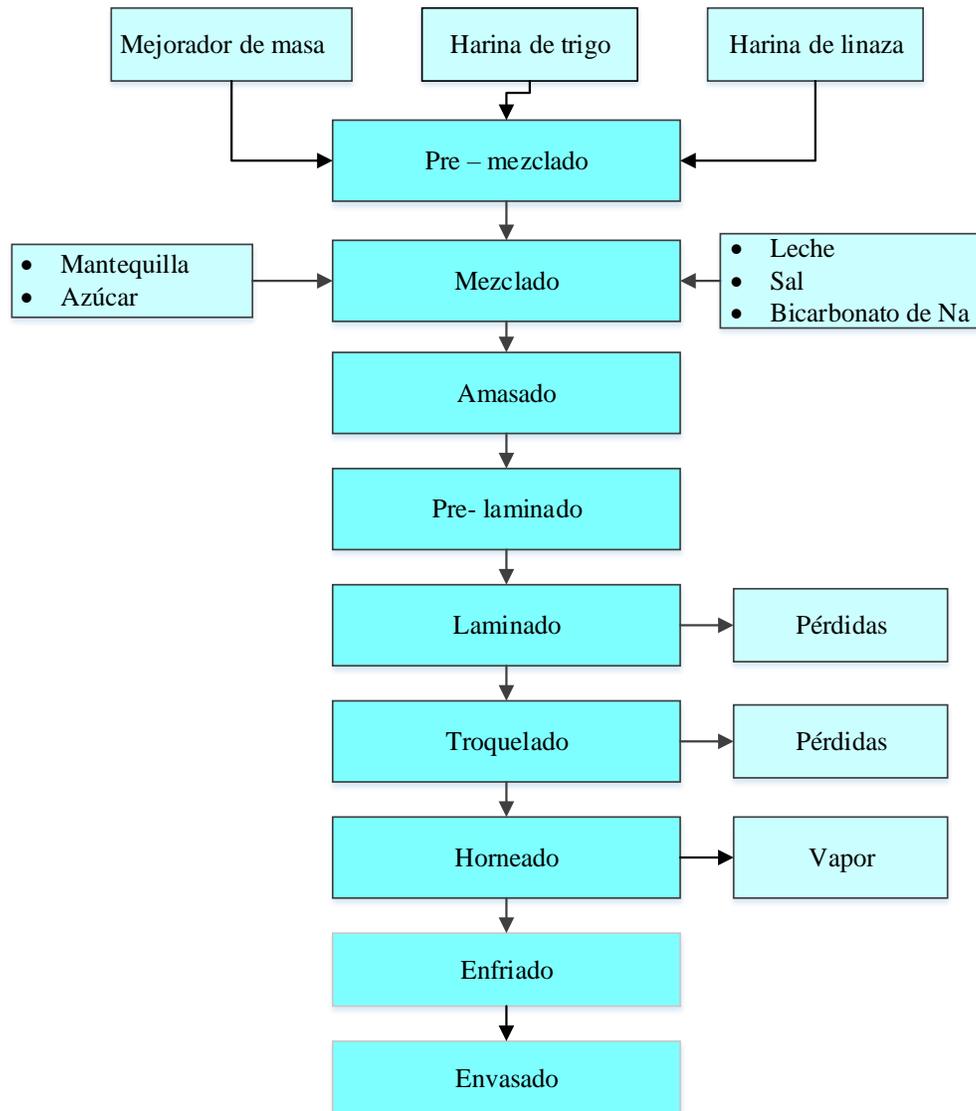
Insumos utilizados en la elaboración de galletas con harina de linaza

| Insumos | Marca | Industria |
|-------------------|------------|-----------|
| Azúcar | Bermejo | Boliviana |
| Mejorador de masa | Kris | Boliviana |
| Sal | Nevadita | Boliviana |
| Mantequilla | Pil Tarija | Boliviana |

Fuente: Elaboración propia

3.7 Diagrama del proceso de elaboración

El diagrama en la figura 3.6, representa el proceso de la elaboración de las galletas con harina de linaza.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.6. Diagrama del proceso de elaboración de galletas con harina de linaza.

3.8 Descripción del diagrama del proceso de elaboración de galletas con harina de linaza

Las operaciones implicadas en la elaboración de galletas con harina de linaza, se detallan a continuación.

3.8.1 Pre - mezclado

El pre mezclado de las harinas, se realizó en forma manual en un recipiente para obtener una distribución homogénea en la mezcla de harina de trigo el 45%, harina de linaza el 20% y mejorador de masa 0,715% (porcentajes a base de la muestra prototipo). Este procedimiento, se realizó durante un minuto aproximadamente, dependiendo de la cantidad de harina a ser utilizada.

3.8.2 Mezclado

El proceso de mezclado en la elaboración de galleta con harina de linaza, se mezclan en un recipiente 10,4 % de mantequilla y 5,3% azúcar. Ambos fueron mezclados manualmente y después, se agregó 15% leche líquida natural; seguidamente se incorpora 0,70% sal y 0,46% de bicarbonato de sodio, poco a poco se incorporaron las harinas mezcladas (harina de linaza, harina de trigo y mejorador de masa).

3.8.3 Amasado

La operación de amasado, se realizó manualmente para que todos los componentes (harinas, leche, mantequilla, bicarbonato de sodio, sal y azúcar) se mezclen bien y formen un solo cuerpo.

3.8.4 Pre laminado

El proceso de pre laminado de la masa, se realizó manualmente con ayuda de un uslero de madera en forma de un cilindro, que permitió estirar la masa unos 0,8 mm aproximadamente; con la finalidad de facilitar el proceso de laminado.

3.8.5 Laminado

En el proceso de laminado, se hace pasar la masa pre laminada por una maquina laminadora a rodillos para obtener un laminado uniforme de espesor aproximadamente de 0,5 mm. La cual se definió de acuerdo a pruebas preliminares Este proceso dura aproximadamente 4 minutos.

3.8.6 Troquelado

El troquelado o moldeado de la masa galletera, se realizó con moldes de acero inoxidable en forma redonda de 3 cm. En el momento que se realizó el moldeado, la masa sobrante del proceso de moldeado, debe ser nuevamente amasado para protegerla contra el secamiento, evitando que se forme piel en la superficie de la masa. Luego las galletas troqueladas fueron colocadas en latas de acero inoxidable para ser horneadas.

3.8.7 Horneado

En el proceso de cocción, se realizó en un horno semi industrial a temperatura controladas entre (180 a 200) °C; donde colocaron las latas con las galletas al horno y donde se controló el tiempo entre (18 a 20) minutos aproximadamente que dura el proceso de cocción y luego del tiempo de cocción dejarlas enfriar.

3.8.8 Enfriado

Una vez finalizada la cocción de las galletas, se deja enfriar a temperatura ambiente (25°C) en una bandeja de acero inoxidable para que no se produzca vapor por el efecto de exudado en el embolsado de las galletas, el cual provocaría un ablandamiento de la galleta envasada.

3.8.9 Envasado

El envasado del producto, se realizó en bolsas de polipropileno, debido a su elevada impermeabilidad al vapor de agua, resistencia a temperatura y por sus características de transparencia brillante y para el sellado se utilizó una selladora eléctrica manual.

3.9 Metodología para la obtención de resultados

Los análisis fisicoquímicos y microbiológicos, se realizaron en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID) Perteneiente a la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Los análisis fisicoquímicos y microbiológicos se hizo a la materia prima como así también del producto final, donde se analizaron una serie de parámetros y los cuales se detallan a continuación:

3.9.1 Análisis fisicoquímico de la harina de linaza

Los análisis fisicoquímicos de la materia prima, harina de linaza, se realizaron en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID). En la tabla 3.4, se muestran los parámetros realizados.

Tabla 3.4

Análisis fisicoquímico de la harina de linaza

| Componentes | Unidades | Método |
|---------------------|-----------------|-----------------|
| Humedad | (%) | NB 313010 |
| Proteína total | (%) | NB/ISO 8968 - 1 |
| Materia grasa | (%) | NB 313019 |
| Hidratos de carbono | (%) | Cálculo |
| Cenizas | (%) | NB 39034 |
| Fibra | (%) | Gravimétrico |
| Valor energético | Kcal/ 100g | Cálculo |

Fuente: CEANID, 2017

3.9.2 Análisis microbiológico de la harina de linaza

El análisis microbiológico de la materia prima harina de linaza, se realizaron en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID). En la tabla 3.5, se muestran los análisis realizados.

Tabla 3.5

Análisis microbiológicos de la harina de linaza

| Micro organismo | Unidades | Métodos | Normas |
|--------------------|----------|--------------------|----------|
| Coliformes totales | UFC/g | Recuento en placas | NB 32005 |
| Coliformes fecales | UFC/g | Recuento en placas | NB 32005 |

Fuente: CEANID, 2017

3.10 Diseño experimental

El diseño experimental es una técnica estadística que permite identificar y cuantificar las causas de un efecto dentro de un estudio experimental. En un diseño experimental se manipulan deliberadamente una o más variables, vinculadas a las causas, para medir el efecto que tienen en otra variable de interés. El diseño experimental prescribe una serie de pautas relativas qué variables hay que manipular, de qué manera, cuántas veces hay que repetir el experimento y en qué orden para poder establecer con un grado de confianza predefinido la necesidad de una presunta relación de causa-efecto (Montgomery, 2004).

3.10.1 diseño factorial

Actualmente los diseños factoriales tienen una amplia utilización en las etapas iniciales del trabajo experimental, cuando posiblemente se tenga que investigar una serie de factores, para lo cual este diseño proporciona el menor número de corridas, con el estudio de k factores en un diseño, puesto que se tiene dos niveles para cada factor y puede suponerse que la respuesta es aproximadamente lineal con los rangos elegidos para los niveles de los factores (Montgomery, 2004).

$$2^k$$

Dónde:

k = Número de variables

2 = Número de niveles

3.10.2 Diseño factorial en la etapa de mezclado en la elaboración de galletas con harina de linaza

Para el diseño experimental, se tomó en cuenta principalmente la etapa de mezclado de los insumos. en el cual se tomó tres factores (harina de linaza, harina de trigo, y leche líquida natural)

Diseño factorial en la etapa de mezclado 2^3 como se muestra en la ecuación 3.1:

$$2^k = 2^3 = 8 \text{ tratamientos}$$

Ecuación (3.1)

Donde los niveles de variación de cada factor son los siguientes:

- Harina de linaza (A) = 2 niveles
- Harina de trigo (B) = 2 niveles
- Leche (C) = 2 niveles

En la tabla 3.6, muestran los niveles de variación en el proceso de mezclado de la galleta con harina de linaza.

Tabla 3.6

Niveles de variación de componentes en la etapa de mezclado de la galleta con harina de linaza

| Variables | Unidad | Nivel inferior | Nivel superior |
|--------------------|--------|----------------|----------------|
| Harina de linaza A | % | 20 | 25 |
| Harina de trigo B | % | 30 | 35 |
| Leche líquida C | % | 20 | 25 |

Fuente: Elaboración propia

Las combinaciones realizadas entre las variables y los diferentes niveles analizados en el proceso de mezclado, se detallan en la tabla 3.7

Tabla 3.7*Matriz experimental de las variables en el proceso de mezclado de insumos*

| Pruebas | Tratamientos | Factores | | | Interacción de efectos | | | | Respuesta Y_i |
|---------|--------------|----------|---|---|------------------------|----|----|-----|-----------------|
| | | A | B | C | AB | AC | BC | ABC | |
| 1 | (1) | - | - | - | + | + | + | - | Y_1 |
| 2 | A | + | - | - | - | - | + | + | Y_2 |
| 3 | B | - | + | - | - | + | - | + | Y_3 |
| 4 | Ab | + | + | - | + | - | - | - | Y_4 |
| 5 | C | - | - | + | + | - | - | + | Y_5 |
| 6 | Ac | + | - | + | - | + | - | - | Y_6 |
| 7 | Bc | - | + | + | - | - | + | - | Y_7 |
| 8 | Abc | + | + | + | + | + | + | + | Y_8 |

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

 Y_i = humedad en base húmeda

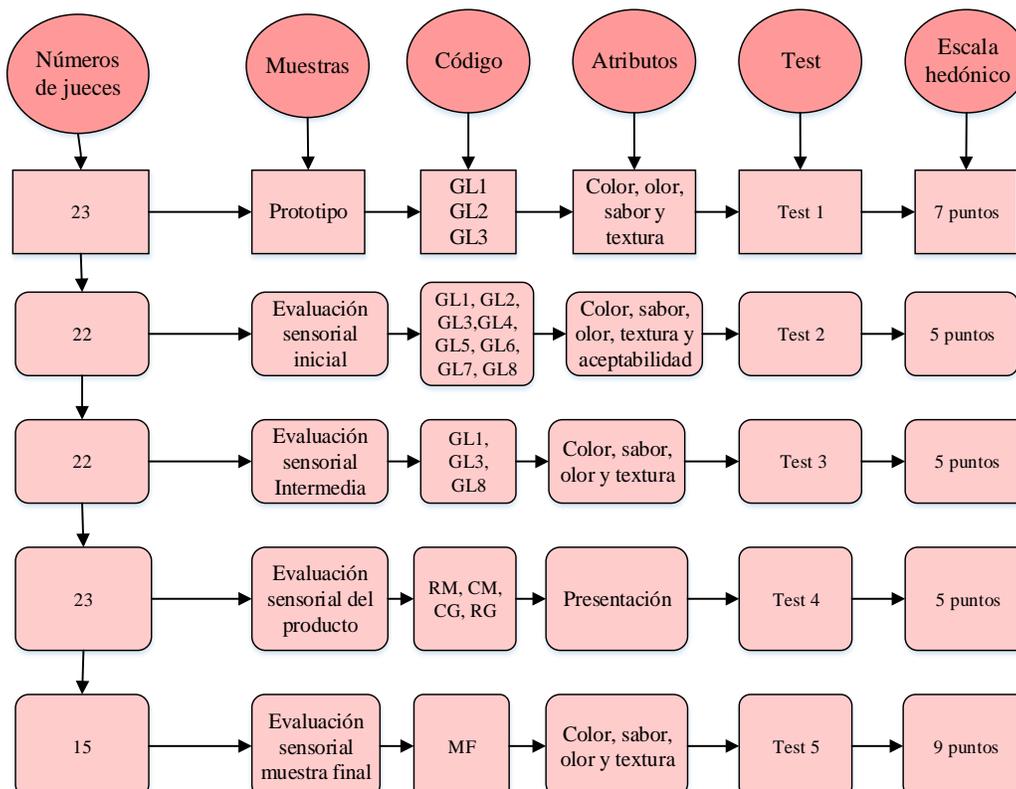
3.11 Evaluación sensorial

Las evaluaciones sensoriales pretenden explicar, la relación compleja entre el individuo y el producto que consume. Se define como el examen de las propiedades organolépticas de un producto por los órganos de los sentidos (Huezo, 2008).

