

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El mercado de galletas está en expansión global, debido a la alta demanda de los consumidores; anteriormente lo que se buscaba era la diversificación de productos. En la actualidad lo que se busca son productos más saludables, por lo tanto, las empresas buscan productos con alto valor nutritivo, mayor contenido de fibra, proteínas, vitaminas sin comprometer su calidad y sabor. (Ortega, 2013)

En la actualidad se siguen haciendo esfuerzos para que el consumo de cereales y legumbres en Bolivia sea mayor y proporcione a la población varios beneficios nutricionales incorporándolo en la elaboración de productos de amplia comercialización tales como panes y galletas, con la finalidad de mejorar la calidad de vida. (Méndez, 2016)

El mercado de galletas en Bolivia, existe una industria local desarrollada y diversificada que compite en el mercado, entre las cuales se destacan: Ferrari Guezzi (Oruro) y la francesa (La Paz) y Mabel, entre otras. Los precios de sus productos están por debajo de las marcas importadas y captan un segmento de mercado de menor poder adquisitivo. Otro elemento importante, tiene relación con el mercado informal, en donde este tipo de productos tienen alta presencia. (Prochile, 2005)

En Bolivia el mercado de galletas se divide en dos segmentos: galletas dulces, que representan 60,3% del consumo y las galletas saladas, que participan con el 39,7% del mercado. Existen dos tipos de presentaciones, las galletas empaquetadas que representan el 91,2% y las galletas vendidas a granel que participan con el 8,8% de las ventas. Actualmente, algunas marcas de galletas bolivianas (María, Moraditas, Cremositas, Mabel's entre otras de Industrias Fagal) han logrado ingresar al mercado del sur del Perú debido a sus precios bajos. (Montevideo, 2006)

En la ciudad de Tarija existen empresas nuevas como la industria de alimentos Rubal, la cual elabora galletas de avena, trigo integral y soja. Galletas con chips de chocolate fortificadas con harina de soja, galletas con quinua y pasas de uva. La empresa Casa Chocolate elaboran chocolates en paletas y galletas enriquecidos con cereales y frutos deshidratados como el amaranto, avena, almendras, nuez, maní, miel de abejas y pasas de uvas, etc. La empresa Montecristo S.A, elabora harina de soya, harina de arroz y maíz las cuales se emplean en su mayoría en la producción de pan y galletas. (Global, 2017)

1.2 Justificación

- El presente trabajo de investigación tiene como fin, de valorar la harina de algarrobo como materia prima en la elaboración de galleta, debido a sus propiedades nutritivas como ser el potasio y calcio, para el beneficio de la salud de las personas.
- Se desea utilizar la harina de coco en la elaboración de galleta, con el fin de incorporar fibra que coadyuve en la función de la digestión, estreñimiento e hinchazón intestinal en las personas intolerantes al gluten.
- En el mercado local no se encuentran galletas libres de gluten, que incorporen harina de coco y algarrobo por lo cual se pretende elaborar una galleta con estas harinas; con el fin de enriquecer nutritivamente al producto y que pueda incorporarse en la dieta alimentaria de las personas celíacas.
- Así mismo el trabajo de investigación pretende dar a conocer la importancia del algarrobo; ya que en el municipio de Villa Montes existe el proyecto de repoblamiento y recuperación del algarrobo para producir sub productos derivados del mismo y lograr mediante estos réditos económicos para los productores de la zona de interés.

1.3 Objetivos

Los objetivos para el presente trabajo de investigación son los siguientes:

1.3.1 Objetivo general

Elaborar galleta con harina de coco y algarrobo con la aplicación de la tecnología galletera para obtener un producto de calidad nutricional para personas celíacas.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar las propiedades fisicoquímicas de la harina de coco y harina de algarrobo.
- Determinar la dosificación de la formulación de la galleta con harina de coco y algarrobo para celíacos.
- Aplicar diseño experimental para los factores en el proceso de dosificación de la galleta con harina de coco y algarrobo para celíacos.
- Aplicar evaluación sensorial para la muestra ideal y muestra del diseño experimental.
- Determinar el análisis fisicoquímico, microbiológico del producto terminado, con la finalidad de establecer su calidad.
- Determinar el tipo de envase para el envasado del producto.
- Aplicar balance de materia y energía para conocer las corrientes de entrada y salida del proceso.

1.4 Variable independiente y dependiente

- Variable independiente: tecnología galletera.
- Variable dependiente: galleta con harina de coco y algarrobo.

1.5 Planteamiento del problema

En el mercado local no existe una galleta con harina de coco y algarrobo; y mucho menos a base de harinas ricas en fibra, que coadyuven a la digestión, estreñimiento e hinchazón intestinal; debido al poco conocimiento del uso y aplicaciones de estas harinas en productos nutritivos como la galleta con harina de coco y algarrobo; preciso para personas celíacas, el cual puede incorporarse en distintas dietas alimentarias.

La aplicación de la tecnología galletera permite de alguna manera el incorporar mezclas de harinas con el fin de mejorar la dosificación para elaborar productos nutritivos y libre de gluten; como la galleta con harina de coco y algarrobo, que puede ser introducido al mercado local; ya que en nuestro medio las empresas no elaboran este tipo de productos distintos, ni similares.

1.6 Formulación del problema

¿Cuál será la tecnología galletera adecuada a ser aplicada para la elaboración de galleta con harina de coco y algarrobo para obtener un producto de calidad nutricional para personas celíacas?

1.7 Hipótesis

La tecnología galletera aplicada para la elaboración de galleta con harina de coco y algarrobo permite obtener un producto de calidad nutricional para personas celíacas.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Origen de la galleta

Todos los indicios indican que fueron elaboradas antiguamente por los nómadas, los que necesitaban un alimento fácil de transportar y con un alto aporte de energía. Su preparación fue en cierto modo una coincidencia, al someter por error una pasta de cereales a altas temperaturas. Esta no tenía levadura y tomaba la misma consistencia que el pan. El término galleta se tomó de un alimento de Francia, la cual era una especie de crepe plana llamada "galette", esta se mojaba con leche o agua y así se comía. Las galletas no tenían mucha variedad pues eran simples láminas de cereales mojados, duras y planas, pero eran un alimento muy consumido por la gente de clase obrera y campesina (Cajamarca & Criollo, 2012). Los Médicis de Florencia-Italia, son quienes les dieron a las galletas un status de dulce elegante y refinado, al servir las a la Corte de Francia. Comienzan a incluirse más ingredientes en su elaboración y también a idearse nuevas formas de presentarlas. La galleta se popularizó a lo largo de los años, siendo un alimento que llegó a distintos lugares del mundo por su fácil elaboración; por lo cual existió la demanda de una gran variedad las cuales se adaptaron según a los gustos del consumidor y a los parámetros de salud. (Parrondo, 2000)

2.2 Definición de galleta

"Producto obtenido mediante el horneado apropiado de una masa (líquida, ácida o semi ácida), de las figuras formadas del amasado de derivados del trigo u otras farináceas, con otros ingredientes aptos para el consumo humano" (Codex alimentarius, 1995. Pág.33).

2.2.1 Clasificación de la galleta

"En cuanto a las galletas, existe una gran variedad de productos muy diferentes: saladas o dulces, simples o rellenas, o con diferentes agregados como frutos secos, chocolate, mermelada, etc.". En la (tabla 2.1), se clasifican los siguientes grupos (Bardón, 2012. Pág. 17).

Tabla 2.1

Clasificación de la galleta

Clasificación de galletas	Descripción
Galletas saladas	Son aquellas que tienen sabor salado
Galletas dulces	Son aquellas que tienen sabor dulce
Galletas waffer	Producto obtenido a partir del horneado de una masa líquida (oblea) adicionada de un relleno para formar un sandwich.
Galletas con relleno	Son galletas a las cuales se les añade relleno.
Galletas revestidas o recubiertas	Son aquellas que exteriormente presentan un revestimiento o baño, estas pueden ser simples o rellenas.

Fuente: León, 2016

2.2.2 Composición fisicoquímica de la galleta común

Las galletas contienen principalmente cereales y estos son la base de nuestra alimentación por su alto contenido de hidratos de carbono. En general, las galletas están compuestas por harina, grasas, agua, azúcar y otros ingredientes como especias, aromas, condimentos o aditivos. La composición nutricional varía según el tipo de galleta (dulce o salada) y la presencia de coberturas, rellenos o ingredientes adicionales. (Marquina, 2013). En la (tabla 2.2), se describe la composición fisicoquímica de la galleta común con gluten.

Tabla 2.2

Composición fisicoquímica de la galleta común

Parámetros	Unidad	Valor
Humedad	%	0,41
Ceniza	%	1,56
Proteína	%	8,15
Grasa	%	9,42
Fibra dietaria	%	9,07
Calorías	Kcal/100g	439,22

Fuente: Román, 2006

2.3 Galletas libres de gluten

La mayoría de los estudios sobre elaboración de galletas sin gluten utilizan distintas harinas de cereales sin gluten, como las de trigo sarraceno y/o harina de arroz, o una mezcla de éstas con otras harinas de cereales (maíz, sorgo o mijo) o leguminosas. Entre todas ellas, la harina de arroz es bien aceptada y una de las más usadas para la fabricación de productos sin gluten debido a su sabor suave, color blanco, alta digestibilidad, y a sus propiedades hipoadérgicas. (Marco & Rosell, 2008)

"En el mercado peruano se pueden encontrar fideos, canelones y galletas hechos principalmente con harina de maíz, harina de arroz, almidón de papa, almidón de yuca, goma xantana, carboximetilcelulosa y colorantes naturales como cúrcuma y annatto (achiote)". (Villanueva, 2017. Pág.190)

En la (tabla 2.3), se describe la composición fisicoquímica de la galleta de arroz sin gluten.