Los métodos afectivos cuantitativos miden las respuestas de los consumidores relacionados a atributos sensoriales. En una prueba hedónica, el catador responderá a las diferentes cualidades organolépticas evaluadas dándoles una puntuación sobre una escala que pueda traducirse a valores numéricos. Con esa prueba podemos conocer la calidad organoléptica de un producto para cada atributo sensorial evaluado (Huezo,2008).

3.11.1 Evaluación sensorial en el proceso de elaboración de galletas con harina de linaza

En la figura 3.7, se detalla las evaluaciones sensoriales, que fueron realizadas para las propiedades organolépticas de las galletas con harina de linaza



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.7. Evaluación sensorial en el proceso de elaboración de galleta con harina de linaza.

3.12 Análisis fisicoquímico del producto terminado

Los análisis fisicoquímicos del producto terminado, se realizó en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID); dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho; en la tabla 3.8 se muestra los métodos para los análisis fisicoquímicos realizados al producto final.

Tabla 3.8

Análisis fisicoquímico del producto final

| Parámetros | Método | Unidades |
|---------------------|--------------|------------|
| Ceniza | NB 39034 | % |
| Fibra | Gravimétrico | % |
| Grasa | BN 313019 | % |
| Hidratos de carbono | Cálculo | % |
| Humedad | NB 313110 | % |
| Proteína total | NB/ ISO 8968 | % |
| Valor energético | Cálculo | Kcal /100g |

Fuente:CEANID, 2017

3.13 Análisis microbiológico del producto terminado

Los análisis microbiológicos del producto terminado, se realizaron en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID); dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. En la tabla 3.9, se muestran los métodos para los análisis realizados al producto final

Tabla 3. 9

Análisis microbiológico del producto terminado

| Micro organismo | Unidades | Método |
|--------------------|----------|----------|
| Coliformes fecales | UFC/ g | NB 32005 |
| Coliformes totales | UFC/ g | NB 32005 |

Fuente: CEANID, 2017

CAPÍTULO IV
ANÁLISIS Y
RESULTADOS

4.1 Caracterización de la materia prima

La caracterización de la materia prima del presente trabajo, se realizó tomando en cuenta los siguientes aspectos.

4.1.1 Análisis fisicoquímico de la harina de linaza

Los análisis fisicoquímicos de la harina de linaza, se realizaron en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID); dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. En la tabla 4.1, se detalla los resultados del análisis de la harina de linaza.

Tabla 4.1

Análisis fisicoquímico de la harina de linaza

| Componentes | Unidad | Resultados |
|---------------------|------------|------------|
| Ceniza | % | 3,11 |
| Fibra | % | 10,28 |
| Grasa | % | 38,90 |
| Hidratos de carbono | % | 26,10 |
| Humedad | % | 4,18 |
| Proteína total | % | 17,43 |
| Valor energético | Kcal /100g | 524,22 |

Fuente: CEANID, 2017

4.1.2 Análisis microbiológico de la harina de linaza

Los análisis microbiológicos, se realizaron en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID); dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. En la tabla 4.2, se detallan los resultados microbiológicos de la harina de linaza.

Tabla 4.2

Análisis microbiológico de la harina de linaza

| Micro organismo | Unidad | Resultado |
|--------------------|--------|-----------------------|
| Coliformes totales | UFC/g | $1,1 \times 10^3$ |
| Coliformes fecales | UFC/g | $< 1,0 \times 10^1$ * |

Fuente: CEANID, 2017

Como se observa en la tabla 4.2, presenta coliforme totales $1,1 \times 10^3$ UFC/g, el cual se encuentra dentro del límite y coliformes fecales $< 1,0 \times 10^1$ el cual indica que no se observa desarrollo de colonias.

4.2 Elaboración de la muestra prototipo de las galletas con harina de linaza

Para elaborar la muestra prototipo de la galleta con harina de linaza, se elaboraron tres muestras (GL1), (GL2) y (GL3). variando porcentaje de harina de linaza, harina de trigo y leche líquida, como se detalla en la tabla 4.3.

Tabla 4.3

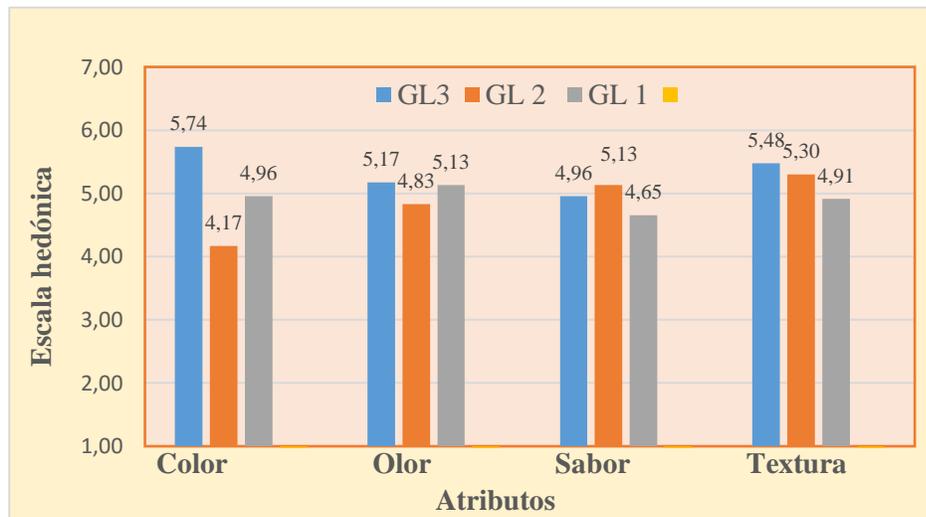
Porcentajes de harina y leche líquida para muestra prototipo

| Muestras | Harina de linaza (%) | Harina de trigo (%) | Leche líquida (%) |
|-----------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------|
| GL1 | 40 | 45 | 15 |
| GL2 | 35 | 50 | 15 |
| GL3 | 25 | 35 | 25 |

Fuente: Elaboración propia

4.2.1 Evaluación sensorial de la muestra prototipo de galleta con harina de linaza

En la figura 4.1, se muestran los resultados promedios de la evaluación sensorial para el atributo color tabla C 2.1 del (Anexo C.2), atributo olor tabla C 3.1 del (Anexo C.3), sabor tabla C 4.1 del (Anexo C.4) y atributo textura tabla C 5.1 del (Anexo C.5).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.1. Evaluación sensorial de la muestra prototipo de la galleta con harina de linaza atributos (color, olor, sabor y textura).

En la figura 4.1, se puede observar que el atributo más aceptados por los jueces es el atributo color de la muestra GL3 con una puntuación de 5,74, seguido por el atributo textura de la muestra GL1 con un puntaje de 5,48, posteriormente el atributo olor de la muestra GL3 con un puntaje de 5,17 y finalmente el atributo sabor de la muestra GL2 con un puntaje de 5,13.

4.2.1.1 Prueba Duncan en la muestra prototipo de galleta con harina de linaza para el atributo color

En la tabla 4.4, se muestran los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan que fueron; extraídos de la tabla C 2.5 del (Anexo C.2).

Tabla 4.4

Muestra de Duncan para el atributo color muestra prototipo

| Tratamientos | Análisis de los valores | | | Efectos |
|--------------|-------------------------|---|------|------------------------------------|
| GL3 - GL1 | 0,78 | > | 0,63 | Si existe diferencia significativa |
| GL3 - GL2 | 1,57 | > | 0,51 | Si existe diferencia significativa |
| GL1 - GL2 | 0,79 | > | 0,63 | Si existe diferencia significativa |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.4, se observa que existe evidencia significativa entre los tratamientos GL3 - GL1, GL3 - GL2 y GL1 - GL2; son significativos. Analizando la muestra con

mayor puntaje para la muestra GL3, como la mejor opción en cuanto se refiere al atributo color.

4.2.1.2 Análisis de varianza para muestra prototipo de galleta con harina de linaza del atributo olor

En la tabla 4.5, se muestran los resultados del análisis de varianza para la evaluación sensorial del atributo olor; extraído de la tabla C 3.2 del Anexo (C 3).

Tabla 4.5

Análisis de varianza para el atributo olor en la muestra prototipo

| Fuente de variación (FV) | Suma de cuadrados (SC) | Grados de libertad (GL) | Cuadrados medios (CM) | Fcal | Ftab |
|--------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------|------|------|
| Total | 128,87 | 68 | - | - | - |
| Tratamientos (A) | 1,00 | 2 | 0,50 | 0,39 | 3,44 |
| Jueces (B) | 71,54 | 22 | 3,25 | 2,54 | 1,79 |
| Error (E) | 56,33 | 44 | 1,28 | - | - |

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 4.5 para los tratamientos $F_{cal} < F_{tab}$ ($0,39 < 3,44$); para las muestras; por lo tanto, se acepta la H_p (hipótesis planteada) y se puede decir que no hay diferencia significativa entre las muestras GL1, GL2 y GL3 para un nivel de significancia del 95%; por lo cual cualquiera de las muestras puede ser elegida como muestra prototipo.

4.2.1.3 Análisis de varianza para la muestra prototipo de galleta con harina de linaza para el atributo sabor

En la tabla 4.6, se muestran los resultados del análisis de varianza para la evaluación sensorial del atributo sabor; extraído de la tabla C 4.2 del (Anexo C 4).

Tabla 4.6***Análisis de varianza para el atributo sabor en la muestra prototipo***

| Fuente de variación (FV) | Suma de cuadrados (SC) | Grados de libertad (GL) | Cuadrados medios (CM) | Fcal | Ftab |
|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------|-------------|-------------|
| Total | 155,48 | 68 | - | - | - |
| Tratamientos (A) | 2,69 | 2 | 1,34 | 0,89 | 3,44 |
| Jueces (B) | 86,81 | 22 | 3,94 | 2,63 | 1,79 |
| Error (E) | 65,97 | 44 | 1,50 | - | - |

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 4.6 en los tratamientos $F_{cal} < T_{tab}$ ($0,89 < 3,44$) para las muestras; por lo tanto, se acepta la H_p (hipótesis planteada) y se puede decir que no hay diferencia significativa entre las muestras GL1, GL2 y GL3, para un nivel de significancia del 95%; por lo cual cualquiera de las muestras puede ser elegida como muestras prototipo.

4.2.1.4 Análisis de varianza para muestra prototipo de galleta con harina de linaza del atributo textura

En la tabla 4.7, se muestran los resultados del análisis de varianza para la evaluación sensorial del atributo textura; extraído de la tabla C 5.2 del (Anexo C .5).

Tabla 4.7***Análisis de varianza para el atributo textura en la muestra prototipo***

| Fuente de varianza (FV) | Suma de cuadrados (SC) | Grados de libertad (GL) | Cuadrados medios (CM) | Fcal | Ftab |
|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------|-------------|-------------|
| Total | 156,29 | 68 | - | - | - |
| Tratamientos (A) | 3,85 | 2 | 1,92 | 1,49 | 3,44 |
| Jueces (B) | 95,62 | 22 | 4,35 | 3,37 | 1,79 |
| Error (E) | 56,81 | 44 | 1,29 | - | - |

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.7 en los tratamientos $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,49 < 3,44$), para las muestras, por lo tanto, se acepta la H_p (hipótesis planteada) y se puede decir que no hay diferencia significativa entre las muestras GL1, GL2 y GL3, para un nivel de significancia del 95%; por lo cual cualquiera de las muestras puede ser elegida como muestra prototipo.

En relación a la muestra prototipo de la galleta con harina de linaza, se pudo analizar que la muestra GL3 con 20% de harina linaza, 35% harina de trigo y 20 % leche líquida es la muestra más aceptada por los jueces en los atributos color, olor y textura a diferencia de las otras muestras.

4.3 Elaboración de la muestra inicial de galleta con harina de linaza

Para elaborar la muestra inicial de galleta con harina de linaza, se tomó en cuenta la muestra prototipo GL3 con los porcentajes de harina de linaza, harina de trigo y leche líquida por la cual se elaboraron ocho muestras cómo se detalla en la tabla 4.8; en la cual se hizo variar los porcentajes de harina linaza (20 y 25) %, harina de trigo (30 y 35) % y leche líquida (20 y 25) %.