Tabla 2.3

Composición fisicoquímica de la galleta de arroz sin gluten

Parámetros	Unidad	Cantidad
Fibra	-	-
Carbohidratos	%	79
Proteína	%	7
Grasa	%	13
Energía	Kj	48
Calorías	Kcal/100g	12

Fuente: López, 2009

2.3.1 Alimentos para celíacos

La enfermedad celíaca es una dolencia infamatoria permanente del sistema gastrointestinal que afecta al intestino delgado en individuos genéticamente susceptibles, sufren daños en sus células intestinales y no pueden asimilar correctamente los nutrientes, lo que les ocasiona deficiencias nutricionales y otros problemas potenciales de salud. (Flores, 2017)

"Los productos y alimentos aptos para celíacos están divididos en tres grupos diferentes" (Gonzales & García, 2017. Pág.15). En la (tabla 2.4) se detalla los grupos de los alimentos para celíacos.

Tabla 2.4

Productos y alimentos aptos para celíacos

Producto	Descripción
Producto genérico	En su estado natural no contienen gluten como carne, pescado, frutas, verduras, huevos, legumbres, hortalizas, leche, patatas, etc. (alimentos sin procesar a nivel industrial).
Producto específico	Son aquellos productos elaborados especialmente para las personas celíacas, en cuya composición se han evitado los cereales prohibidos para éstas (trigo, cebada, centeno, y derivados y avena sin certificar). Ejemplos de ello serían la pasta, pan, bollería, pastelería, galletas, cerveza, etc.
Producto convencional	Son aquellos productos no preparados especialmente para los celíacos, pero que según su formulación podrían ser consumidos por estos. Ejemplos: chorizo, chocolates, yogurt de sabores, salsas, platos preparados, etc. Son alimentos de este grupo los que generan más dudas para el consumo

Fuente: Gonzales & García, 2017

2.4 Descripción de materias primas para la elaboración de galleta con harina de coco y algarrobo para celíacos

Las materias primas para la elaboración de galleta de coco y algarrobo para celíacos son los siguientes:

2.4.1 Harina de algarrobo

La harina de algarrobo, que más se ha caracterizado es la del algarrobo europeo (*Ceratonia siliqua*) que actualmente se emplea para la alimentación animal, bien directamente o como un componente de los piensos compuestos, aunque también se utiliza en alimentación humana después de una serie de tratamientos como deshidratación, tostado del producto y molienda fina, con los que se obtiene un producto de aspecto y sabor similar al polvo de cacao. (Tamayo, 2008)

La harina de algarrobo es soluble en líquidos, por lo cual puede mezclarse rápidamente con agua o leche, puede tomar el lugar del chocolate en la preparación de tortas, postres y galletas. Aunque la harina de algarrobo tiene un sabor dulce su aroma es fuerte por lo que no conviene abusar de ella. (González, 2017)

2.4.1.1 Composición fisicoquímica de la harina de algarrobo

En la composición de la harina de algarroba de *Ceratonia siliqua* se destaca la presencia de entre (40 y 50) % de azúcares, fundamentalmente fructuosa, glucosa y sacarosa. También tiene un 5% de proteínas y muchos minerales: hierro, calcio, magnesio, zinc, silicio, fósforo y mucho potasio. Además, al no poseer gluten como sucede con otras harinas, resulta apta para celíacos. Como su contenido de hidratos de carbono es menor que el de la harina de trigo, su consumo es aconsejable para los diabéticos (Tamayo, 2017). En la (tabla 2.5), se detalla las propiedades fisicoquímicas de la harina de algarrobo.

Tabla 2.5

Propiedades fisicoquímicas de la harina de algarrobo

Parámetros	Unidad	valor
Proteína	%	11,08
Materia seca	%	99,99
Grasa	%	3,06
Fibra	%	30,01
Cenizas	%	10,55

Fuente: AGROLAB, 2016

2.4.2 Harina de coco

La harina de coco ocupa un segundo lugar entre los derivados del coco, dada su capacidad de usarla ya sea en la elaboración de comidas o bebidas. Esta harina se usa como una alternativa para las harinas de trigo, al ser libre de gluten y rica en proteínas. Esta harina se caracteriza por ser libre de gluten, además de contener ácido láurico, que promueve la buena salud del sistema inmunológico. Además, la harina de coco contiene el más alto porcentaje de

fibra alrededor de un 50% de todas las harinas y en comparación con el salvado de trigo que únicamente contiene un 27%. (Villa & Mejía, 2015)

La harina de coco es rica en fibra, por lo que absorbe mucha agua mientras se cocina con ella, en comparación con otras harinas, se comporta como una esponja. En general, se utiliza la misma proporción de harina de coco que de líquido. La harina de coco se mantiene estable en cocciones a diferencia de otras harinas de frutos secos que contienen un alto porcentaje de grasas poliinsaturadas, las grasas presentes en la harina de coco son saturadas y, por lo tanto, son estables al calor. (Navarro, 2016)

2.4.2.1 Composición fisicoquímica de la harina de coco

La harina de coco es una alternativa deliciosa y saludable para la mayoría de la gente que es alérgica a los frutos secos, trigo, leche o a otros alimentos que pueden producir alergias. Dado que hay muy pocas personas que sean alérgicas al coco, se le considera hipo alérgico (Rodríguez, 2014).

La harina de coco se considera una alimentación baja en carbohidratos. Además, es un alimento de índice glicémico bajo, lo que significa que tiene un impacto mínimo sobre el azúcar en la sangre. Esto hace que la harina de coco sea apropiada para bajas en carbohidratos y las dietas de bajo índice glicémico (Sánchez, 2015). En la (tabla 2.6), se detalla la composición fisicoquímica de la harina de coco.

Tabla 2.6

Composición fisicoquímica de la harina de coco

Parámetros	Unidad	Valor
Energía	Kcal	58,00
humedad	%	7,00
Carbohidratos	%	39,00
Proteínas	%	20,00
Grasa	%	9,00
Fibra	%	5,45

Fuente: Flores, 2015

2.5 Descripción de insumos para la elaboración de galleta con harina de coco y algarrobo para celíacos

Los insumos para la elaboración de galleta de coco y algarrobo para celíacos son los siguientes:

2.5.1 Almidón de yuca

Es un polisacárido natural, obtenido de la raíz de la yuca, está formado por una mezcla de dos sustancias, amilosa y amilopectina, que sólo difieren en su estructura: la forma en la que se unen las unidades de glucosa entre sí para formar las cadenas. Pero esto es determinante para sus propiedades. Así, la amilosa es soluble en agua y más fácilmente hidrolizable que la amilopectina (es más fácil romper su cadena para liberar las moléculas de glucosa). La influencia de este último constituyente es importante ya que cuanto mayor es el contenido de amilopectina el producto resulta más adhesivo, característica que se aprovecha extensamente como agente espesante, estabilizante y adhesivo tanto en la industria alimentaria como en otras industrias. (Covana & Antezana, 2007)

El almidón de yuca es usado para el consumo humano en la industria de la panificación, en la preparación de harinas compuestas trigo–yuca para la elaboración de pan y galletas, fideos y macarrones. El almidón de yuca tiene una función principal en las masas que es la capacidad de expansión durante el horneado del producto (Gallego, 2015). En la (tabla 2.7), se describe las aplicaciones del almidón de yuca en los alimentos e industrialmente.

Tabla 2.7

Aplicaciones del almidón de yuca

Aplicación	Producto	Materia prima sustituida	Sustitución
Alimentos	Panadería	Harina de trigo	(5-10)%
	Mezclas para coladas y sopas	Harinas de trigo, arroz, maíz y plátano	(10-40)%
	Snacks	Harinas de trigo, arroz y maíz	100%
	Carnes procesadas	Harina de trigo, almidones	50%
Industrial	Cerveza	Almidón de maíz, harina de arroz, jarabe de maltosa	(50-100)%
	Adhesivos	Almidón de maíz y papa	(30-100)%
	Plásticos biodegradables	Almidón de maíz y papa	70%

Fuente: Gallego, 2015

2.5.1.1 Composición fisicoquímica del almidón de yuca

"Su valor nutricional radica en el aporte en hidratos de carbono, aunque comparativamente tenga un bajo contenido en vitaminas y minerales, tiene un alto contenido en agua" (Flores, 2007. Pág. 25). En la (tabla 2.8), se detalla la composición fisicoquímica del almidón de yuca.

Tabla 2.8

Composición fisicoquímica del almidón de yuca

Parámetros	Unidad	Valor
Humedad	%	9,48
Proteína cruda	%	0,06
Grasa cruda	%	0,20
Fibra cruda	%	1,01
Cenizas	%	0,29
Amilosa	%	17,00
Amilopectina	%	83,00

Fuente: Betancur, 2001

2.5.2 Almidón de maíz (maicena)

El almidón de maíz (maicena), consiste en un polvo blanco y sedoso que se consigue con el molido muy fino del tejido interno del maíz seco (endospermo). El almidón de maíz es doblemente espesante que la harina de maíz. Al calentarse el almidón sus cadenas moleculares se desenredan y se ligan con otras cadenas, provocando el espesamiento de la receta en cuestión. (Lozada, 2013)

En la industria de alimentos el almidón, tiene un papel importante en la textura de varios preparados al aportar palatabilidad y aceptabilidad. Actúa como protector contra la humedad, de diversos productos en polvo como azúcares pues los almidones absorben humedad sin apelmazarse. En la mezcla con harinas cumple la función de bajar el contenido de proteínas y da la fuerza del gluten en panaderías. En la fabricación de galletas tiene la función de aumentar su propiedad de extenderse y crujir, además de ablandar la textura y aumentar el sabor. (Sánchez, 2011)

2.5.2.1 Composición fisicoquímica de la maicena

La maicena en su composición destaca su alto contenido en carbohidratos complejos y en proteínas. La maicena es un producto que cuenta con diferentes minerales: potasio, hierro, fósforo, manganeso, calcio, zinc, selenio y magnesio; también es importante su contenido en agua. Es un producto bajo en grasas y en calorías. Además, no contiene gluten (Sánchez, 2011). En la (tabla 2.9), se detalla la composición fisicoquímica del almidón de maíz.