Tabla 4.8

Elaboración de la muestra inicial de la galleta con harina de linaza

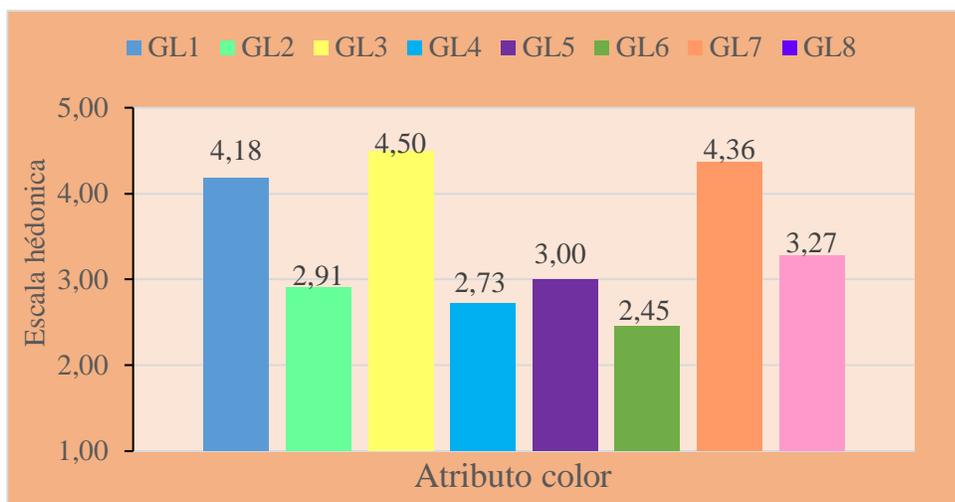
| Muestras | Harina de linaza (%) | Harina de trigo (%) | Leche líquida (%) |
|----------|----------------------|---------------------|-------------------|
| GL1 | 20 | 30 | 20 |
| GL2 | 25 | 30 | 20 |
| GL3 | 20 | 35 | 20 |
| GL4 | 25 | 35 | 20 |
| GL5 | 20 | 30 | 25 |
| GL6 | 25 | 30 | 25 |
| GL7 | 20 | 35 | 25 |
| GL8 | 25 | 35 | 25 |

Fuente: Elaboración propia

En la evaluación sensorial inicial de galleta con harina de linaza, de ocho muestras se evaluaron los atributos olor, color, sabor, textura y aceptabilidad del producto, haciendo uso de un test de escala hedónica de 5 puntos con 22 jueces no entrenados que calificaron de acuerdo a su agrado o desagrado por el producto.

4.3.1 Evaluación sensorial inicial de galleta con harina de linaza atributo color

En la figura 4.2, se muestran los resultados promedio de la evaluación sensorial para el atributo color extraídos de la tabla C 6.1 del (Anexo C 6).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.2. Evaluación sensorial de la muestra inicial de la galleta con harina de linaza atributo color.

En la figura 4.2, se puede observar que la muestras más aceptada por los jueces es la muestra GL3 con un puntaje de 4,50 seguido de la muestra GL7 con 4,36 y la muestra GL1 con una puntuación de 4,18 en comparación con las demás muestras evaluadas.

4.3.1.1 Análisis de varianza para muestra inicial de la galleta con harina de linaza del atributo color

En la tabla 4.9, se muestran los resultados del análisis de varianza para la evaluación sensorial del atributo color; extraídos de la tabla C 6.2 del (Anexo C .6).

Tabla 4.9

Análisis de varianza para el atributo color en la muestra inicial

| Fuente de varianza (FV) | Suma de cuadrados (SC) | Grados libertad (GL) | Cuadrados medios (CM) | Fcal | Ftab |
|-------------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|-------|------|
| Total | 453,45 | 175 | - | - | - |
| Tratamientos | 93,77 | 7 | 13,40 | 18,87 | 2,08 |
| Jueces | 255,57 | 21 | 12,17 | 17,14 | 1,64 |
| Error | 104,11 | 147 | 0,71 | - | - |

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 4.9 en los tratamientos $F_{cal} > F_{ta}$ ($18,87 > 2,08$) para las muestras; por lo tanto, se rechaza la H_0 y se puede decir que hay diferencia significativa entre las muestras analizadas para un nivel de significancia del 95%; por tanto, esta condición nos indica la evidencia de recurrir a la prueba de Duncan.

4.3.1.2 Prueba Duncan en la muestra sensorial inicial de galleta con harina de linaza para el atributo color

En la tabla 4.10, se muestran los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan extraído de la tabla C 6.5 del (anexo C 6).

Tabla 4.10

Análisis de los tratamientos para atributo color

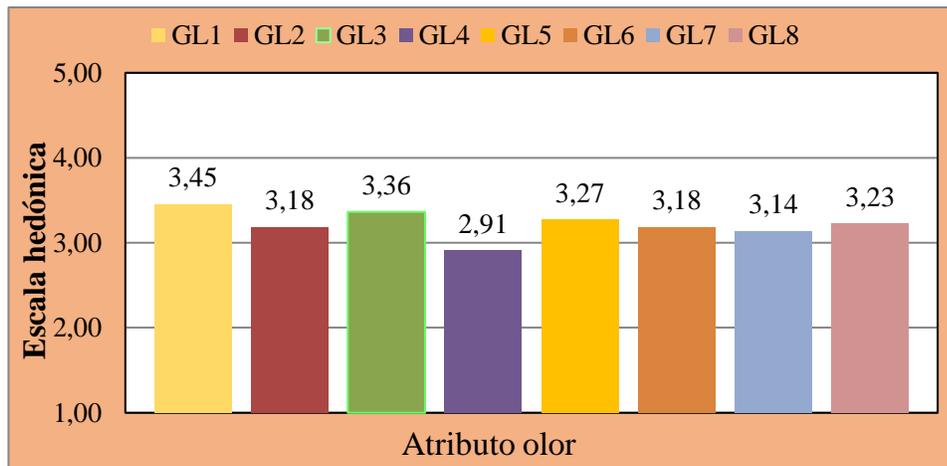
| Muestras | Análisis de los valores | | | Efectos |
|-----------|-------------------------|---|------|--------------------------------------|
| GL1 - GL7 | 0,41 | < | 0,50 | No existe diferencia significativa |
| GL1-GL3 | 0,46 | < | 0,53 | No existe diferencia significativa |
| GL1-GL8 | 0,87 | > | 0,55 | Si existe diferencia significativa * |
| GL1-GL5 | 1,14 | > | 0,56 | Si existe diferencia significativa * |
| GL1-GL2 | 1,23 | > | 0,57 | Si existe diferencia significativa * |
| GL1-GL4 | 1,32 | > | 0,58 | Si existe diferencia significativa * |
| GL1-GL6 | 1,73 | > | 0,59 | Si existe diferencia significativa * |
| GL7-GL3 | 0,05 | < | 0,50 | No existe diferencia significativa |
| GL7-GL8 | 0,46 | < | 0,53 | No existe diferencia significativa |
| GL7-GL5 | 0,73 | > | 0,55 | Si existe diferencia significativa * |
| GL7-GL2 | 0,82 | > | 0,56 | Si existe diferencia significativa * |
| GL7-GL4 | 0,91 | > | 0,57 | Si existe diferencia significativa * |
| GL7-GL6 | 1,32 | > | 0,58 | Si existe diferencia significativa * |
| GL3-GL8 | 0,41 | < | 0,59 | No existe diferencia significativa |
| GL3-GL5 | 0,68 | > | 0,50 | Si existe diferencia significativa * |
| GL3-GL2 | 0,77 | > | 0,53 | Si existe diferencia significativa * |
| GL3-GL4 | 0,86 | > | 0,55 | Si existe diferencia significativa * |
| GL3-GL6 | 1,27 | > | 0,56 | Si existe diferencia significativa * |
| GL8-GL5 | 0,27 | < | 0,57 | No existe diferencia significativa |
| GL8-GL2 | 0,36 | < | 0,58 | No existe diferencia significativa |
| GL8-GL4 | 0,45 | < | 0,59 | No existe diferencia significativa |
| GL8-GL6 | 0,86 | > | 0,50 | Si existe diferencia significativa * |
| GL5-GL2 | 0,09 | < | 0,53 | No existe diferencia significativa |
| GL5-GL4 | 0,18 | < | 0,55 | No existe diferencia significativa |
| GL5-GL6 | 0,59 | > | 0,56 | Si existe diferencia significativa * |
| GL2-GL4 | 0,09 | < | 0,57 | No existe diferencia significativa |
| GL2-GL6 | 0,50 | < | 0,58 | No existe diferencia significativa |
| GL4-GL6 | 0,41 | < | 0,59 | No existe diferencia significativa |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.10, se observa que existe evidencia significativa entre los tratamientos (GL1 - GL8, GL1- GL5 , GL1 - GL2 , GL1-GL4, GL1- GL6; GL7- GL5, GL7- GL2 , GL7- GL4, GL7- GL6 ; GL3- GL5 , GL3- GL 2, GL3 - GL4, GL3 - GL 6; GL8- GL6; GL5 -GL6) son significativos en comparación con las muestras GL1 - GL7; GL1- GL3 , GL7 - GL3; GL7 - GL8; GL8-GL5; GL8 - GL2 ; GL8 -GL4; GL5 -GL2 ; GL5- GL4; GL2- GL4; GL2 - GL6 y GL4 - GL6) que no son significativos para un límite de confianza del 95% , analizando la muestra con mayor puntaje en la escala hedónica de 5 puntos, se tomó la muestra GL3; como la mejor muestra para el atributo color.

4.3.2 Evaluación sensorial inicial de galleta con harina de linaza para el atributo olor

En la figura 4.3, se muestran los resultados promedio de la evaluación sensorial para el atributo olor extraídos de la tabla C 7.1 del (Anexo C 7).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.3. Evaluación sensorial inicial de la galleta con harina de linaza para el atributo olor

En la figura 4.3, se puede observar que la muestra más aceptada por los jueces es la muestra GL1 con 3,45; seguida de la muestra GL3 con 3,36 y la muestra GL5 con una puntuación 3,27 en comparación con las demás muestras evaluadas.

4.3.2.1 Análisis de varianza inicial de galleta con harina de linaza para el atributo olor

En la tabla 4.11, se muestran los resultados del análisis de varianza para la evaluación sensorial del atributo olor extraídos de la tabla C 7.2 del (Anexo C 7).

Tabla 4.11

Análisis de varianza para el atributo olor de la muestra inicial

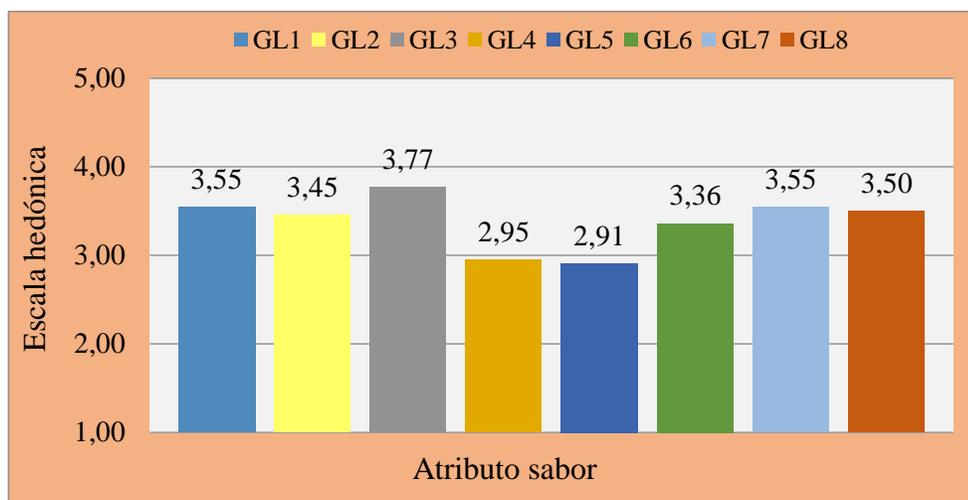
| Fuente de varianza (FV) | Suma de cuadrados (SC) | Grados libertad (GL) | Cuadrados medios (CM) | Fcal | Ftab |
|-------------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|------|------|
| Total | 129,79 | 175 | - | - | - |
| Tratamientos (A) | 4,07 | 7 | 0,58 | 1,09 | 2,08 |
| Jueces (B) | 47,29 | 21 | 2,25 | 4,22 | 1,64 |
| Error (E) | 78,43 | 147 | 0,53 | - | - |

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.11, en los tratamientos $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,09 < 2,08$), para las muestras; por lo tanto, se acepta la H_p (hipótesis planteada) y se puede decir que no hay diferencia significativa entre las muestras analizadas, para un nivel de significancia del 95%; por lo tanto, cualquiera de las muestras puede ser elegida como muestra inicial.

4.3.3 Evaluación sensorial inicial de galleta con harina de linaza para el atributo sabor

En la figura 4.4, se muestran los resultados promedio de la evaluación sensorial para el atributo sabor extraídos de la tabla C 8.1 del (Anexo C 8).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.4. Evaluación sensorial de la muestra inicial de la galleta con harina de linaza para el atributo sabor

En la figura 4.4, se puede observar que la muestra con mejor puntuación es la muestra GL3 con 3,77; seguida por la muestra GL1 y GL7 ambas con una puntuación de 3,55; en comparación con las demás muestras evaluadas.

4.3.3.1 Análisis de varianza para la muestra inicial de galleta con harina de linaza para el atributo sabor

En la tabla 4.12, se muestran los resultados del análisis de varianza para el atributo sabor extraídos de la tabla C 8.2 del (Anexo C .8).

Tabla 4.12

Análisis de varianza de la evaluación sensorial inicial del atributo sabor

| Fuente de varianza (FV) | Suma de cuadrados (SC) | Grados libertad (GL) | Cuadrados medios (CM) | Fcal | Ftab |
|-------------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|------|------|
| Total | 143,49 | 175 | - | - | - |
| Tratamientos (A) | 13,90 | 7 | 1,99 | 2,86 | 2,08 |
| Jueces (B) | 27,62 | 21 | 1,32 | 1,90 | 1,64 |
| Error (E) | 101,97 | 147 | 0,69 | - | - |

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.12, en los tratamientos $F_{cal} > F_{tab}$ ($2,86 > 2,08$) para las muestras; por lo tanto, se rechaza la H_0 y se puede decir que hay diferencia significativa entre las muestras analizadas para un nivel de significancia

del 95 %; por tanto esta condición nos indica la evidencia de recurrir a la prueba de Duncan.

4.3.3.2 Prueba Duncan en la evaluación sensorial inicial para el atributo sabor

En la tabla 4.13 se muestra los resultados de los análisis estadísticos de la prueba de Duncan extraídos de la tabla C 8.5 del (anexo C 8).

Tabla 4.13

Análisis de los tratamientos para el atributo sabor

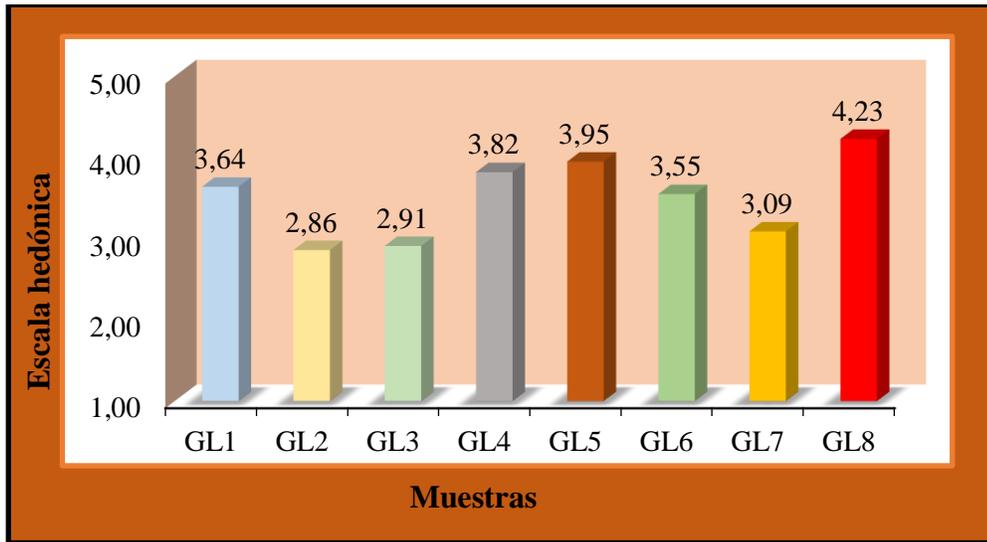
| Muestras | Análisis de los valores | | | Efectos |
|-----------|-------------------------|---|------|--------------------------------------|
| GL3 - GL1 | 0,22 | < | 0,50 | No existe diferencia significativa |
| GL3-GL7 | 0,22 | < | 0,53 | No existe diferencia significativa |
| GL3-GL8 | 0,27 | < | 0,55 | No existe diferencia significativa |
| GL3-GL2 | 0,32 | < | 0,56 | No existe diferencia significativa |
| GL3-GL6 | 0,41 | < | 0,57 | No existe diferencia significativa |
| GL3-GL4 | 0,82 | > | 0,58 | Si existe diferencia significativa * |
| GL3-GL5 | 0,86 | > | 0,59 | Si existe diferencia significativa * |
| GL1-GL7 | 0,00 | < | 0,50 | No existe diferencia significativa |
| GL1 -GL8 | 0,05 | < | 0,53 | No existe diferencia significativa |
| GL1-GL2 | 0,10 | < | 0,55 | No existe diferencia significativa |
| GL1-GL6 | 0,19 | < | 0,56 | No existe diferencia significativa |
| GL1-GL4 | 0,60 | > | 0,57 | Si existe diferencia significativa * |
| GL1-GL5 | 0,64 | > | 0,58 | Si existe diferencia significativa * |
| GL7-GL8 | 0,05 | < | 0,59 | No existe diferencia significativa |
| GL7-GL2 | 0,10 | < | 0,50 | No existe diferencia significativa |
| GL7-GL6 | 0,19 | < | 0,53 | No existe diferencia significativa |
| GL7-GL4 | 0,60 | > | 0,55 | Si existe diferencia significativa * |
| GL7-GL5 | 0,64 | > | 0,56 | Si existe diferencia significativa * |
| GL8-GL2 | 0,05 | < | 0,57 | No existe diferencia significativa |
| GL8-GL6 | 0,14 | < | 0,58 | No existe diferencia significativa |
| GL8-GL4 | 0,55 | < | 0,59 | No existe diferencia significativa |
| GL8-GL5 | 0,59 | > | 0,50 | Si existe diferencia significativa * |
| GL2-GL6 | 0,09 | < | 0,53 | No existe diferencia significativa |
| GL2-GL4 | 0,50 | < | 0,55 | No existe diferencia significativa |
| GL2-GL5 | 0,54 | < | 0,56 | No existe diferencia significativa |
| GL6-GL4 | 6,31 | > | 0,57 | Si existe diferencia significativa * |
| GL6-GL5 | 0,45 | < | 0,58 | No existe diferencia significativa |
| GL4-GL5 | 0,04 | < | 0,59 | No existe diferencia significativa |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.13, se puede observar que existe diferencia significativa entre las muestras (GL3 - GL4 , GL3- GL5, GL1- GL4, GL1 - GL5, GL7- GL4, GL7- GL5, GL8- GL5, GL6 - GL4) que son significativas en comparación con las muestras (GL3- GL1 , GL3 - GL7, GL3- GL8, GL3- GL2, GL3- GL6 , GL1- GL7, GL1- GL8, GL1 - GL2, GL1- GL6, GL7- GL8, GL7- GL2, GL7- GL6, GL8- GL2, GL8- GL6, GL8- GL4, GL2- GL6, GL2 - GL4, GL2- GL5, GL6 - GL5, GL4 - GL5) que no son significativas para un límite de confianza del 95% pero analizando la muestra con mayor puntaje en la escala hedónica, se tomó la muestra GL3 como la mejor muestra en cuanto al atributo sabor.

4.3.4 Evaluación sensorial inicial de la galleta con harina de linaza para el atributo textura

En la figura 4.5, se muestran los resultados promedio de la evaluación sensorial para el atributo textura extraídos de la tabla C 10.1 del (Anexo C 10)



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.5. Evaluación sensorial de la muestra inicial de la galleta con harina de linaza atributo textura

En la figura 4.5, se puede observar que la muestra más aceptado por los jueces es la muestra GL8 con una puntuación de 4,23; seguida por la muestra GL5 con 3,95 y la muestra GL4 con puntuación de 3,82 en comparación con las demás muestras evaluadas.

4.3.4.1 Análisis de varianza para la muestra inicial de galleta con harina de linaza para el atributo textura

En la tabla 4.14, se muestran los resultados del análisis de varianza para la evaluación sensorial del atributo textura extraídos de la tabla C 10.1 del (Anexo C .10).

Tabla 4.14

Análisis de varianza de la evaluación sensorial inicial del atributo textura

| Fuente de varianza (FV) | Suma de cuadrados (SC) | Grados de libertad (GL) | Cuadrados medios (CM) | Fcal | Ftab |
|-------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------|------|------|
| Total | 179,98 | 175 | - | - | - |
| Tratamientos (A) | 39,13 | 7 | 5,59 | 2,08 | 2,08 |
| Jueces (B) | 29,62 | 21 | 1,41 | 1,64 | 1,64 |
| Error (E) | 111,23 | 147 | 0,76 | - | - |

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.14, en los tratamientos $F_{cal} \geq F_{tab}$ ($2,08 \geq 2,08$) para las muestras; por lo tanto, se rechaza la H_0 (hipótesis) y se puede decir que hay diferencia significativa entre las muestras analizadas para un nivel de significancia del 95%; esto nos indica recurrir a la prueba de Duncan.

4.3.4.2 Prueba Duncan en la evaluación sensorial inicial para el atributo textura

En la tabla 4.15, se muestra los resultados de los análisis estadísticos de la prueba de Duncan extraídos del Anexo C.10 de la (tabla C.10.5).

Tabla 4.15

Tabla de comparación entre medias para el atributo textura

| Muestras | Análisis de los valores | | | Efectos |
|-----------|-------------------------|---|------|--------------------------------------|
| GL8- GL5 | 0,28 | < | 0,45 | No existe diferencia significativa |
| GL8- GL4 | 0,41 | < | 0,49 | No existe diferencia significativa |
| GL8-GL1 | 0,59 | > | 0,52 | Si existe diferencia significativa * |
| GL8- GL6 | 0,68 | > | 0,53 | Si existe diferencia significativa * |
| GL8- GL7 | 1,14 | > | 0,54 | Si existe diferencia significativa * |
| GL8- GL3 | 1,32 | > | 0,54 | Si existe diferencia significativa * |
| GL8- GL2 | 1,37 | > | 0,55 | Si existe diferencia significativa * |
| GL5- GL4 | 0,13 | < | 0,45 | No existe diferencia significativa |
| GL5- GL1 | 0,31 | < | 0,49 | No existe diferencia significativa |
| GL5- GL6 | 0,40 | < | 0,52 | No existe diferencia significativa |
| GL5- GL7 | 0,86 | > | 0,53 | Si existe diferencia significativa * |
| GL5- GL3 | 1,04 | > | 0,54 | Si existe diferencia significativa * |
| GL5 - GL2 | 1,09 | > | 0,55 | Si existe diferencia significativa * |
| GL4- GL1 | 0,18 | < | 0,45 | No existe diferencia significativa |
| GL4- GL6 | 0,27 | < | 0,49 | No existe diferencia significativa |
| GL4- GL7 | 0,73 | > | 0,52 | Si existe diferencia significativa * |
| GL4- GL3 | 0,91 | > | 0,53 | Si existe diferencia significativa * |
| GL4- GL2 | 0,96 | > | 0,54 | Si existe diferencia significativa * |
| GL1- GL6 | 0,09 | < | 0,54 | No existe diferencia significativa |
| GL1- GL7 | 0,55 | < | 0,55 | No existe diferencia significativa |
| GL1- GL3 | 0,73 | > | 0,45 | Si existe diferencia significativa * |
| GL1- GL2 | 0,78 | > | 0,49 | Si existe diferencia significativa * |
| GL6- GL7 | 0,46 | < | 0,52 | No existe diferencia significativa |
| GL6- GL3 | 0,64 | > | 0,53 | Si existe diferencia significativa * |
| GL6- GL2 | 0,69 | > | 0,54 | Si existe diferencia significativa * |
| GL7- GL3 | 0,18 | < | 0,55 | No existe diferencia significativa |
| GL7- GL2 | 0,23 | < | 0,45 | No existe diferencia significativa |
| GL3- GL2 | 0,05 | < | 0,49 | No existe diferencia significativa |

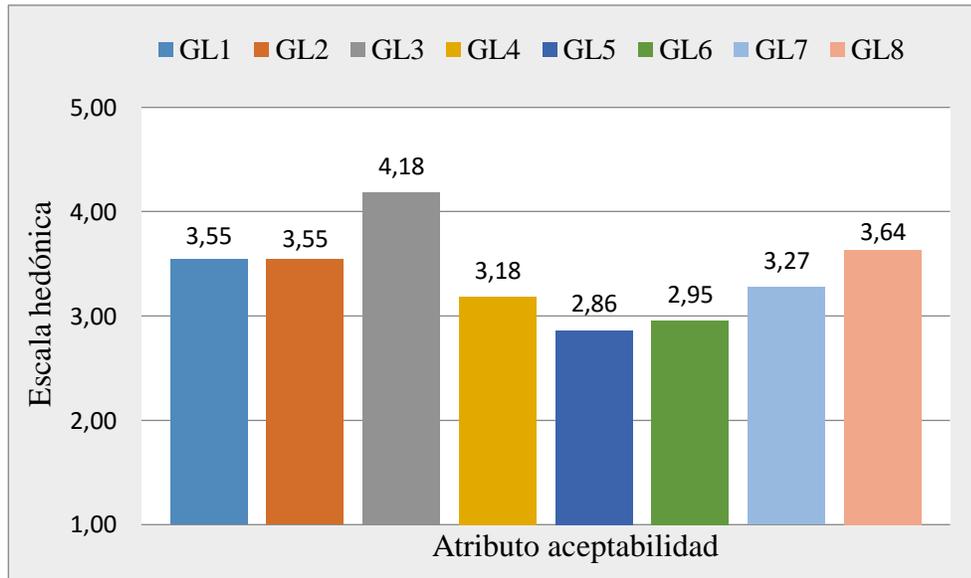
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.15, se observa que existe evidencia significativa entre las muestras (GL8 – GL1, GL8- GL6, GL8- GL7, GL8 – GL3, GL8- GL2, GL5- GL7, GL5- GL3, GL5- GL2, GL4- GL7, GL4- GL3, GL4-GL2, GL1- GL3, GL1- GL2, GL6- GL3,

GL6- GL2) que son significativas en comparación con las muestras (GL8- GL5 , GL8 – GL4, GL5- GL4, GL5- GL1, GL5- GL6 , GL4- GL1, GL4- GL6, GL1 – GL6, GL1- GL7, GL6- GL7, GL7- GL3, GL7-GL2, GL3– GL2) no son significativas para un límite de confianza del 95% pero analizando la muestra con mayor puntaje en la escala hedónica, se tomó la muestra GL3 como la mejor opción en cuanto al atributo textura.

4.3.5 Evaluación sensorial de la muestra inicial de galleta con harina de linaza para el atributo aceptabilidad

En la figura 4.6, se muestran los resultados de la evaluación sensorial para el atributo aceptabilidad extraídos de la tabla C 9.1 del (Anexo C.9).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.6. Evaluación sensorial de la muestra inicial de la galleta con harina de linaza para el atributo aceptabilidad

En la figura 4.6, se puede observar que la muestra más aceptada por los jueces es la muestra GL3 con puntuación de 4,18; seguida por la muestra GL8 con 3,64 y la muestra GL1 y GL2 con 3,55 en comparación con las demás muestras evaluadas.

4.3.5.1 Análisis de varianza para la muestra inicial de galleta con harina de linaza para el atributo aceptabilidad

En la tabla 4.16, se muestran los resultados del análisis de varianza para la evaluación sensorial del atributo aceptabilidad extraídos de la tabla C 9.2 del (Anexo C .9).