Tabla 2.9

Composición fisicoquímica de la maicena

Parámetros	Unidad	Cantidad
Carbohidratos	g	910
Fibra dietética	g	0
Azúcar	g	0
Proteínas	g	0
Sodio	mg	9
Potasio	mg	3

Fuente: KRIS, 2018

2.5.3 Margarina (vegetal)

Son grasas semisólidas con aspecto similar a la mantequilla pero más untuosas. Se obtienen mediante procedimientos industriales a partir de grasas insaturadas de origen vegetal (margarina 100% vegetal) o bien a partir de grasas de origen animal y vegetal mezcladas (margarinas mixtas). La mantequilla contiene un 50% de ácidos grasos saturados, mientras que la margarina vegetal tiene un valor promedio de 26%. Además, la cantidad de grasas insaturadas (mayoritariamente, ácido linoleico) es notablemente mayor en la margarina que en la mantequilla y la margarina no contiene colesterol. (Moreira, 2013)

La margarina conjuntamente con el azúcar, es el ingrediente que interviene en mayor proporción, después de la harina. Cumple las siguientes funciones (Pozo, 2009):

- Tiene un efecto ablandador sobre la masa produciendo una galleta de textura blanda, suave al paladar.
- Cuando cubre la masa retiene la humedad y prolonga la frescura del producto.

La acción principal de estos emulsionantes es la de reforzar la masa, haciéndola más tolerante a todos los esfuerzos a que se la somete durante su proceso, hasta su llegada final al proceso de horneado. Cuando se cuece el producto, la grasa no se altera y queda al final con la misma distribución que

tenía inicialmente. Así estas partículas pueden deslizarse en el producto cocido, unas sobre otras, dando una sensación de suavidad al paladar. Entre las grasas más empleadas en galletería se tiene la mantequilla, la margarina y las grasas vegetales (hidrogenadas); esta última ampliamente difundida por su bajo costo y buenas características. (Pozo, 2009)

2.5.3.1 Composición fisicoquímica de margarina

La margarina se obtiene con la emulsión de aceites vegetales refinados mezclados con agua. Suele contener mezclas de aceites vegetales de palma u oleína de palma, soja, girasol, maíz, aceite de oliva, aceite de linaza, de coco las combinaciones varían según la marca (Pozo, 2009). En la (tabla 2.10), se detalla la composición fisicoquímica de margarina.

Tabla 2.10

Composición fisicoquímica de margarina

Parámetros	Unidad	Valor
Aporte energético	Kcal	556
Grasa total	g	61
Grasa saturada	g	3
Grasa trans	-	-
Colesterol	-	-
Carbohidratos totales	g	1
Proteínas	-	-

Fuente: Pii Andina, 2019

2.5.4 Azúcar

"Azúcar blando se define como sacarosa purificada y cristalizada (sucrosa)" (Codex Alimentarius, 1999. Pág. 1).

El azúcar es el nombre común por el cual se conoce a la sacarosa, siendo su fórmula química $C_{12}H_{22}O_{11}$, ésta se encuentra compuesta por dos moléculas, una de fructosa y la otra de glucosa, por lo general la forma más común de obtenerla es a partir de la caña de azúcar, mediante un proceso de cristalización del néctar de dicha planta. Esta sustancia es de tipo sólida y cristalina, cuenta además con una tonalidad blanca, se encuentra englobada

en lo que son los hidratos de carbono caracterizándose por tener un sabor dulce y por su solubilidad en agua (Flores, 2016). El azúcar cumple las siguientes funciones (Pozo, 2009):

- Aporta color a las galletas.
- Aumenta el valor calórico.
- Tiene un efecto ablandador cuando se le emplea conjuntamente con la grasa.
- Imparte sabor.
- Interviene en el formato o expansión según su tipo de granulación.

2.5.4.1 Composición fisicoquímica del azúcar

“El azúcar es una importante fuente de calorías en la dieta alimenticia, pero es frecuentemente asociada a calorías vacías, debido a la completa ausencia de vitaminas y minerales” (Pozo, 2009. Pág.25). En la tabla (2.11), se detalla la composición fisicoquímica del azúcar.

Tabla 2.11

Composición fisicoquímica del azúcar

Parámetros	Unidad	Valor
Valor energético	Kcal	399,75
Carbohidratos	g	98,87
Proteínas	-	-
Materia grasa	g	0,03
Fibra alimentaria	-	-

Fuente: FADAMI, 2019

2.5.5 Polvo para hornear

Polvo para hornear o levadura química es un elemento leudante que consiste en la combinación de bicarbonato de sodio y crémor tártaro agregándole un absorbente de humedad. También conocido como «levadura química» o «leudante» o «impulsor», se utiliza mucho en gastronomía en general y particularmente en la pastelería y repostería. (Sánchez, 2016)

"Se utiliza como leudante; durante el horneado provoca la liberación de dióxido de carbono para la obtención del volumen y textura característico de las masas" (Reyes, 2009. Pág.25).

2.5.5.1 Composición fisicoquímica de polvo para hornear

"El polvo para hornear, está compuesto de bicarbonato de sodio, almidón de maíz y fosfato mono cálcico monohidratado" (Flores, 2017. Pág.5). En la (tabla 2.12) se detalla la dosificación básica de polvo para hornear.

Tabla 2.12

Dosificación básica de polvo para hornear

Cantidad	Cantidad de polvo de hornear
1 taza	1 a 2 cucharaditas
1 kilo	21,4 a 42,8 g
Equivalencias	
1 taza de harina	140 g
1 cucharadita de polvo para hornear	3 g

Fuente: KRIS, 2019

2.5.6 Carboximetilcelulosa

"Polvo granulado o fibroso, blanco o ligeramente amarillento o grisáceo, ligeramente higroscópico, inodoro e insípido" (Castellucci, 2009. Pág.1)

La goma carboximetilcelulosa (CMC) es un hidrocoloide de gran utilidad en la industria de alimentos. Se define como sal sódica de un éter policarboximetílico de la celulosa; es un polvo granuloso, blanco o casi blanco, higroscópico tras su desecación. Se dispersa fácilmente en agua dando disoluciones coloidales. (Cando, 2010)

Es utilizado en la elaboración de diferentes masas para darles mayor elasticidad, lo que permite estirarlas sin que estas se rompan, se usa para hacer masas en panes, galletas y fondant entre otros; ya que actúan como estabilizantes equilibrando la humedad de la masa para que esta no se rompa (Soto, 2015).

2.5.6.1 Composición fisicoquímica de carboximetilcelulosa

"La carboximetilcelulosa es el éter más importante derivado de celulosa, cuyas propiedades la hacen idónea para una gran variedad de aplicaciones en la industria alimentaria "(Terán & Escalera, 2007. Pág.107). En la (tabla 2.13) se detalla la composición fisicoquímica de carboximetilcelulosa.

Tabla 2.13

Composición fisicoquímica de carboximetilcelulosa		
Parámetros	Unidad	Valor
Humedad máxima	%	8,00
Pureza mínima, base seca	%	99,50
Densidad	g/ml	0,75
PH	En solución acuosa al 1%	7,00-10,00
Viscosidad al 5% en agua	mPas (20°C)	6000-8000

Fuente: Terán & Escalera, 2007

2.5.7 Goma xantana

La xantana, goma xantana o xantan es un polisacárido extracelular producido por la fermentación de glucosa o sacarosa del maíz por la bacteria (*xanthomonas campestris*). Este aditivo se utiliza en la industria alimentaria por su efecto espesante. En mayores proporciones solo forma un gran gel, pero jamás llega a endurecerse se mantiene como un líquido fluido. (Villa & Mejía, 2014)

La xantana presenta unas características muy apreciadas por la industria alimentaria, gracias a su estructura, este producto es soluble tanto en frío como en caliente. Su principal uso es modificar la textura original de un líquido proporcionándole viscosidad y densidad, y una de las grandes ventajas que

ofrece es que no altera el sabor ni el color del líquido en el que se aplica. Además, la función de la xantana no se ve afectada por concentraciones elevadas de sales, tampoco influye en el pH, ni la temperatura de un producto. (Paredes, 2014)

2.5.7.1 Composición fisicoquímica de goma xantana

Se presenta en forma de polvo blanco, el cual se disuelve perfectamente en agua, tanto fría como caliente, dando lugar a soluciones con alto grado de viscosidad. La goma xantana no contiene ni grasas ni proteínas, simplemente se compone de fibra dietética (Ferrón, 2018). En la (tabla 2.14), se detalla la composición fisicoquímica de goma xantana.