Tabla 4.16

Análisis de varianza para el atributo aceptabilidad en la muestra inicial

| Fuente de varianza (FV) | Suma de cuadrados (SC) | Grados libertad (GL) | Cuadrados medios (CM) | Fcal | Ftab |
|-------------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|------|------|
| Total | 168,16 | 175 | - | - | - |
| Tratamiento (A) | 27,70 | 7 | 3,96 | 5,99 | 2,08 |
| Jueces (B) | 43,41 | 21 | 2,07 | 3,13 | 1,64 |
| Error(E) | 97,05 | 147 | 0,66 | - | - |

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.16 en los tratamientos $F_{cal} > F_{tab}$ ($5,9 > 2,08$) para las muestras; por lo tanto, se rechaza la H_p (hipótesis planteada) y se puede decir que hay diferencia significativa entre las muestras analizadas para un nivel de significancia del 95%; por lo tanto, esta condición nos indica la evidencia de recurrir a la prueba de Duncan.

4.3.5.2 Prueba Duncan en la evaluación sensorial inicial para el atributo aceptabilidad

En la tabla 4.17 se muestra los resultados de los análisis estadísticos de la prueba de Duncan extraídos del Anexo C.9 de la tabla (C.9.5).

Tabla 4.17

Análisis de los tratamientos para el atributo aceptabilidad

| Muestras | Análisis de los valores | | | Efectos |
|-----------|-------------------------|---|------|--------------------------------------|
| GL3 - GL8 | 0,54 | > | 0,45 | Si existe diferencia significativa * |
| GL3- GL1 | 0,63 | > | 0,49 | Si existe diferencia significativa * |
| GL3- GL2 | 0,63 | > | 0,52 | Si existe diferencia significativa * |
| GL3- GL7 | 0,91 | > | 0,53 | Si existe diferencia significativa * |
| GL3- GL4 | 1,00 | > | 0,54 | Si existe diferencia significativa * |
| GL3- GL6 | 1,23 | > | 0,54 | Si existe diferencia significativa * |
| GL3- GL5 | 1,32 | > | 0,55 | Si existe diferencia significativa * |
| GL8- GL1 | 0,09 | < | 0,45 | No existe diferencia significativa |
| GL8- GL2 | 0,09 | < | 0,49 | No existe diferencia significativa |
| GL8- GL7 | 0,37 | > | 0,52 | Si existe diferencia significativa * |
| GL8- GL4 | 0,46 | < | 0,53 | No existe diferencia significativa |
| GL8- GL6 | 0,69 | > | 0,54 | Si existe diferencia significativa * |
| GL8- GL5 | 0,78 | > | 0,55 | Si existe diferencia significativa * |
| GL1- GL2 | 0,00 | < | 0,45 | No existe diferencia significativa |
| GL1- GL7 | 0,28 | < | 0,49 | No existe diferencia significativa |
| GL1- GL4 | 0,37 | < | 0,52 | No existe diferencia significativa |
| GL1- GL6 | 0,60 | > | 0,53 | Si existe diferencia significativa * |
| GL1- GL5 | 0,69 | > | 0,54 | Si existe diferencia significativa * |
| GL2- GL7 | 0,28 | < | 0,54 | No existe diferencia significativa |
| GL2- GL4 | 0,37 | < | 0,55 | Si existe diferencia significativa * |
| GL2- GL6 | 0,60 | > | 0,45 | Si existe diferencia significativa * |
| GL2- GL5 | 0,69 | > | 0,49 | Si existe diferencia significativa * |
| GL7- GL4 | 0,09 | < | 0,52 | No existe diferencia significativa |
| GL7- GL6 | 0,32 | < | 0,53 | No existe diferencia significativa |
| GL7- GL5 | 0,41 | < | 0,54 | No existe diferencia significativa |
| GL4- GL6 | 0,23 | < | 0,55 | No existe diferencia significativa |
| GL4- GL5 | 0,32 | < | 0,45 | No existe diferencia significativa |
| GL6- GL5 | 0,09 | < | 0,49 | No existe diferencia significativa |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.17 se observa que existe evidencia significativa entre las muestras (GL3 – GL8, GL3- GL1, GL3- GL2, GL3 – GL7, GL3- GL4, GL3- GL6, GL3- GL5, GL8- GL7, GL8- GL6, GL8- GL5, GL1-GL6, GL1- G5, GL2- GL4, GL2- GL6, GL2- GL5) que son significativas en comparación con las muestras (GL8- GL1 , GL8 – GL1, GL8- GL4, GL1- GL2, GL1- GL7 , GL1- GL4, GL2- GL7, GL7 – GL4, GL7- GL6, GL7- GL5, GL4- GL6, GL4-GL5, GL6 – GL5) que no son significativas

para un límite de confianza del 95% pero analizando la muestra con mayor puntaje en la escala hedónica, se tomó la muestra GL3 como la mejor opción en cuanto al atributo aceptabilidad.

En relación a la muestra inicial de la galleta con harina de linaza, se pudo analizar que ocho muestras son demasiadas o muchas para realizar la evaluación sensorial de las galletas para un juez no entrenado, por lo tanto, se ha elegido las tres mejores muestras de la evaluación que son las muestras GL1, GL3 y GL8 son más aceptadas por los jueces para los atributos: color, olor, sabor, textura y la aceptabilidad del producto.

4.4 Elaboración de la muestra intermedia de galleta con harina de linaza

Para elaborar la muestra intermedia de galleta con harina de linaza, se tomó en cuenta las tres mejores muestras GL1, GL3 y GL8, con los siguientes porcentajes que se detalla en la tabla 4.18

Tabla 4.18

Porcentajes de harina y leche líquida para la muestra intermedia

| Muestras | Harina de Linaza (%) | Harina de trigo (%) | Leche líquida (%) |
|-----------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------|
| GL1 | 20 | 35 | 20 |
| GL3 | 25 | 30 | 20 |
| GL8 | 25 | 35 | 25 |

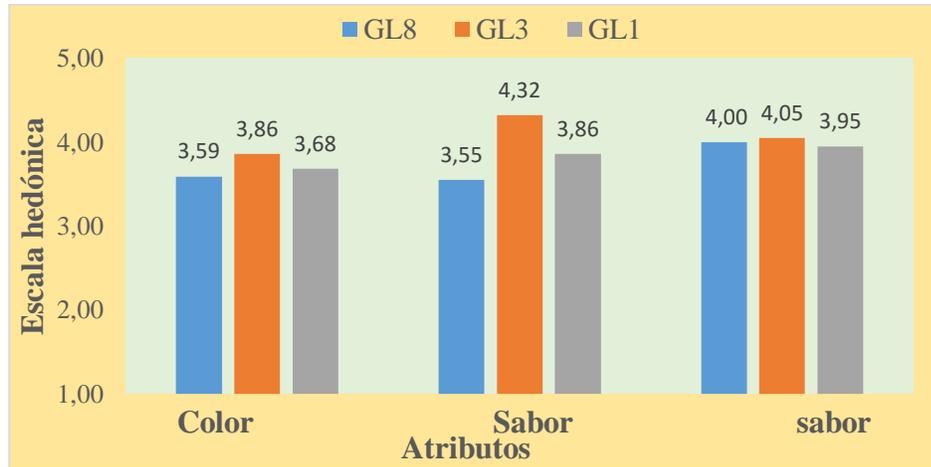
Fuente: Elaboración propia

En la evaluación sensorial intermedia de galleta con harina de linaza, de tres muestras se evaluaron los atributos olor, color, sabor y textura del producto, haciendo uso de un test de escala hedónica de 5 puntos con 23 jueces no entrenados que calificaron de acuerdo a su agrado o desagrado por el producto.

4.4.1 Evaluación sensorial intermedia de la galleta con harina de linaza para los atributos (color, olor y sabor)

En la figura 4.7 se muestran los resultados promedios de la evaluación sensorial para el atributo color extraído de la tabla C 11.1 del (Anexo C 11), atributo sabor extraído

de la tabla C 12.1 del (Anexo C.12) y atributo olor extraído de la tabla C.13.1 del (Anexo C.13).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.7. Evaluación sensorial de la muestra intermedia de la galleta con harina de linaza atributo (color, sabor y olor)

En la figura 4.7, se observa que el atributo más aceptado por los jueces es el atributo sabor de la muestra GL3 con una puntuación de 4.32; seguido por el atributo olor con puntaje de 4.05 y finalmente el atributo color con un puntaje de 3.86 en comparación con las demás muestras evaluadas.

4.4.1.1 Análisis de varianza para muestra intermedia de galleta con harina de linaza atributo color

En la tabla 4.19, se muestran los resultados del análisis de varianza para la evaluación sensorial del atributo color extraídos de la tabla C.11.1 del (Anexo C.11).

Tabla 4.19

Análisis de varianza de la evaluación sensorial intermedia del atributo color

| Fuente de varianza (FV) | Suma de cuadrados (SC) | Grados de libertad (GL) | Cuadrados medios (CM) | Fcal | Ftab |
|-------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------|------|------|
| Total | 55,53 | 65 | - | - | - |
| Tratamientos (A) | 0,85 | 2 | 0,42 | 0,59 | 3,41 |
| Jueces (B) | 24,86 | 21 | 1,18 | 1,66 | 1,80 |
| Error (E) | 29,82 | 42 | 0,71 | - | - |

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.19 en los tratamientos $F_{cal} < F_{tab}$ ($0,59 < 3,41$) para las muestras; por lo tanto, se acepta la H_0 y se puede decir que no hay diferencia significativa entre la muestra para un nivel de significancia del 95%; por lo cual cualquiera de las muestras puede ser elegida como muestra intermedia.

4.4.1.2 Análisis de varianza para muestra intermedia de galleta con harina de linaza atributo sabor

En la tabla 4.20 se muestran los resultados del análisis de varianza para la evaluación sensorial del atributo sabor extraídos de la (tabla C 12.1) del (Anexo C.12).

Tabla 4.20

Análisis de varianza de la evaluación sensorial intermedia del atributo sabor

| Fuente de varianza (FV) | Suma de cuadrados (SC) | Grados de libertad (GL) | Cuadrados medios (CM) | F_{cal} | F_{tab} |
|-------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------|-----------|
| Total | 51,45 | 65 | - | - | - |
| Tratamientos (A) | 6,64 | 2 | 3,32 | 5,27 | 3,41 |
| Jueces (B) | 18,12 | 21 | 0,86 | 1,36 | 1,80 |
| Error (E) | 26,69 | 42 | 0,63 | - | - |

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.20, en los tratamientos $F_{cal} > F_{tab}$ ($5,27 > 3,41$), para las muestras; por lo tanto, se rechaza la H_0 y se puede decir que hay diferencia significativa entre la muestra analizadas para un nivel de significancia del 95%; por lo cual esto ondición la evidencia de recurrir a la prueba de Duncan.

4.4.1.3 Prueba Duncan en la evaluación sensorial intermedia para el atributo sabor

En la tabla 4.21 se muestra los resultados de los análisis estadísticos de la prueba de Duncan extraídos del Anexo C.12 de la (tabla C.12.5).

Tabla 4.21*Análisis de los tratamientos para el atributo sabor*

| Muestras | Análisis de los valores | | | Efectos |
|-----------|-------------------------|---|------|--------------------------------------|
| GL13- GL1 | 0,46 | < | 0,48 | No existe diferencia significativa |
| GL3- GL8 | 0,77 | > | 0,51 | Si existe diferencia significativa * |
| GL1- GL8 | 0,31 | < | 0,40 | No existe diferencia significativa |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.21, se observa que existe evidencia significativa entre las muestras (GL3 – GL8) son significativas en comparación con las muestras que no son significativas para un límite de confianza del 95%, analizando las muestras con mayor puntaje, se tomó la muestra GL3 como la mejor opción en cuanto al atributo sabor.

4.4.1.4 Análisis de varianza para la muestra intermedia de la galleta con harina de linaza para el atributo olor

En la tabla 4.22, se muestran los resultados del análisis de varianza para la evaluación sensorial del atributo olor extraídos de la tabla C 13.1 del (Anexo C.13).

Tabla 4.22*Análisis de varianza de la evaluación sensorial intermedia del atributo olor*

| Fuente de varianza (FV) | Suma de cuadrados (SC) | Grados libertad (GL) | Cuadrados medios (CM) | Fcal | Ftab |
|-------------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|------|------|
| Total | 51,45 | 65 | - | .- | - |
| Tratamientos (A) | 6,64 | 2 | 3,32 | 5,27 | 3,41 |
| Jueces (B) | 18,12 | 21 | 0,86 | 1,36 | 1,80 |
| Error (E) | 26,69 | 42 | 0,63 | - | - |

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.22 en los tratamientos que $F_{cal} > F_{tab}$ ($5,27 > 3,41$), para las muestras; por lo tanto se rechaza la hipótesis planteada H_p y se puede decir que hay diferencia significativa entre la muestra para un nivel de significancia del 95%;, por lo cual se debe efectuar la prueba de Duncan.

4.4.1.5 Prueba Duncan en la evaluación sensorial intermedia para el atributo olor

En la tabla 4.23 se muestra los resultados de los análisis estadísticos de la prueba de Duncan extraídos del Anexo C.13 de la (tabla C.13.5).

Tabla 4.23

Análisis de los tratamientos para el atributo olor

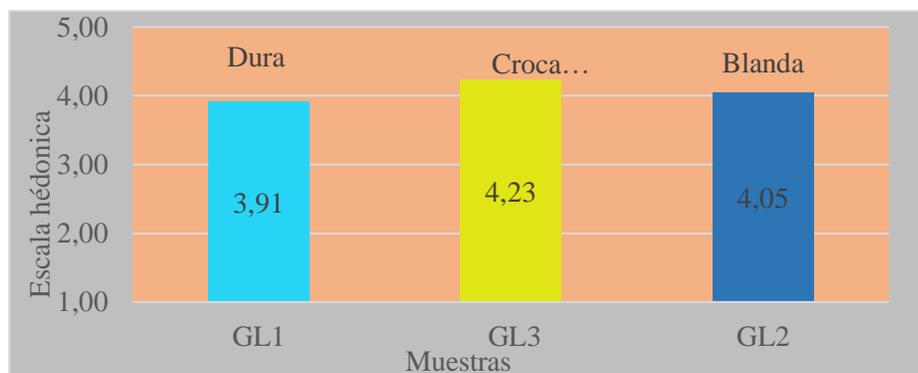
| Muestras | Análisis de los valores | | | Efectos |
|-----------|-------------------------|---|------|------------------------------------|
| GL3 - GL8 | 0,05 | < | 0,48 | No existe diferencia significativa |
| GL3 - GL1 | 0,10 | < | 0,51 | No existe diferencia significativa |
| GL8 - GL1 | 0,05 | < | 0,48 | No existe diferencia significativa |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.23, se puede observar que no existe diferencia significativa entre las muestras (GL3 – GL8), (GL3- GL1) y (GL8 – GL1); se puede notar que no hay evidencia estadística para un límite de confianza del 95%, sin embargo, tomando en cuenta la preferencia de los jueces por la muestra GL3 como la muestra con mejor aceptación para el atributo olor.

4.4.1.6 Evaluación sensorial intermedia de la galleta con harina de linaza para el atributo textura

En la figura 4.8, se muestran los resultados promedios de la evaluación sensorial para el atributo extraídos de la tabla C 14.1 del (Anexo C.14).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.8. Evaluación sensorial de la muestra intermedia de la galleta con harina de linaza atributo textura

En la figura 4.8, se puede observar la muestra más aceptada por los jueces es la muestra GL3 (crocante) con una puntuación de 4.23; seguida de la muestra GL2 (blanda) con un valor de 4.05 y finalmente la muestra GL1 (dura) con puntuación 3.91, por lo tanto, la muestra más aceptada por los jueces es la muestra GL3 para el

atributo textura donde se vio que los jueces tienen mayor preferencia por una galleta crocante.

4.4.1.7 Análisis de varianza para la muestra intermedia de galleta con harina de linaza para el atributo textura

En la tabla 4.24, se muestran los resultados del análisis de varianza para la evaluación sensorial del atributo textura extraídos de la tabla C 14.2 del (Anexo C 14).

Tabla 4.24

Análisis de varianza para el atributo textura de la muestra intermedia

| Fuente de varianza (FV) | Suma de cuadrados (SC) | Grados de libertad (GL) | Cuadrados medios (CM) | Fcal | Ftab |
|-------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------|------|------|
| Total | 39,76 | 65 | - | - | -- |
| Tratamientos (A) | 1,12 | 2 | 0,56 | 1,04 | 3,41 |
| Jueces (B) | 15,80 | 21 | 0,75 | 1,39 | 1,80 |
| Error (E) | 22,84 | 42 | 0,54 | - | - |

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.24 en los tratamientos $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,04 < 3,41$) para las muestras; por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada H_p y se puede decir que no hay diferencia significativa entre las muestras para un nivel de significancia del 95%; por lo cual cualquiera de las muestras puede ser elegida como muestra intermedia para el atributo textura.

En relación a la muestra intermedia de la galleta con harina de linaza, se puede analizar que la muestra GL3 con 20% de harina linaza, 35% harina de trigo y 20 % leche líquida es la más aceptada por los jueces para el atributo sabor y textura a diferencia de las demás muestras.

4.5 Elaboración de la muestra final para elegir la presentación de galleta con harina de linaza

Para elegir la presentación de la galleta ganadora GL3 con 23 jueces no entrenados que calificaron la presentación del producto final donde:

RM = redonda mediana

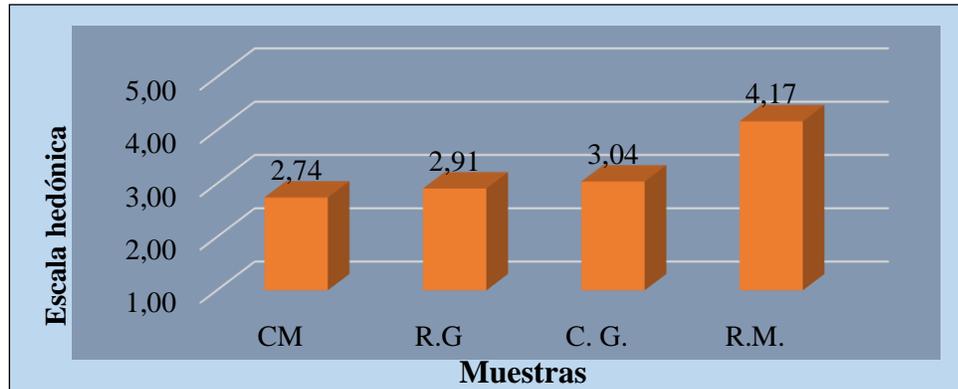
CM= cuadrada mediana

CG= cuadrada grande

RG= redonda grande.

4.5.1 Evaluación sensorial de la muestra final para la presentación de la galleta con harina de linaza

En la figura 4.9 se muestran los resultados de la evaluación de la muestra final para elegir la mejor presentación de la galleta datos extraídos de la tabla C 15.1 del (Anexo C 15).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.9. Evaluación sensorial de la muestra final para la presentación de la galleta con harina de linaza

En la figura 4.9 se observa que la muestra RM (redonda mediana) es la muestra más aceptada por los jueces con un puntaje de 4,17 y seguida de la muestra C.G. (cuadrada grande) con un puntaje de 3,04, después la muestra R.G. (redonda grande) con un puntaje de 2,91 y la muestra C.M. (cuadrada mediana) con un puntaje de 2,74 en escala hedónica de 5 puntos.

Con relación a la evaluación del producto final, se realizó para elegir la presentación de la galleta con harina de linaza donde se puede analizar que la muestra RM (redonda mediana) es la muestra más aceptada por los jueces.

4.5.1.1 Prueba Duncan de la muestra final de galleta con harina de linaza para la presentación

En la tabla 4.25 se muestra los resultados del análisis estadístico para la presentación de la galleta. datos extraídos de la tabla C 15.4 del (Anexo C 15).

Tabla 4.25

Análisis de los tratamientos para la presentación de la galleta

| Muestras | Análisis de los valores | | | Efectos |
|----------|-------------------------|---|------|------------------------------------|
| RM- CG | 1,13 | > | 0,11 | Si existe diferencia significativa |
| RM- RG | 1,26 | > | 0,12 | Si existe diferencia significativa |
| RM- CM | 1,43 | > | 0,12 | Si existe diferencia significativa |
| CG - RG | 0,13 | > | 0,11 | Si existe diferencia significativa |
| CG - CM | 0,30 | > | 0,12 | Si existe diferencia significativa |
| RG - CM | 0,17 | > | 0,12 | Si existe diferencia significativa |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.25 se observa que existe diferencia significativa entre las muestras para un límite de confianza de 95%, pero analizando la muestra con mayor puntaje en la escala hedónica, se tomó la muestra RM = 4,17 como la mejor opción para la presentación de la galleta.

4.6 Evaluación sensorial del producto final galleta con harina de linaza

Se realizó una evaluación sensorial del producto final de los atributos color, olor, sabor y textura de la galleta con harina de linaza con 15 jueces no entrenados que calificaron el producto final, de acuerdo a su agrado o desagrado por el producto. En la figura 4.10 se muestran los resultados promedio de la evaluación sensorial los atributos mencionados fueron extraídos de la tabla (C 16.1) del (Anexo C 16)



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.10. Resultados de la evaluación sensorial del producto final

Como se observa en la figura 4.10, el atributo con mejor puntuación es el olor con una puntuación de 7,60 seguido del atributo color y sabor con un puntaje de 7,47 y finalmente el atributo textura con 7,20 de puntaje en la escala hedónica de 9 puntos.

4.7 Diseño experimental para determinar las variables en la etapa de mezclado de las galletas con harina de linaza

En el diseño experimental se pretende determinar las variables (harina de linaza, harina de trigo cuatro ceros y leche líquida), para la etapa de mezclado, se tomó en cuenta la tabla 3.6 para los niveles de variación y la tabla 3.7 para el diseño experimental. En cuanto a la variable respuesta se tomó en cuenta el contenido de humedad y los resultados obtenidos se muestran en la tabla 4.26.

Tabla 4.26

Diseño experimental en la etapa de mezclado

| Tratamientos | Variables | | | Réplicas | | Total Y _i |
|--------------|-----------|----|----|----------------|----------------|-------------------------|
| | A | B | C | Y ₁ | Y ₂ | |
| (1) | 20 | 30 | 20 | 39.00 | 38.00 | 77.00 |
| A | 25 | 30 | 20 | 30.59 | 40.01 | 70.60 |
| B | 20 | 35 | 20 | 24.42 | 22.04 | 46.40 |
| C | 25 | 35 | 20 | 16.46 | 20.08 | 36.54 |
| AB | 20 | 30 | 25 | 49.05 | 36.05 | 85.10 |
| AC | 25 | 30 | 25 | 37.89 | 35.00 | 72.89 |
| BC | 20 | 35 | 25 | 39.97 | 41.08 | 81.05 |
| ABC | 25 | 35 | 25 | 29.39 | 32.00 | 61.39 |

Fuente: Elaboración propia

Con los resultados obtenidos en la tabla 4.26, se procede a construir la tabla 4.27 de análisis de varianza para las variables de la etapa de mezclado para la humedad del diseño experimental de 2^3 extraídos del Anexo (D).

Tabla 4.27

Análisis de varianza para las variables del proceso en el mezclado

| Fuente de varianza (FV) | Suma de Cuadrados (SC) | Grados de Libertad (GL) | Cuadrados Medios (CM) | Fcal | Ftab |
|-------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------|-------|------|
| (1) | 1257,33 | 15 | - | - | |
| Factor A | 144,78 | 1 | 144,78 | 5,72* | 5,32 |
| Factor B | 393,23 | 1 | 393,23 | 1,55 | 5,32 |
| Factor C | 310,02 | 1 | 310,02 | 1,22 | 5,32 |
| Interacción AB | 6,72 | 1 | 6,72 | 0,25 | 5,32 |
| Interacción AC | 13,93 | 1 | 13,93 | 0,55 | 5,32 |
| Interacción BC | 186,12 | 1 | 186,12 | 5,20 | 5,32 |
| Interacción ABC | 0,38 | 1 | 0,38 | 0,01 | 5,32 |
| Error | 202,15 | 8 | 25,27 | - | - |

Fuente: Elaboración propia
significativo

*

Como se puede observar en la tabla 4.27, el factor harina de linaza (A) es una variable significativa ya que influye directamente en el proceso de mezclado en el producto, mientras no son significativos las variables harina de trigo (B), leche líquida (C), la interacción (AB), la interacción (AC), la interacción (BC) y la interacción (ABC) para $p < 0,05$.

4.8 Análisis fisicoquímico del producto terminado

En la tabla 4.28 se muestran los resultados obtenidos del Anexo A del análisis fisicoquímico realizado al producto terminado.

Tabla 4.28*Análisis fisicoquímico del producto terminado*

| Componentes | Resultados | Unidades |
|---------------------|------------|-----------|
| Ceniza | 3,00 | % |
| Fibra | 0,44 | % |
| Grasa | 3,26 | % |
| Hidratos de carbono | 78,54 | % |
| Humedad | 2,69 | % |
| Proteína total | 12,07 | % |
| Valor energético | 391,78 | Kcal/100g |

Fuente: CEANID, 2018

Como se puede observar en la tabla 4.28 los análisis fisicoquímicos del producto terminado fueron adquiridos del Centro de Análisis Investigación y desarrollo CEANID, son los siguientes contenidos de ceniza es 3,00%, fibra 0,44%, grasa 3,26%, hidratos de carbono 78,54%, humedad 2,69%, proteína total 12,07% y valor energético 391078 Kcal /100g.

4.8.1 Análisis microbiológico del producto terminado galletas con harina de linaza

En la tabla 4.29 se muestran los resultados del análisis microbiológico Anexo F realizado de las galletas con harina de linaza. Los análisis se realizaron en el Centro Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID).