Tabla 2.14

Composición fisicoquímica de goma xantana

Parámetros	Unidad	Valor
Viscosidad (1% en sol. KCl 1%)	cps	12000-1700
Ph (sol. 1% goma xantan)	%	15,00
Cenizas	%	16,00
Nitrógeno	%	1,50

Fuente: Maquimex, 2012

2.5.8 Huevo

Cuerpo orgánico esférico u oblongo, que producen y ponen sobre todo las hembras de las aves. Protegido por una cáscara, contiene el germen de un embrión y reservas alimentarias. La palabra "huevo", sin otra mención, designa exclusivamente al huevo de gallina. (Solano, 2009)

Las diferentes características de las partes que componen el huevo ofrecen múltiples posibilidades de utilización en función de las cualidades fisicoquímicas u organolépticas que se requieran. La clara contribuye de modo importante a la hidratación de la masa. Añadiendo claras sin batir se logra la estabilización del producto cuando todas las proteínas coagulan por el calor; este efecto permite la textura esponjosa en preparados con harinas pobres en gluten. La yema contribuye a la estabilización del producto por el calor. Pero

el componente más característico de la yema son las lecitinas, lípidos polares con carácter anfipático. Esto permite que la lecitina sea un agente emulsionante natural que se asocia con las grasas e impide que interfieran en la coagulación. (Cambón & Rodríguez, 2013)

2.5.8.1 Composición fisicoquímica del huevo

La yema, es la tercera parte del huevo y porción de color amarillo. Se compone principalmente de grasas, proteínas, vitaminas y minerales. La intensidad de su color dependerá del alimento (granos y alfalfa) que consume la gallina. La clara, de textura viscosa y transparente, está formada en un 90% de agua, el resto lo constituyen las proteínas (ovoalbúmina, la más abundante) y vitaminas. La clara es el único alimento que aporta proteínas sin grasa (Gonzales, 2015). En la (tabla 2.15), se detalla la composición fisicoquímica del huevo.

Tabla 2.15

Composición fisicoquímica del huevo

Parámetros	Unidad	Valor
Agua	g	73,80
Valor calórico	kcal	159,00
Proteínas	g	12,90
Glúcidos	g	0,60
Lípidos	g	11,70
Colesterol	mg	550,00
Hierro	mg	2,70
Calcio	mg	58,00
Magnesio	mg	13,00
Fósforo	mg	221,00
Potasio	mg	144,00
Sodio	mg	121,00
Vitamina A	mg	202,00
Vitamina B2	mg	0,35
Vitamina B6	mg	0,12

Fuente: Gonzales, 2015

2.5.9 Agua

El agua potable es el agua apta para consumo humano, es decir, el agua que puede beberse directamente o usarse para lavar y/o preparar alimentos sin riesgo alguno para la salud. No deberá contener sustancias o cuerpos extraños de origen biológico, orgánico o radioactivo en tenores tales que la hagan peligrosa para la salud. Deberá presentar sabor agradable y ser prácticamente incolora, inodora, limpia y transparente. (A.S.S., 2015)

El agua juega un papel fundamental en la formación de la masa, en el sabor y frescura de la galleta. Disuelve los ingredientes, permitiendo una total incorporación de ellos. También hidrata los almidones, para dar por resultado una masa elástica. (Martínez, 2014)

2.5.9.1 Requisitos físicos y organolépticos del agua

El agua contiene diversas sustancias químicas y biológicas disueltas o suspendidas en ella. Además, el agua contiene organismos vivos que reaccionan con sus elementos físicos y químicos. Por estas razones suele ser necesario tratarla para hacerla adecuada para su uso como provisión a la población (Orellana, 2005). En la (tabla 2.16), se detalla los requisitos físicos y organolépticos del agua potable.

Tabla 2.16

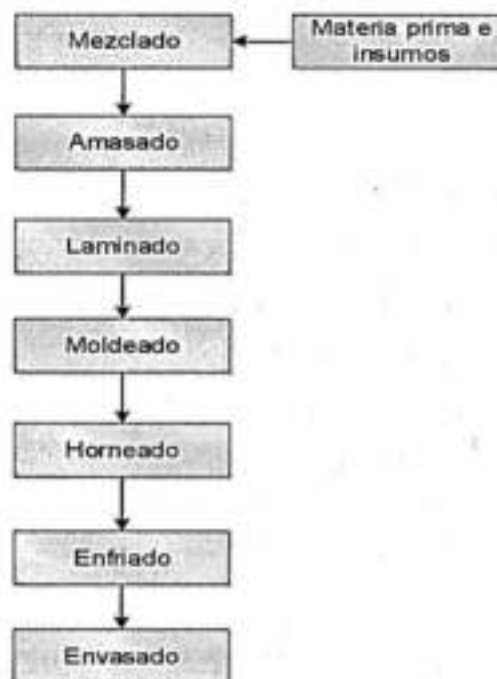
Requisitos físicos y organolépticos del agua potable

Características	Valor máximo	observaciones
Color	15 UCV	UCV unidad de color verdadero UCV unidades de platino cobalto
Turbidez	5 UNT	UNT unidades nefelométricas de turbiedad
Sólidos disueltos totales	1000 mg/l	Valor superior podría influir en la aceptabilidad (palatabilidad)
Sabor, olor	-----	Deben ser aceptables
temperatura	-----	Deben ser aceptables

Fuente: IBNORCA, 2018

2.6 Diagrama de flujo del proceso de elaboración de galleta común

En la (figura 2.1), se muestra el diagrama de flujo del proceso de elaboración de galletas. (Ruiz, 2006)



Fuente: Ruiz, 2006

Figura 2.1: Diagrama de flujo del proceso de elaboración de galleta

2.6.1 Mezclado

Se realiza con la incorporación al interior del mezclador la materia prima e insumos las cuales se mezclan hasta homogenizar el mezclado. Posteriormente en el mismo mezclador se adiciona la mantequilla, hasta homogenizar y obtener una ligera y casi esponjosa masa. De esta forma se incorpora a la masa más aire para que crezca en el horno y queden galletas suaves y crujientes. (Ruiz, 2006)

2.6.2 Amasado

El amasado tiene como objetivo lograr un reparto adecuado de los componentes, para aumentar la absorción de agua por parte de la masa. En el amasado, pueden agregar algunos ingredientes tales como chispas de chocolate, pasas, frutos secos, etc. (Fernández, 2017)

2.6.3 Laminado

La masa pasa por una laminadora la cual cuenta con pares de rodillos, hasta lograr el espesor requerido para cada tipo de galleta, lo que se consigue con la presión de los rodillos en el laminador, es que salga la parte del aire y gases encerrados en la masa, lo que podría ser beneficioso o perjudicial según se trate de hacer una galleta dura u hojaldrada. La función del laminado es compactar y calibrar el trozo de masa transformándolo en una lámina de espesor uniforme que abarque toda la anchura del equipo. (Arroquy, 2011)

2.6.4 Moldeado

Obtenida la masa se le da forma con un molde en recipientes de acero inoxidable, y en el mismo recipiente de acero inoxidable se controla el peso con una balanza, para obtener las características físicas deseadas en el producto para luego de hornearse. (Ruiz, 2006)

2.6.5 Horneado

"El horno que debe estar previamente calentado, se introduce la bandeja de galletas crudas al horno por 20-25 minutos entre (150-180)°C, hasta su respectivo cocimiento". (Ruiz, 2006, Pág.24).

2.6.6 Enfriamiento

"Al salir del horno las galletas son colocadas en bandas transportadoras para su envoltura y a la vez se enfrían a temperatura ambiente, para que puedan envasarse sin riesgo de que la galleta aun libere calor" (Ruiz, 2006. Pág. 25)

2.6.2 Amasado

El amasado tiene como objetivo lograr un reparto adecuado de los componentes, para aumentar la absorción de agua por parte de la masa. En el amasado, pueden agregar algunos ingredientes tales como chispas de chocolate, pasas, frutos secos, etc. (Fernández, 2017)

2.6.3 Laminado

La masa pasa por una laminadora la cual cuenta con pares de rodillos, hasta lograr el espesor requerido para cada tipo de galleta, lo que se consigue con la presión de los rodillos en el laminador, es que salga la parte del aire y gases encerrados en la masa, lo que podría ser beneficioso o perjudicial según se trate de hacer una galleta dura u hojaldrada. La función del laminado es compactar y calibrar el trozo de masa transformándolo en una lámina de espesor uniforme que abarque toda la anchura del equipo. (Arroquy, 2011)

2.6.4 Moldeado

Obtenida la masa se le da forma con un molde en recipientes de acero inoxidable, y en el mismo recipiente de acero inoxidable se controla el peso con una balanza, para obtener las características físicas deseadas en el producto para luego de hornearse. (Ruiz, 2006)

2.6.5 Horneado

"El horno que debe estar previamente calentado, se introduce la bandeja de galletas crudas al horno por 20-25 minutos entre (150-180)°C, hasta su respectivo cocimiento". (Ruiz, 2006, Pág.24).

2.6.6 Enfriamiento

"Al salir del horno las galletas son colocadas en bandas transportadoras para su envoltura y a la vez se enfrían a temperatura ambiente, para que puedan envasarse sin riesgo de que la galleta aun libere calor" (Ruiz, 2006. Pág. 25)

2.6.7 Envasado y sellado

"Una vez enfriadas las galletas, pasan por el proceso de envasado, pero previamente son revisadas por control de calidad en parámetros físicos y químicos, quienes autorizan su liberación y dan paso al empacado final" (Ruiz, 2006, Pág.25)

CAPITULO III
METOLOGÍA
EXPERIMENTAL

3.1 Desarrollo de la parte experimental

La parte experimental del presente trabajo de investigación "Elaboración de galleta con harina de coco y algarrobo para celíacos", se realizó en el Laboratorio Taller de Alimentos; dependiente de la Carrera de Ingeniería de Alimentos de la Universidad Autónoma "Juan Misael Saracho".

3.2 Equipos de proceso, instrumentos y material de laboratorio

Durante la realización de la parte experimental, se utiliza diferentes equipos y materiales del Laboratorio Taller de Alimentos; como ser:

3.2.1 Equipos de proceso

Los equipos utilizados en el presente trabajo de investigación se describen a continuación:

3.2.1.1 Horno semi industrial

El horno semi industrial (figura 3.1), se utilizó con el propósito de cocción para la masa de la galleta con harina de coco y algarrobo para celíacos.



Fuente: L.T.A, 2019

Figura 3.1: Horno semi industrial

3.2.1.2 Laminador

El laminador (figura 3.2), se utiliza con el fin de laminar la masa, para darle el espesor respectivo de la galleta con harina de coco y algarrobo para celíacos.



Fuente: L.T.A, 2019

Figura 3.2: Laminador

3.3 Instrumentos de laboratorio

El material de laboratorio utilizado en el proceso de elaboración de galletas con harina de coco y algarrobo para celíacos se detalla a continuación.

3.3.1 Balanza analítica digital

La balanza analítica digital (figura 3.3), se utiliza para el pesado de la materia prima e insumos que se utiliza en el transcurso de la elaboración del trabajo.



Fuente: LTA, 2019

Figura 3.3: Balanza analítica digital

3.3.2 Selladora eléctrica manual

La selladora eléctrica manual (figura 3.4), se utiliza para sellar herméticamente los envases (bolsas de polipropileno) que contienen al producto final.



Fuente: LTA, 2019

Figura 3.4: Selladora manual

3.3.3 Balanza de humedad por infrarrojo

La balanza de humedad por infrarrojo (figura 3.5), perteneciente al Laboratorio de Operaciones Unitarias (LOU); Carrera de Ingeniería Química. Se utiliza para determinar el contenido de humedad de las muestras de galleta con harina de coco y algarrobo para celíacos.



Fuente: L.O.U, 2019

Figura 3.5: Balanza de humedad por infrarrojo

3.4 Material de laboratorio utilizado en el proceso de galleta de coco y algarrobo para celíacos

El material de laboratorio que se utiliza durante el desarrollo del presente trabajo, se detalla en la tabla 3.1

Tabla 3.1

Material de laboratorio en el proceso de galleta con harina de coco y algarrobo para celíacos

Materiales	Cantidad	Tamaño	Tipo de material
Termómetro de mercurio	1	10-360°C	Vidrio (Hg)
Espátula	1	Mediano	Metálico
Mortero con maso	1	Mediano	Porcelana
Mesa	1	Mediano	Metálico

Fuente: Elaboración propia

3.5 Material de cocina

El material de cocina a ser utilizado durante el desarrollo del presente trabajo, se detalla en la tabla 3.2

Tabla 3.2

Materiales de cocina

Utensilios	Cantidad	Tamaño	Tipo
Fuente	2	Mediano	Acero inoxidable
Jarras	1	Mediano	Plástico
Cucharas	2	Mediano	Acero inoxidable
Envases	5	Mediano	Plástico
Moldeador o cortador	2	Mediano	Acero inoxidable
Papel film	1	Mediano	Plástico

Fuente: Elaboración propia

3.6 Materia prima para la elaboración de galleta con harina de coco y algarrobo para celíacos

La materia prima que se utiliza para la elaboración de galleta con harina de coco y algarrobo para celíacos, se detallan en la tabla 3.3

Tabla 3.3

Materias primas

Materia prima	Marca	Procedencia
Harina de coco	Longeva	Cochabamba
Harina de algarrobo	Ecológica Super Natural	Santa Cruz

Fuente: Elaboración propia

3.6.1 Aditivos químicos de grado alimentario para la elaboración de galleta con harina de coco y algarrobo para celíacos

Los aditivos químicos que se utiliza en la elaboración de galleta con harina de coco y algarrobo para celíacos, se detallan en la tabla 3.4

Tabla 3.4

Aditivos químicos de grado alimentario

Insumo	Estado	Procedencia	Marca
Polvo de hornear	Polvo	Bolivia	Kris
Carboximetilcelulosa	Polvo	Bolivia	Duas Rodas

Fuente: Elaboración propia

3.6.2 Insumos alimentarios para la elaboración de galleta con harina de coco y algarrobo para celíacos

Los insumos alimentarios que se utilizó en la elaboración de galleta con harina de coco y algarrobo para celíacos, se detallan en la tabla 3.5

Tabla 3.5

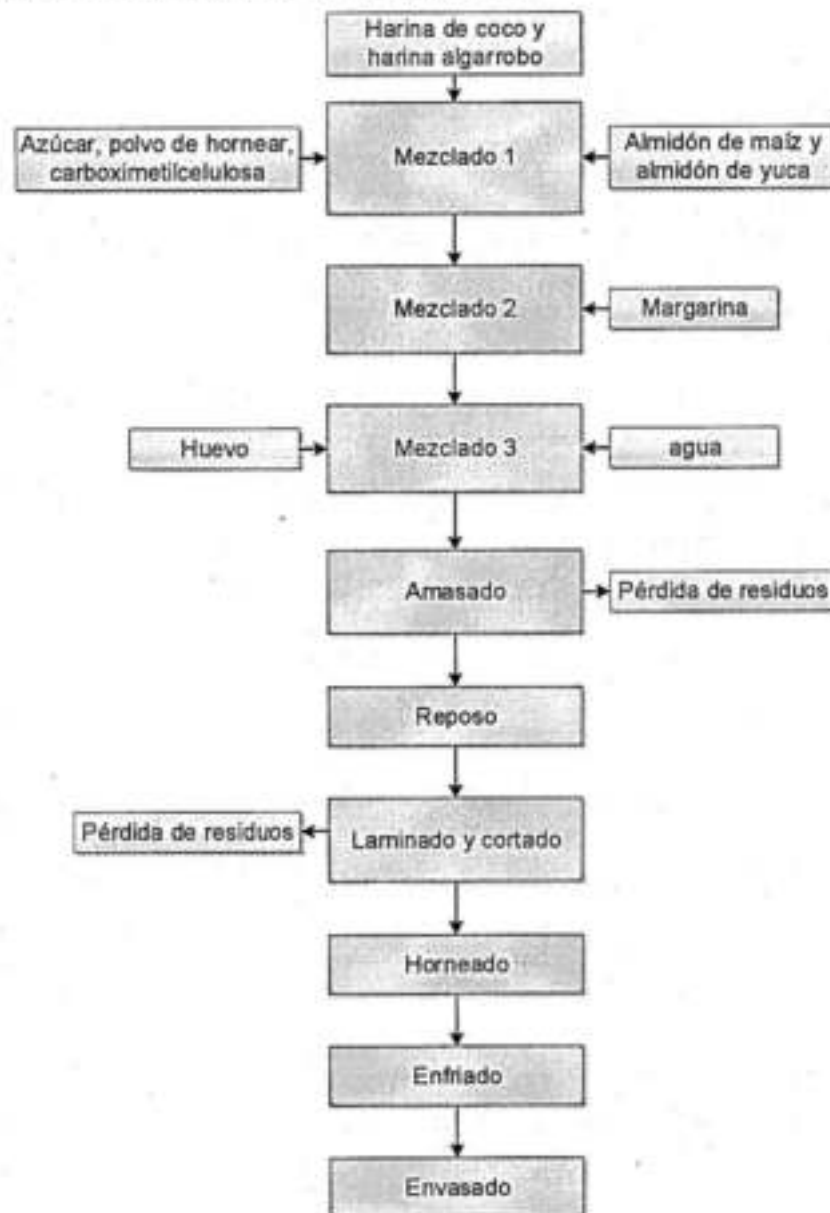
Insumos alimentarios para la elaboración de galleta con harina de coco y algarrobo para celíacos

Insumo	Estado	Procedencia	Marca
Margarina	Sólido	Bolivia	Reyna
Almidón de yuca	Polvo	Bolivia	El cocinero
Almidón de maíz	Polvo	Bolivia	Maicena
Azúcar blanca	Sólido	Bolivia	I.A.B.S.A
Huevo	Líquido	Tarija-Bolivia	-
Agua	Líquido	Tarija-Bolivia	-

Fuente: Elaboración propia

3.7 Diagrama de flujo del proceso para elaboración de galleta con harina de coco y algarrobo para celíacos

En la figura 3.6, se muestra el diagrama de flujo para la elaboración de galleta con harina de coco y algarrobo para celíacos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.6: Diagrama de flujo para la elaboración de galleta con harina de coco y algarrobo para celíacos

3.7.1 Descripción del diagrama de flujo para la elaboración de galleta con harina de coco y algarrobo para celíacos

Las operaciones realizadas a nivel experimental en la elaboración de galleta con harina de coco y algarrobo se detallan a continuación.

3.7.1.1 Mezclado 1

En el mezclado 1, consiste en agregar en un bol de acero inoxidable la harina de coco entre (10,09-10,20)%, harina de algarrobo entre (1,20-1,47)%, almidón de yuca entre (14,50-14,59)%, almidón de maíz entre (22,30-22,35)% y azúcar entre (12-12,01)%, polvo de hornear (1,40-1,44)% y carboximetilcelulosa entre (0,29-0,34)%, este mezclado se realizó manualmente alrededor de un tiempo de 2 a 3 minutos.

3.7.1.2 Mezclado 2

Posteriormente, se continúa el mezclado donde se agrega la materia grasa, "margarina" entre (12,82 - 14,24) en forma manual y se mezcla durante un tiempo de 5 minutos hasta homogenizar la masa.

3.7.1.3 Mezclado 3

En el mezclado 3, se añade por último a la masa el agua filtrada entre (0,53-0,57)% y huevo entre (24,60-24,63)%, se mezcló de forma manual hasta homogenizar la masa.

3.7.1.4 Amasado

El amasado, se realiza de forma manual presionando y estirando la masa con la palma de la mano alrededor de 5 minutos, doblándola sobre sí misma, hasta lograr una masa firme y homogénea.