Tabla 4.29*Análisis microbiológicos del producto final*

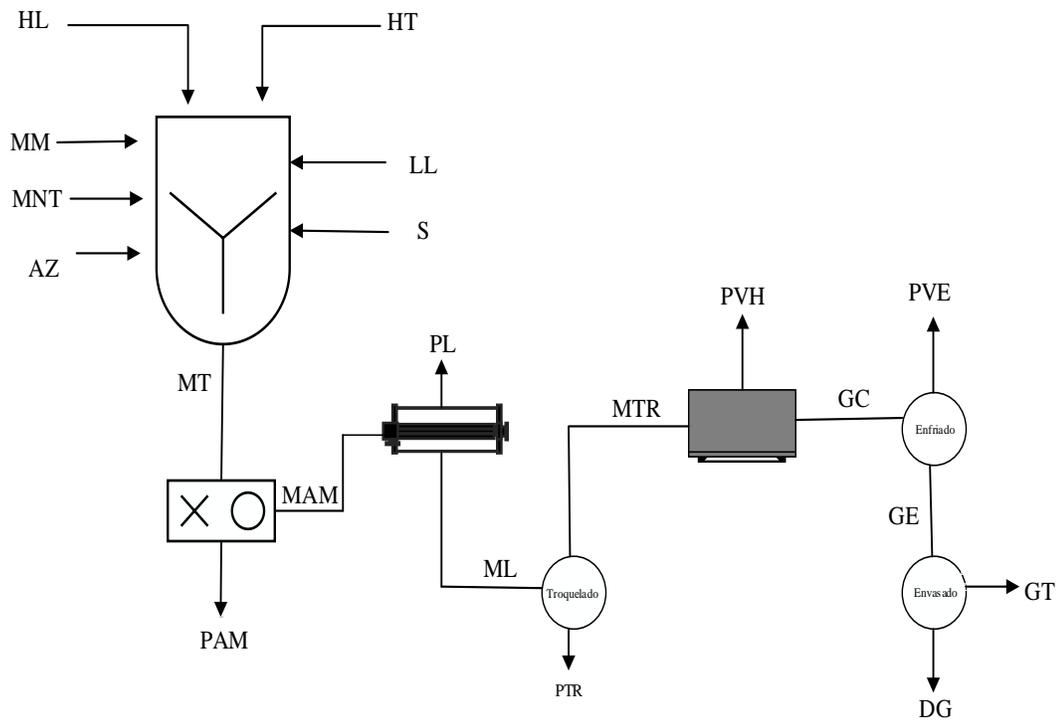
| Micro organismos | Valores | Unidades |
|-----------------------------|-------------------|----------|
| Coliformes totales | $<1,0 \cdot 10^1$ | UFC/g |
| Baterías aerobias mesófilas | $3,5 \cdot 10^2$ | UFC/g |

Fuente: CEANID, 2018

Como se puede observar en la tabla 4.29, los parámetros Coliformes totales es $< 1.0 \cdot 10^1$ UFC/gy bacterias aeróbicas mesófitas tienen un valor de $3.5 \cdot 10^2$ UFC/g en las cuales hay ausencia de las mismas y por lo tanto el producto es apto para el consumo

4.9 Balance de materia en el proceso de elaboración de galletas con harina de linaza

En la figura 4.11, se muestra el balance de materia para 1000g de galletas con harina de linaza.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.11. Balance de materia en el proceso de elaboración de galleta con harina de linaza

Dónde:

HL = Harina de linaza = 395 (g)

HT = Harina de trigo = 595,88 (g)

MM = Mejorador de masa = 12,5 (g)

AZ = Azúcar = 49 (g)

MNT = Mantequilla = 101 (g)

S = Sal = 5,2 (g)

LL = Leche líquida = 213,89(g)

MT= Masa total (g)

PTR = Pérdida en troquelado = 9,28 (g)

MTR = Masa troquelada (g)

PAM = Pérdidas en el amasado (g)

MAM = Masa amasada (g)

PL= Pérdida en laminado (g)

ML = Masa laminada (g)

PVH= Pérdida de vapor en el horneado (%)

GC = Galleta cocida (g)

PVE = Pérdida de vapor en el enfriado (%)

GE = Galleta enfriada (g)

DG = Desechos de galleta (g)

GT = Galletas total a envasar (g)

H = Humedad de la galleta cocida 2,69 (%)

Humedad de la mantequilla 16 (%)

Humedad de la leche 88 (%)

Humedad harina linaza 4,18 (%)

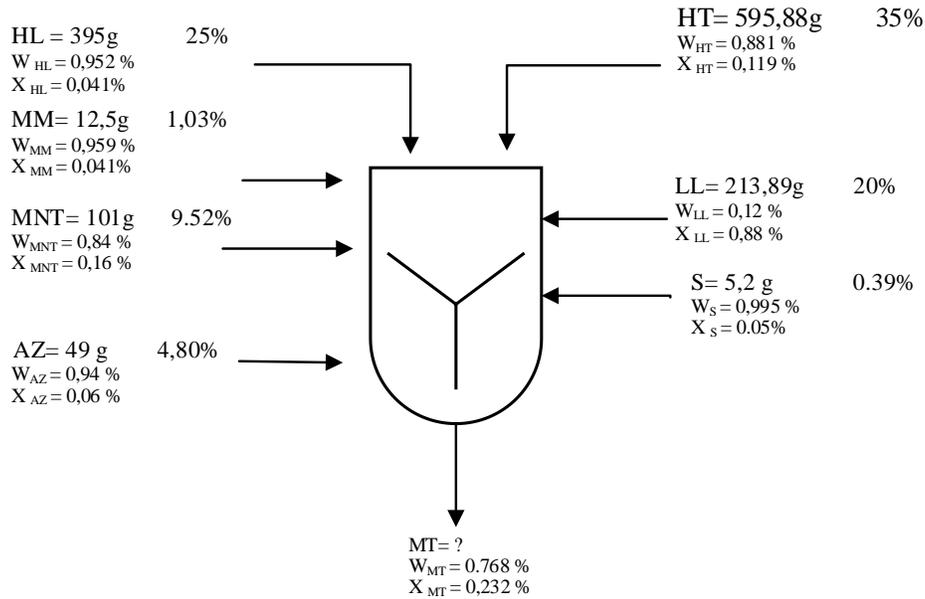
Humedad masa galletera = 23,21 (%)

Humedad azúcar = 0,06 (%)

Perdida troquelada = 9,28 (g)

4.9.1 Balance de materia en la etapa de mezclado

En la figura 4.12: se muestra el proceso de mezclado en la elaboración de galleta con harina de linaza.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.12. Proceso en la etapa de mezclado

Balance general de materia en la etapa de mezclado

$$HL + HT + MM + AZ + MNT + LN + S = MT \quad \text{Ecuación 4.1}$$

Balance en base húmeda para obtener masa total MT

Donde:

W = fracción sólida

X = fracción húmeda

$$M_W + M_X = MT \quad \text{Ecuación 4.2}$$

$$HL \cdot X_{HL} + MM \cdot X_{MM} + AZ \cdot X_{AZ} + MNT \cdot X_{MNT} + HT \cdot X_{HT} + LL \cdot X_{LL} + S \cdot X_S = MT \cdot X_{MT}$$

$$395(0,041) + 12,5(0,041) + 49(0,06) + 101(0,16) + 595,88(0,119) + 213,89(0,88) + 5,2(0,05) = MT(0,232)$$

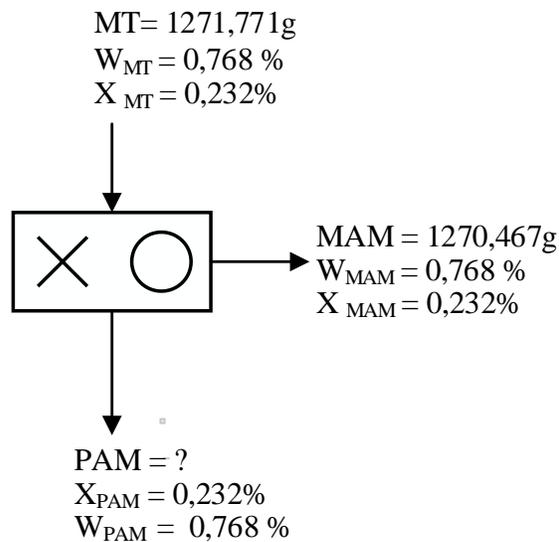
$$MT = \frac{16,195 + 0,512 + 16,160 + 2,94 + 70,805 + 188,179 + 0,26}{0,232}$$

$$MT = \frac{295,05}{0,232}$$

$$MT = 1271,771g$$

4.9.2 Balance de materia en la etapa de amasado

En la figura 4.13, se muestra la etapa de amasado de la masa de galleta, donde se tomó en cuenta el balance de materia y pérdida de masa en las paredes del recipiente.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.13. Proceso en la etapa de amasado

Balance general de materia en la etapa de amasado

Donde:

W = fracción sólida

X = fracción húmeda

$$MT = MAM - PAM$$

Ecuación 4.3

$$PAM * X_{PAM} = MT * X_{MAM} - MAM * X_{MAM}$$

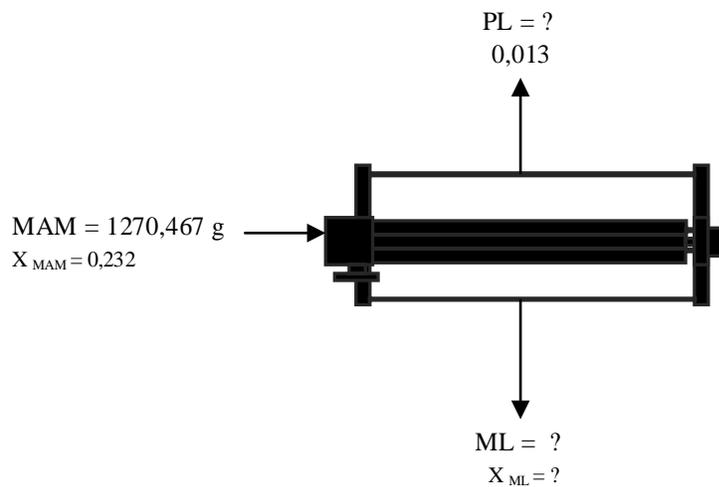
$$PAM (0,232) = 1271,77 (0,232) - 1270,467(0,232)$$

$$PAM = \frac{295,050 - 294,747}{0,232}$$

$$PAM = 1,332g$$

4.9.3 Balance de materia en la etapa de laminado

En la figura 4.14, se muestra el proceso de laminado de la masa galletera, para realizar el balance de materia.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.14 . Proceso en la etapa de laminado

Balance general de materia en la etapa de laminado

$$MAM = PL + ML$$

Ecuación 4.4

Para determinar ML masa laminada se despeja de la ecuación

$$ML = MAM - PL$$

$$ML = MAM - (MAM * \%PL)$$

$$ML = MAM - (MAM * 0,013)$$

$$ML = 1270,467g - (1270,467g * 0,013)$$

$$ML = 1270,467g - 16,529$$

$$ML = 1254,938g$$

Para determinar PL pérdida en el laminado se reemplaza los datos en la ecuación 4.5

$$PL = MAM * (0,013) \quad \text{Ecuación 4.5}$$

$$PL = 1270,467 g * (0,013)$$

$$PL = 1,650 g$$

Para determinar el porcentaje de humedad de la masa laminada ML, se determinó primero la masa seca y masa húmeda en la corriente de salida reemplazando la ecuación 4.6 y ecuación 4.7.

$$\text{Salida} = M_s = \frac{1270,467 (100 - 23,21)}{100} = 975,591 g \quad \text{Ecuación 4.6}$$

$$\text{salida} = M_h = \frac{1270,467 * 23,21}{100} - 1,65 = 293,225 g \quad \text{Ecuación 4.7}$$

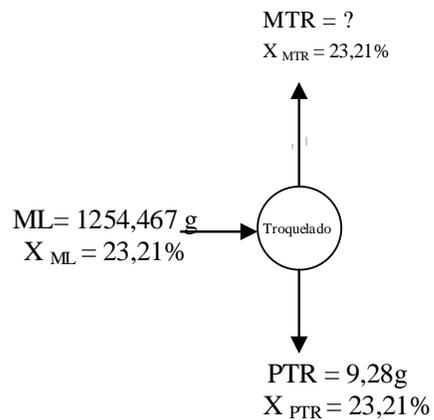
Para determinar porcentaje de humedad de la masa laminada ML, se reemplazó los resultados en la ecuación 4.8

$$\%HML = \frac{293,225}{1270,467} * 100 \quad \text{Ecuación 4.8}$$

$$\%HML = 23,080$$

4.9.4 Balance de materia global en la etapa de troquelado

En la figura 4.15, se muestra el proceso de troquelado de la masa, para realizar el balance de materia.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.15. Proceso en la etapa de troquelado

Balance general de materia en la etapa de troquelado:

$$ML = MTR + PTR \quad \text{Ecuación 4.9}$$

Para determinar MTR masa troquelada, se despeja de la ecuación 4.9:

$$MTR = ML - PTR \quad \text{Ecuación 4.10}$$

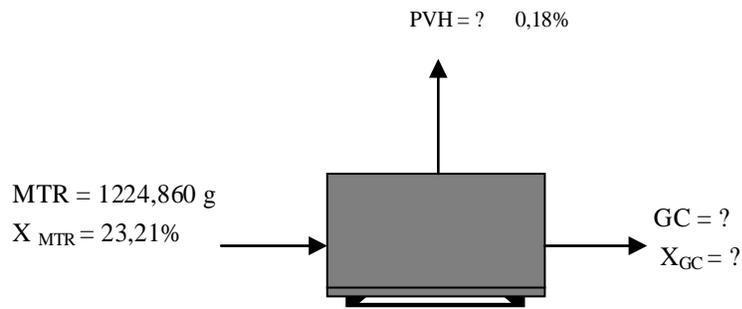
$$MTR = ML - (ML * PTR)$$

$$MTR = 1254,467 \text{ g} - (1254,467 \text{ g} * 0,232)$$

$$MTR = 1224,860\text{g}$$

4.9.5 Balance de materia global en la etapa de horneado

En la figura 4.16, se muestra el proceso de horneado de la masa, para realizar el balance de materia.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.16. Proceso en la etapa de horneado

Balance general de materia en la etapa de horneado:

$$MTR = PVH + GC \quad \text{Ecuación 4.11}$$

Para determinar GC se despeja de la ecuación 4.11

$$GC = MTR - PVH \quad \text{Ecuación 4.12}$$

$$GC = MTR - (MTR * \% PVH)$$

$$GC = 1224,860g - (1224,860g * 0,180)$$

$$GC = 1004,385g$$

Para calcular la pérdida de vapor en el proceso de horneado PVH se reemplaza los datos en la ecuación 4.13

$$PVH = GC * \% PVH \quad \text{Ecuación 4.13}$$

$$PVH = 1004,385 g * (0,18)$$

$$PVH = 18,078\%$$

Para determinar porcentaje de humedad de galleta cocida GC, en la etapa de horneado se determinó primero la masa seca y masa húmeda en la corriente de salida reemplazando la ecuación 4.14 y 4.15

$$salida = Ms = \frac{1004,385 g (100 - 23,21)}{100} = 771,267 g \quad \text{Ecuación 4.14}$$

$$\text{salida} = Mh = \frac{1004,385 * 23,21}{100} - 0,018 = 233,094 \text{ g} \quad \text{Ecuación 4.15}$$