3.7.1.5 Reposo

Posteriormente, se cubre la masa con papel film en un bol de acero inoxidable y se deja en reposo durante 15 minutos para dar lugar que se active el polvo de hornear (levadura en polvo) y lograr un ligero levantamiento de la masa. Así, mismo el estabilizante y espesante carboximetilcelulosa durante el reposo proporciona la capacidad de estiramiento de la masa.

3.7.1.6 Laminado

Una vez finalizado el reposo, se realiza el laminado de la masa en una laminadora de dos rodillos la cual se calibre de forma manual con la ayuda de los reguladores del laminador hasta lograr un grosor aproximado de 1cm, la masa de la galleta pasa por los rodillos del laminador, para luego ser llevada a una mesa metálica para su cortado.

3.7.1.7 cortado

Posteriormente se realiza el cortado de la masa con el molde de acero inoxidable con diámetro externo de 3,5cm e interno de 1cm. La masa cortada es ubicada en bandejas metálicas de acero para su respectiva cocción.

3.7.1.8 Horneado

El horneado de la masa, se realiza en un horno semi industrial, el cual es previamente precalentado (10 a 15) minutos para obtener una temperatura interna entre (100 – 120) °C, con el termómetro del horno incrustado en la parte frontal. Pasado el tiempo de precalentado, se introduce la bandeja con la masa cortada (cruda), la cocción se realiza entre (20 a 25) minutos, manteniendo una temperatura interna entre (110 – 120) °C en el horno, hasta que la masa de la galleta se logre cocer.

3.7.1.9 Enfriado

Al retirar las bandejas del horno las galletas pasan a un bol metálico para el enfriado y adquirir temperatura ambiente entre (18- 20) °C, durante (20 a 25) minutos para estabilizar la humedad y textura final de la galleta.

3.7.1.10 Envasado

Una vez finalizado el enfriado de las galletas, se realiza el envasado en bolsas de polipropileno (20x15cm) y con la ayuda de la selladora manual se realiza el sellado de las bolsas.

3.8 Características fisicoquímicas de la materia prima

Las características de la materia prima, se realiza tomando en cuenta las propiedades fisicoquímicas de la harina de coco y harina de algarrobo.

3.8.1 Análisis de macronutrientes de la harina de coco

En la tabla 3.6, se muestra los parámetros y métodos tomados en cuenta para la determinación de las propiedades fisicoquímicas (macronutrientes).

Tabla 3.6

<i>Análisis de macronutrientes de la harina de coco</i>		
Parámetros	Método en ensayo	Unidad
Ceniza	NB39034:10	%
Fibra	Gravimétrico	%
Grasa	NB313019:06	%
Hidratos de carbono	Cálculo	%
Humedad	NB313010:05	%
Proteína total (Nx6,25)	NB/ISO8968-1:08	%
Valor energético	Cálculo	Kcal/100g

Fuente: CEANID, 2019

3.8.2 Análisis de micronutrientes de la harina de coco

En la tabla 3.7, se muestran los parámetros y métodos de micronutrientes de la harina de coco.

Tabla 3.7

Análisis de micronutrientes de la harina de coco

Parámetros	Método en ensayo	Unidad
Magnesio	Absorción atómica	mg/100g
Potasio	Absorción atómica	mg/100g
Fosforo	SM4500-P-D	mg/100g

Fuente: CEANID, 2019

3.8.3 Análisis de macronutrientes de la harina de algarrobo

En la tabla 3.8, se detalla los parámetros y métodos de los macronutrientes de la harina de algarrobo.

Tabla 3.8

Parámetros y métodos de macronutrientes de la harina de algarrobo

Parámetros	Método de ensayo	Unidad
Ceniza	NB39034:10	%
Fibra	Gravimétrico	%
Grasa	NB313019:06	%
Hidratos de carbono	Cálculo	%
Humedad	NB313010:05	%
Proteína total (Nx6,25)	NB/ISO8968-1:08	%
Valor energético	Cálculo	Kcal/100g

Fuente: CEANID, 2019

3.8.4 Análisis de micronutrientes de la harina de algarrobo

Se muestra en la tabla 3.9, los parámetros y métodos de los micronutrientes de la harina de algarrobo.

Tabla 3.9

Parámetros y métodos de micronutrientes de la harina de algarrobo

Parámetros	Técnica y/o método de ensayo	Unidad
Calcio	Absorción atómica	mg/100g
Potasio	Absorción atómica	mg/100g

Fuente: CEANID, 2019

3.9 Caracterización del producto terminado

En la tabla 3.10, se detalla los parámetros para la caracterización física de la galleta con harina de coco y algarrobo para celíacos.

Tabla 3.10

Parámetros de la caracterización física del producto terminado

Parámetros	Unidad
Grosor	cm
Largo	cm
Ancho	cm

Fuente: Elaboración propia

3.10 Análisis de parámetros fisicoquímicos del producto terminado

En la tabla 3.11, se muestran los parámetros fisicoquímicos de la galleta con harina de coco y algarrobo para celíacos.

Tabla 3.11

Parámetros fisicoquímicos del producto terminado

Parámetro	Método de ensayo	Unidad
Acidez (como ac. Láctico)	NB229:98	%
Gluten húmedo	NB106:00	%

Fuente: CEANID, 2019

3.10.1 Análisis de parámetros de macronutrientes del producto terminado

En la tabla 3.12, se muestran los parámetros y métodos tomados en cuenta para determinar la composición de los macronutrientes del producto terminado, galleta con harina de coco y algarrobo para celíacos.

Tabla 3.12

Parámetros y métodos de macronutriente del producto terminado

Parámetro	Método de ensayo	Unidad
Ceniza.	NB39034:10	%
Fibra	Gravimétrico	%
Grasa	NB313019:06	%
Hidratos de carbono	Cálculo	%
Humedad	NB313010:05	%
Proteína total (Nx6,25)	NB/ISO 8968-1:08	%
Valor energético.	Cálculo	Kcal/100g

Fuente: CEANID, 2019.

3.10.2 Análisis de parámetros de micronutrientes del producto terminado

En la tabla 3.13, se muestra los parámetros para determinar la composición de los de micronutrientes en el producto terminado, galleta con harina de coco y algarrobo para celíacos.

Tabla 3.13

Análisis de parámetros de micronutrientes del producto terminado

Parámetros	Método de ensayo	Unidad
Calcio	Absorción atómica	mg/100g
Fosforo	SM5400-P-D	mg/100g
Magnesio total	Absorción atómica	mg/100g
Potasio	Absorción atómica	mg/100g

Fuente: CEANID, 2019

3.11 Análisis de parámetros microbiológicos del producto terminado

En la tabla 3.14, se muestra los parámetros y métodos para determinar la composición microbiológicos en el producto terminado, galletas de coco y algarrobo para celíacos.

Tabla 3.14

Parámetros y métodos microbiológicos del producto terminado

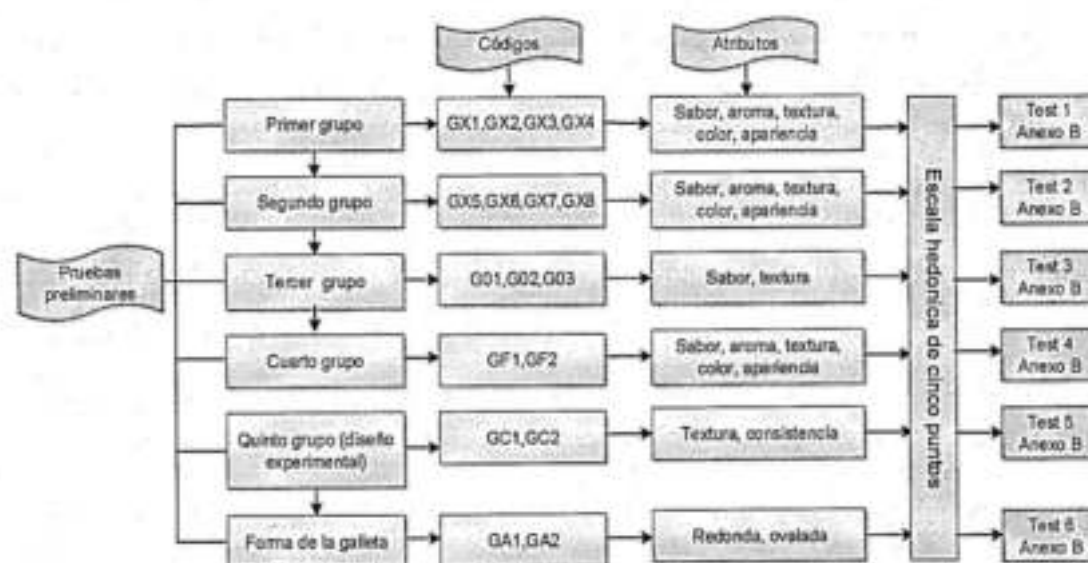
Parámetro	Método de ensayo	unidad
Coliformes totales	NB32005:02	UFC/g
Mohos y levaduras	NB32006:03	UFC/g
Staphylococo aureus	NB32004:02	UFC/g

Fuente: CEANID, 2019

3.12 Evaluación sensorial de los alimentos

El análisis sensorial es una disciplina muy útil para conocer las propiedades organolépticas de los alimentos, por medio de los sentidos. La evaluación sensorial es innata en el hombre ya que desde el momento que se prueba algún producto, se hace un juicio a cerca de él, si le gusta o disgusta, describe y reconoce sus características de sabor, olor, textura, color. Para realizar el análisis organoléptico del producto se tomará en cuenta una evaluación sensorial, compuesta con jueces no entrenados y en diferentes etapas del proceso hasta el producto terminado (Walt, 2014).

En la figura 3.7, se detalla las evaluaciones sensoriales del presente trabajo de investigación "Elaboración de galleta de coco y algarrobo para celíacos".



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.7: Evaluaciones sensoriales para la galleta con harina de coco y algarrobo para celíacos

3.13 Diseño experimental

"Un experimento diseñado es una serie de pruebas en las cuales se inducen cambios deliberados en las variables de entrada de un proceso o sistema, de manera que sea posible observar e identificar las causas de los cambios en la respuesta de salida" (Montgomery, 1991. Pag. 55).

El diseño experimental puede ser considerada como parte del proceso científico y una de las formas en que aprendemos acerca de la forma en que funcionan los sistemas o procesos. Por lo general, este aprendizaje se da a través de una serie de actividades en los cuales hacemos conjeturas sobre un proceso, realizamos experimentos para generar datos a partir del proceso y entonces usamos la información del experimento para establecer nuevas suposiciones que llevan a realizar nuevos experimentos y así sucesivamente, comportándose cíclicamente (Montgomery, 1991).

3.14 Diseño factorial

Diseño factorial, estudiar el efecto de varios factores sobre una o varias respuestas, es decir, busca estudiar la relación entre los factores y la respuesta, y tiene la finalidad de conocer mejor como es esta relación y que permitirá tomar acciones y decisiones que mejoren el desempeño del proceso (Montgomery, 1991).

"En el diseño factorial existen varios tipos como el 2^k y también el 3^k que consiste en factores cada uno con dos y tres niveles, estos niveles pueden ser cuantitativos y cualitativos". (Montgomery, 1991. Pág.15)

3.14.1 Diseño experimental con tres factores para el proceso de dosificación de la galleta de coco y algarrobo para celíacos

Para el trabajo de investigación se aplicó un diseño experimental donde se tomó en base a las variables propuestas para la dosificación de las galletas, las cuales se son: harina de algarrobo, agua, carboximetilcelulosa, se aplicó un diseño factorial aleatorizado donde se muestra en la Ecuación 3.1

$A \times B \times C$ (Ecuación 3.1) (Montgomery, 1991)

3.14.1.1 Matriz del diseño factorial para el proceso de dosificación de la galleta con harina de coco y algarrobo para celíacos

En la tabla 3.15, se muestra la matriz del diseño factorial para la galleta con harina de coco y algarrobo para celíacos.

Tabla 3.15

Matriz del diseño factorial para la dosificación de la elaboración de galleta con harina de coco y algarrobo para celíacos

Corridas	Variables			Intersecciones				Respuesta
	HA	AG	CM	HAAG	HACM	AGCM	HAAGCM	
1	-	-	-	+	+	+	-	Y_{11}
2	-	-	-	+	+	+	-	Y_{12}
3	-	+	+	-	-	+	-	Y_{13}
4	-	+	+	-	-	+	-	Y_{14}
5	0	-	-	0	0	+	0	Y_{15}
6	0	-	-	0	0	+	0	Y_{16}
7	0	+	+	0	0	+	0	Y_{17}
8	0	+	+	0	0	+	0	Y_{18}
9	+	-	-	-	-	+	+	Y_{19}
10	+	-	-	-	-	+	+	Y_{110}
11	+	+	+	+	+	+	+	Y_{111}
12	+	+	+	+	+	+	+	Y_{112}

Fuente: Elaboración propia

Donde:

Factor (A)=HA= Harina de algarrobo

Factor (B)=AG= Agua

Factor (C)=CM= Carboximetilcelulosa

Y_i = Contenido de humedad en base seca (%) en las muestras de galleta de coco y algarrobo para celíacos.

Corresponde a un modelo experimental de la Ecuación 3.1:

$$3 \times 2 \times 2 = 12 \text{ pruebas (Ecuación 3.2)}$$

CAPITULO IV
CÁLCULOS Y DISCUSIÓN
DE LOS RESULTADOS

4.1 Características fisicoquímicas de la materia prima

Las características fisicoquímicas de la materia prima, se realizó tomando en cuenta los análisis de macronutrientes y micronutrientes de la harina de coco y harina de algarrobo.

4.1.1 Análisis de macronutrientes de la harina de coco

Los análisis se realizaron en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID). Los resultados se detallan en la tabla 4.1, extraídos del (Anexo A).

Tabla 4.1

Análisis de macronutrientes de la harina de coco

Parámetros	Valor	Unidad
Ceniza	5,35	%
Fibra	5,59	%
Grasa	10,01	%
Hidratos de carbono	51,08	%
Humedad	7,60	%
Proteína total (Nx6,5)	20,37	%
Valor energético	375,89	Kcal/100g

Fuente: CEANID, 2019

En la tabla 4.1, se puede observar que la harina de coco contiene: ceniza 5,35%, fibra 5,59, humedad 7,60%, grasa 10,01%, proteína 20,37%, hidratos de carbono 51,08 y valor energético de 375,89 kcal/100g.

4.1.2 Análisis de micronutrientes de la harina de coco

Los análisis se realizaron en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID). Los resultados se detallan en la tabla 4.2, extraídos del (Anexo A).

Tabla 4.2

Análisis de micronutrientes de la harina de coco

Parámetros	Valor	Unidad
Magnesio	223,00	mg/100g
Potasio	1542,00	mg/100g
Fosforo	525,50	mg/100g

Fuente: CEANID, 2019

En la tabla 4.2, se puede observar que la harina de coco contiene: fósforo 525,50 mg/100g, magnesio 223,00 mg/100g y potasio 1545,00 mg/100g.

4.1.3 Análisis de macronutrientes de la harina de algarrobo

Los análisis se realizaron en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID). Los resultados se detallan en la tabla 4.3, extraídos del (Anexo A).

Tabla 4.3

Análisis de macronutrientes de la harina de algarrobo

Parámetros	Valor	Unidad
Ceniza	2,12	%
Fibra	8,23	%
Grasa	2,48	%
Hidratos de carbono	76,83	%
Humedad	2,36	%
Proteína total (Nx6,5)	7,98	%
Valor energético	361,56	Kcal/100g

Fuente: CEANID, 2019

En la tabla 4.3, se puede observar que la harina de algarrobo contiene: ceniza 2,12%, fibra 8,23%, grasa 2,48%, hidratos de carbono 76,83%, humedad 2,36%, proteína total 7,98% y valor energético 361,56 kcal/100g.

4.1.4 Análisis de micronutrientes de la harina de algarrobo

Los análisis se realizaron en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID). Los resultados se detallan en la tabla 4.4, extraídos del (Anexo A).

Tabla 4.4

Análisis de micronutrientes de la harina de algarrobo

Parámetros	Valor	Unidad
Calcio	133	mg/100g
Potasio	752	mg/100g

Fuente: CEANID, 2019

En la tabla 4.4, se puede observar que la harina de algarrobo contiene: potasio 752 mg/100g y calcio 133 mg/100g.

4.2 Características de las variables del proceso de elaboración de galleta con harina de coco y algarrobo para celíacos

Para realizar la caracterización de las variables del proceso de galleta con harina de coco y algarrobo para celíacos, se tomó en cuenta los siguientes aspectos:

4.2.1 Pruebas preliminares a nivel experimental para la elaboración de galleta con harina de coco y algarrobo para celíacos

Experimental, se elaboraron diez muestras de galletas (figura 4.1) sin gluten en base de premezclas de harina de arroz y harina de soya con almidón (yuca y maíz), con el propósito de obtener una técnica inicial para la elaboración de galleta para celíacos en la cual se partió de una formulación base; que se detalla en la tabla 4.5.

Tabla 4.5

Formulación base de galleta con harina de soya y arroz

Formulación base	Valor	Unidad
Harina de soya	10,65	%
Harina de arroz	3,50	%
Almidón de yuca	13,75	%
Almidón de maíz	21,07	%
Azúcar	11,28	%
Huevo	23,60	%
Polvo de hornear	1,36	%
Agua	0,57	%
Margarina	15,05	%
Aceite	0,24	%

Fuente: Elaboración propia

A partir de esta formulación base, se procedió a sustituir la harina de soya por harina de coco y harina de arroz por harina de algarrobo. En el cual, se observó que la harina de coco se comportaba de distinta forma con el aceite, por lo cual se realizó una modificación base que se reemplazó por goma xantana; con el fin mejorar la masa y su textura final de la galleta y de esta manera se obtuvo una segunda formulación 1 (tabla 4.6). Por tal efecto, se hizo degustaciones parciales con el personal del Taller de Alimentos y se observó que dos muestras que contenían mayor porcentaje de harina de algarrobo y al ser consumidas proporcionaron un sabor áspero; y olor residual fuerte en la boca y por cual; se descartaron las muestras con mayor porcentaje de harina de algarrobo y se dejaron un total de ocho muestras con menor porcentaje de harina de algarrobo.

Tabla 4.6

Formulación 1 para la galleta con harina de coco y algarrobo

Formulación 1	Valor	Unidad
Harina de coco	10,65	%
Harina de algarrobo	1,50	%
Almidón de yuca	13,75	%
Almidón de maíz	21,07	%
Azúcar	11,28	%
Huevo	23,60	%
Polvo de hornear	1,36	%
Agua	0,57	%
Margarina	17,14	%
Goma xantana	0,09	%

Fuente: Elaboración propia

En base a la formulación 1, se realizó las variaciones de harina de coco, harina de algarrobo, margarina y goma xantana; en función de las ocho muestras (figura 4.1) de las cuales se agruparon en dos grupos de cuatro muestras, como se detalla en formulación 2 (tabla 4.7). En donde, se incorporó carboximetilcelulosa para mejorar la textura de la galleta en dos muestras, donde se procedió a variar entre (0,25-0,34)% para el primer grupo y entre (0,75-0,90)% para el segundo grupo; con la finalidad de obtener en el primer y segundo grupo, muestras con goma xantana y carboximetilcelulosa.