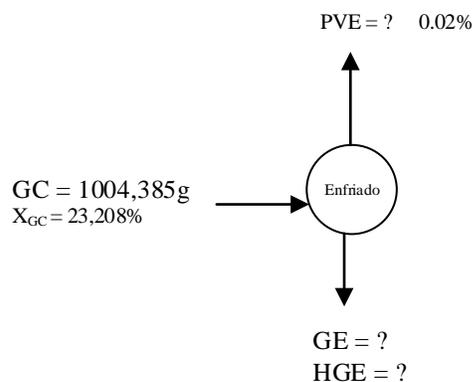
para determinar porcentaje de humedad de la galleta cocida GC, se reemplazó los resultados en la ecuación 4.16

$$\%HGC = \frac{233,094}{1004,385} * 100 \quad \text{Ecuación 4.16}$$

$$\%HGC = 23,208$$

4.9.6 Balance de materia en la etapa de enfriado de la galleta

En la figura 4.17, se muestra el proceso de enfriado de la galleta, para realizar el balance de materia.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.17. Proceso en la etapa de enfriado

Balance general de materia en la etapa de enfriado:

$$GC = PVE + GE \quad \text{Ecuación 4.17}$$

Para determinar GE se despeja de la ecuación 4.17

$$GE = GC - PVE \quad \text{Ecuación 4.18}$$

$$GE = GC - (GC * \% PVE)$$

$$GE = 1004,374g - (1004,374 \text{ g} * 0,02)$$

$$GE = 984,298g$$

Para determinar la pérdida de vapor en el proceso de enfriado PVE se reemplaza los datos en la ecuación 4.19:

$$PVE = GE * \% PVE \quad \text{Ecuación 4.19}$$

$$PVE = 984,298 \text{ g} * (0.02)$$

$$PVE = 1,968\%$$

Para determinar porcentaje de humedad de galleta enfriada GE, en la etapa de enfriado se determinó primero la masa seca y masa húmeda en la corriente de salida reemplazando la ecuación 4.20 y 4.21

$$\text{salida} = M_s = \frac{1004,385 \text{ g} (100 - 23,21)}{100} = 771,267 \text{ g} \quad \text{Ecuación 4.20}$$

$$\text{salida} = M_h = \frac{1004,385 * 23,21}{100} - 1,698 = 17,820 \text{ g} \quad \text{Ecuación 4.21}$$

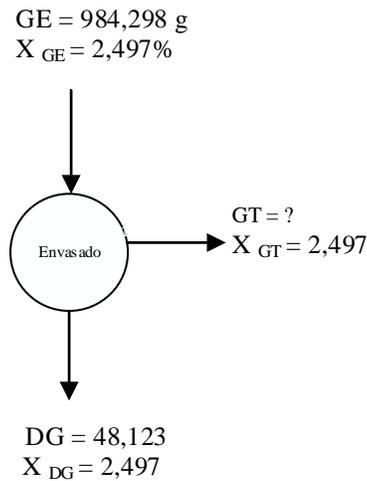
para determinar el porcentaje de humedad de la galleta enfriada GE, se reemplazó los resultados en la ecuación 4.22

$$\%HGE = \frac{1,968}{1004,385} * 100 \quad \text{Ecuación 4.22}$$

$$\%HGC = 0,195$$

4.9.7 Balance de materia en la etapa de envasado

En la figura 4.18, se muestra el proceso de envasado de la galleta, para realizar el balance de materia.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.18. Proceso en la etapa de envasado

Balance general de materia en la etapa de envasado:

$$GE = GT - DG \quad \text{Ecuación 4.23}$$

Para determinar GT se despeja de la ecuación 4.23

$$GT = GE - DG \quad \text{Ecuación 4.24}$$

$$GT = 984,298 \text{ g} - 48,123\text{g}$$

$$GT = 936,175\text{g}$$

4.10 Balance de energía en la elaboración de galletas con harina de linaza

Para determinar la cantidad de calor necesario para efectuar los balances de energía, se utilizó la ecuación (4.25).

La misma indica según la Ley de la Conservación de energía: “*La energía no se crea, ni se destruye, sólo se transforma*”; toda la energía entrante en un proceso debe ser igual a toda la energía saliente sin que exista acumulación. En un balance de energía se toma en cuenta las transferencias de energía a través de los límites del sistema (Barderas, 1994).

$$\Sigma Q_{cedido} = \Sigma Q_{ganado} \quad \text{Ecuación 4.25}$$

Al sumar los calores se utilizaron las ecuaciones (4.26) y (4.27), se aplican a un cuerpo cuya masa pueda o no cambiar de estado, citadas por (Barderas, 1994).

$$Q = m C_p \Delta T \quad \text{Ecuación 4.26}$$

$$Q = m \lambda v \quad \text{Ecuación 4.27}$$

Donde:

Q = calor ganado o cedido.

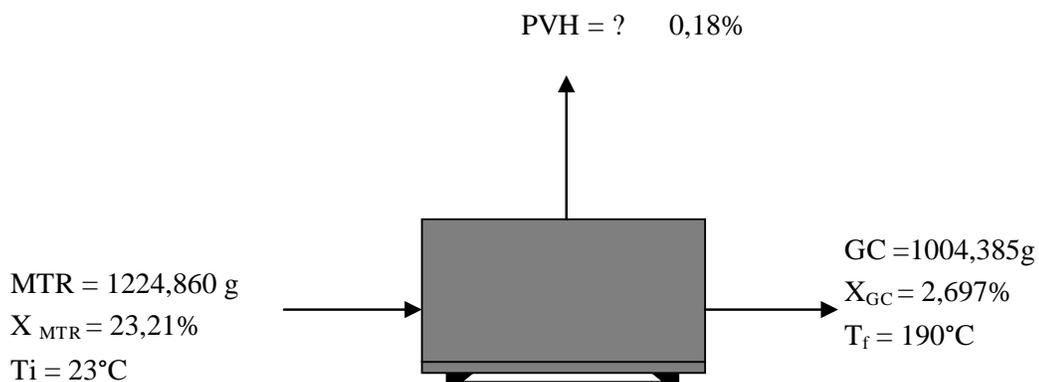
m = masa de una sustancia.

ΔT = *gradiente* en la temperatura.

C_p = calor específico de una sustancia. El subíndice p significa "a presión constante".

4.10.1 Balance de energía en la etapa de horneado

En la figura 4.19, se muestra el proceso de horneado de la galleta. Para determinar la cantidad de calor requerido en la etapa de horneado donde se tomó en cuenta el tiempo y la temperatura de cocción.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.19. Proceso en la etapa de horneado

A. Cantidad de calor requerido para calentar el horno

Datos:

$$T_i = 23^{\circ}\text{C}$$

$$T_f = 190^{\circ}\text{C}$$

$$C_{p_{\text{aire}}} = 0,2389 \text{ Kcal/kg } ^{\circ}\text{C} \text{ (Onello, 2006)}$$

$$Q_A = m_{\text{aire}} C_{p_{\text{aire}}} * \Delta T$$

Determinación de la masa del aire en el horno

La masa dentro del horno se calcula utilizando las siguientes ecuaciones 4.28 y 4.29 (cañadas, 2000):

$$V = a * b * c \quad \text{Ecuación 4.28}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{Ecuación 4.29}$$

Dónde:

h = ancho (0,74 m)

b = base (0,56 m)

h = altura (0,47 m)

$\rho = 1,3 \text{ kg/}$

m = masa del aire

V = volumen del aire

Reemplazando datos en la ecuación 4.28 se tiene:

$$V = a * b * c$$

$$V = 0,56\text{m} \times 0,47\text{m} \times 0,74\text{m}$$

$$\mathbf{V = 0,195 \text{ m}^3}$$

Despejando m y reemplazando valores en la ecuación 4.29:

$$m = \rho * V$$

$$m = 1,3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,195\text{m}^3$$

$$\mathbf{m = 0,2535 \text{ kg}}$$

Valores obtenidos reemplazar en la ecuación 4.26:

$$Q_A = m_{\text{aire}} * C_{p_{\text{aire}}} * \Delta T$$

$$Q_A = 0,2535\text{kg} * 0,2389 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} * (190 - 23)^\circ\text{C}$$

$$\mathbf{Q_A = 10,114 \text{ Kcal}}$$

B. Cantidad de calor requerido para el horneado de las galletas

Datos:

$$T_i = 23^\circ\text{C}$$

$$T_f = 190^\circ\text{C}$$

$$M_G = \text{masa de la galleta} = 1224,86 \text{ g} = 1,224 \text{ kg}$$

C_{p_G} = capacidad calorífica de la galleta con harina de linaza

Para determinar la capacidad calorífica de la galleta, se puede utilizar la ecuación 4.26, (Barderas, 1994)

$$Q_B = m_G * C_{p_G} * \Delta T$$

$$Q_B = m_{\text{aire}} C_{p_{\text{aire}}} * \Delta T$$

$$C_{p_G} = \frac{P}{100} + 0,2 * \left(\frac{100-P}{100} \right) \quad \text{Ecuación 4.29}$$

Dónde:

P = Contenido de agua en % = 2,69%

$$Cp_G = \frac{2,69}{100} + 0,2 * \left(\frac{100 - 2,69}{100} \right)$$

$$Cp_G = 0,22 \frac{Kcal}{kg^{\circ}C}$$

Reemplazando valores, se tiene: Ecuación 4.26

$$Q_B = m_G * Cp_G * \Delta T$$

$$Q_B = 1,224kg * 0,22 \frac{Kcal}{kg^{\circ}C} * (190 - 23)^{\circ}C$$

$$Q_B = 44,969 Kcal$$

Cantidad de calor requerido para calentar las galletas

Datos:

Ti = 23°C

Tf = 190°C

ML = masa de la lata = 0,75 kg

CpL = capacidad calorífica de la lata = 0,122 Kcal/kg°C (Barderas, 1994)

Reemplazando valores en la ecuación 4.26 se tiene:

$$Q_C = m_L * Cp_L * \Delta T$$

$$Q_C = 0,75kg * 0,122 \frac{Kcal}{kg^{\circ}C} * (190 - 23)^{\circ}C$$

$$Q_C = 15,280 Kcal$$

El calor requerido para calentar el aire y las latas del horno, se puede calcular utilizando la siguiente ecuación (Barderas, 1994):

$$Q_{Vap} = m_{aire} * Cp_{aire} * \Delta T = m_{aire} * (H_{final} - H_{inicial})$$

Reemplazando los valores en la ecuación se tiene 4.26:

$$Q_{Vap} = 0,2535kg * (230,22 - 66,89) KJ/kg$$

$$Q_{Vap} = 41,104 KJ = 9,890 Kcal$$

El vapor de agua saliente de las galletas, se determinó utilizando la siguiente ecuación 4.27 (Barderas, 1994):

$$Q_{Aevap} = m_G * X * \lambda$$

Dónde:

MG = masa de galleta = 1,224 kg

X = contenido de humedad = 23,21% 0,232

λ = calor latente de vaporización del agua = 538,86 Kcal/kg (Barderas, 1994)

Reemplazando valores se tiene 4.27:

$$Q_{Aevap} = 1,224kg * 0,232 * 538,86Kcal/kg$$

$$Q_{Aevap} = 15,301 Kcal$$

Cantidad de calor total utilizada en la etapa de horneado de las galletas

$$Q_T = Q_A + Q_B + Q_C + Q_{Vap} + Q_{Aevap} \quad \text{Ecuación 4.30}$$

$$Q_T = 10,144 + 44,969 + 15,280 + 9,89 + 15,301$$

$$Q_T = 96,204 Kcal$$

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

- Los análisis fisicoquímicos de la materia prima harina de linaza se realizaron en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID), cuyo resultado fue contenido de cenizas de 3,11%, fibra 10,28%, grasa 38,90%, hidratos de carbono 26,10%, humedad 4,18%, proteína total 17,43% y valor energético 524,22 Kcal. /100g.
- De acuerdo a la evaluación sensorial de ocho muestras con 22 jueces no entrenados, la preferencia de los jueces fue por la muestra GL3 con (35% Harina de trigo, 20% harina de linaza y 20% de leche líquida.
- Con respecto a la comparación de la muestra prototipo con el producto final, se pudo determinar que el producto final GL3, obtuvo una mayor aceptación por los jueces con un promedio de 7,47% y, la muestra prototipo GL3 un promedio de 5,74% para los atributos color, olor, sabor y textura.
- En cuanto se refiere a la evaluación sensorial realizada para la presentación del producto final se realizó cuatro muestras, de la cual, la muestra RM (redonda mediana) es la más admitida por los jueces.
- De acuerdo al diseño factorial 2^3 realizado en el proceso de mezclado de ingredientes, se observa que el factor harina de linaza, harina de trigo y leche líquida, son significativos en el proceso de elaboración para un nivel de significancia del 95%.
- Los análisis fisicoquímicos y microbiológicos del producto final fueron realizados en el CEANID y dando como resultado humedad 2,69%, ceniza 3,00%, fibra 0,44%, grasa 3,26%, hidratos de carbono 78,58%, proteína total 12,07 y valor energético 391,78Kcal/100g.

- Los resultados del análisis microbiológico del producto final presentaron bacterias aeróbicas, mesófitas $3,5 \times 10^2$ UFC/g y coliformes totales $< 1,0 \times 10^1$ que no se observa desarrollo de colonias.
- De acuerdo al balance de materia, para obtener 936,175 gramos de galleta se requiere 1271,771 gramos de materia prima (harina de linaza, harina de trigo, leche líquida, mantequilla), así mismo para el balance de energía se requiere 96,204 Kcal.

5.2 Recomendaciones

En el presente trabajo se recomienda:

- Utilizar la formula final propuesta en la presente investigación para la elaboración de otros productos con otras semillas como ser, galleta de sésamo, de chía y de quinua.
- Realizar pruebas experimentales con mezclas de harina de linaza para elaborar nuevos productos como ser: pre pizzas, panes, queques, empanadas, y hamburguesas, etc. De alto valor nutritivo, que contribuya a la deficiencia de microelementos y fibra al organismo.
- La implementación de equipos tecnológicos en la elaboración de galletas con harina de linaza, como, por ejemplo: en el proceso de amasado, implementar una amasadora al vacío para evitar el resecamiento de la masa, mientras que, en el proceso de horneado, se precisa un horno rotatorio para una mejor cocción de la galleta, control del tiempo y la temperatura adecuada; y en el proceso de laminado, se requiere una laminadora automática para obtener un producto es estándar.