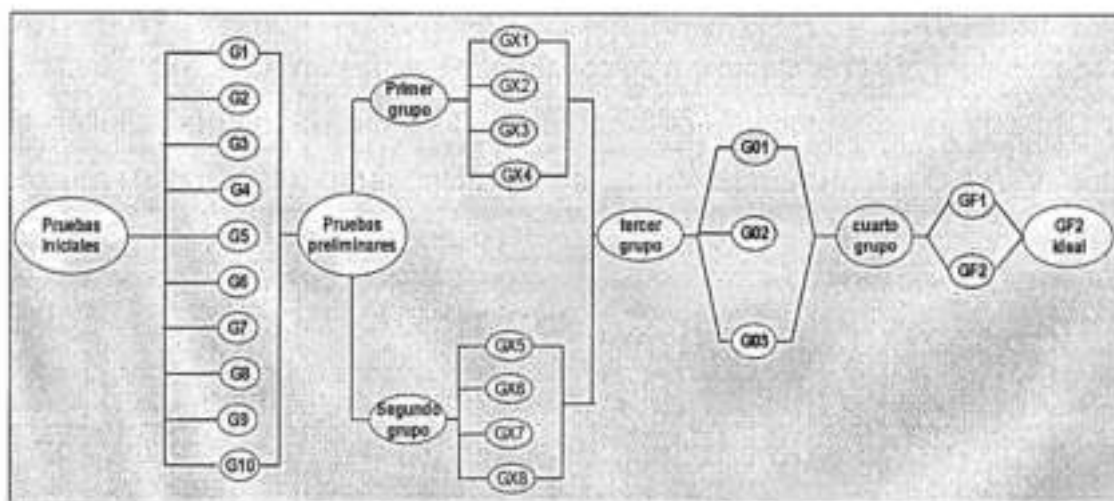
Tabla 4.7

Formulación 2 de galleta del primer y segundo grupo

Formulación 2	Primer grupo	Segundo grupo	Unidad
	Valor	Valor	
Harina de coco	(10,06-10,48)	(10,05-10,65)	%
Harina de algarrobo	(0,97-1,22)	(1,27-1,47)	%
Almidón de yuca	13,75	13,75	%
Almidón de maíz	21,07	21,07	%
Azúcar	11,28	11,28	%
Huevo	23,60	23,60	%
Polvo de hornear	1,36	1,36	%
Agua	0,57	0,57	%
Margarina	(8,59-14,24)	(8,59-12,26)	%
Goma xantana	(0,24-1,20)	(0,13-0,15)	%
Carboximetilcelulosa	(0,25-0,34)	(0,75-0,90)	%

Fuente: Elaboración propia

En base a la formulación 2 (tabla 4.7), se realizó para el tercer grupo (figura 4.1) la variación en la formulación compuesto por tres muestras la cual fue; harina de algarrobo entre (1,11-1,47)%, carboximetilcelulosa (0,34-0,29)%, harina de coco (10,25-10,32)% y margarina (8,18-12,89)%. Manteniendo constante la goma xantana entre el 0,24%. Para el cuarto grupo preliminar, se mantuvo la misma formulación de materia prima e insumos para las dos muestras (figura 4.1) como ser; harina de coco 10,09%, harina de algarrobo 2,50%, margarina 12,82%, goma xantana 0,29% y carboximetilcelulosa 0,29%, para definir una muestra ideal de galleta con harina de coco y algarrobo para celíacos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.1: Pruebas preliminares a nivel experimental para la elaboración de galleta con harina de coco y algarrobo para celíacos

4.2.2 Variación en la formulación de la galleta del primer grupo

Para el primer grupo, se seleccionaron las primeras cuatro muestras (figura 4.1), y en la tabla 4.8, se detalla la variación en la formulación de la galleta para harina de coco y algarrobo, goma xantana, carboximetilcelulosa (CMC) y margarina vegetal para obtener muestras en función del porcentaje de insumos.

Tabla 4.8

Variación en la formulación de la galleta del primer grupo

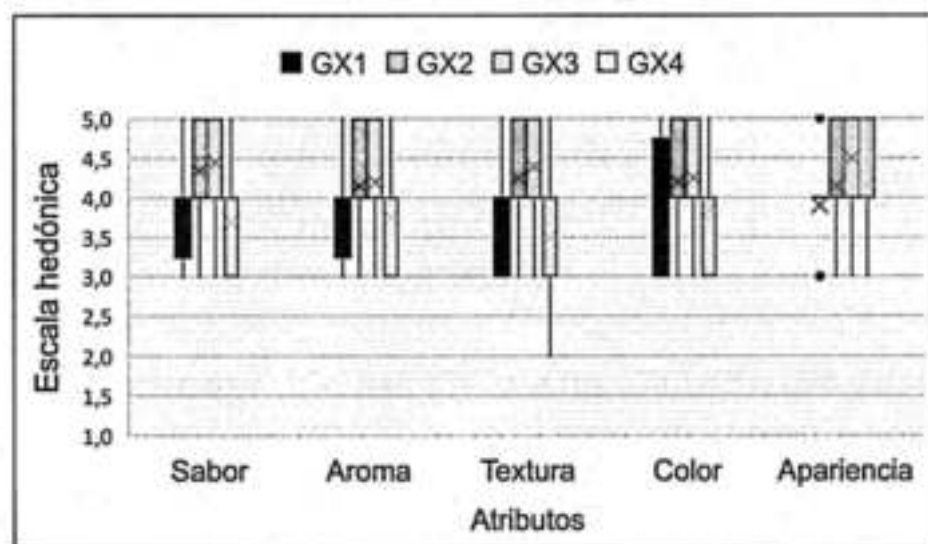
Muestras	Harina de coco	Harina de algarrobo	Goma xantana	CMC	Margarina
GX1 (%)	10,48	0,97	1,20	-	12,19
GX2 (%)	10,06	1,09	0,24	-	14,24
GX3 (%)	10,33	1,23	-	0,25	8,59
GX4 (%)	10,22	1,22	-	0,34	12,26

Fuente: Elaboración propia

En base a las muestras que se indica en la tabla 4.8, se procede a realizar una evaluación sensorial de los atributos con escala de cinco puntos (figura 3.7).

4.2.2.1 Estadístico caja y bigote en la formulación de la galleta del primer grupo

En la figura 4.2, se muestra el estadístico caja y bigote en la formulación para la galleta del primer grupo, obtenidos para los atributos: sabor (tabla C.1), textura (tabla C.5), apariencia (tabla C.9), aroma (tabla C.13) y color (tabla C.14) extraídos del (Anexo C).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.2: Estadístico caja y bigote en la formulación para la galleta del primer grupo

Según caja y bigote de la figura 4.2, presenta medianas para el atributo apariencia de 4,45(GX3), sabor 4,35(GX2) y 4,45(GX3), para textura 4,25(GX2) y 4,40(GX3), estando distribuidos los resultados en la parte central de la caja y cerca al segundo cuartil. Indicando que los jueces tuvieron mayor preferencia por estas muestras. En el atributo aroma presenta medianas 3,9(GX1) y 3,7(GX4), para el color 4,0(GX1) y 3,86(GX4); estando los resultados distribuidos en el primer y segundo cuartil, alrededor de 25% y 50% de la caja; indicando que los jueces no percibieron diferencias entre estos atributos.

4.2.2.2 Estadístico Tukey en la formulación de la galleta del primer grupo para el atributo sabor

En la tabla 4.9, se muestran los resultados del estadístico de Tukey para el atributo sabor; extraídos de la tabla C.4 del (Anexo C).

Tabla 4.9

Estadístico Tukey del primer grupo para el atributo sabor

Tratamientos	Efectos
GX3-GX4	Si hay diferencia
GX3-GX1	Si hay diferencia
GX3-GX2	No hay diferencia
GX2-GX4	Si hay diferencia
GX2-GX1	No hay diferencia
GX1-GX4	No hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.9, se observa que existe evidencia significativa estadísticamente para los tratamientos (GX3-GX4); (GX3-GX1) y (GX2-GX4). Sin embargo, no así para los tratamientos (GX3-GX2); (GX2-GX1) y (GX1-GX4), que no existe diferencia significativa, según $p < 0,05$.

4.2.2.3 Estadístico Tukey en la formulación de la galleta del primer grupo para el atributo textura

En la tabla 4.10, se muestran los resultados del estadístico de Tukey para el atributo textura; extraídos de la tabla C.8 del (Anexo C).

Tabla 4.10

Estadístico Tukey del primer grupo para el atributo textura

Tratamientos	Efectos
GX3-GX4	Si hay diferencia
GX3-GX1	Si hay diferencia
GX3-GX2	No hay diferencia
GX2-GX4	Si hay diferencia
GX2-GX1	Si hay diferencia
GX1-GX4	No hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.10, se observa que existe evidencia estadísticamente entre los tratamientos (GX3-GX4); (GX3-GX1) y (GX2-GX4); (GX2-GX1). Sin embargo, no así para los demás tratamientos (GX3-GX2) y (GX1-GX4), que no existe diferencia significativa, según $p < 0,05$.

4.2.2.4 Estadístico Tukey en la formulación de la galleta del primer grupo para el atributo apariencia

En la tabla 4.11, se muestran los resultados del estadístico de Tukey para el atributo apariencia; extraídos de la tabla C.12 del (Anexo C).

Tabla 4.11

Estadístico de Tukey del primer grupo para el atributo apariencia

Tratamientos	Efectos
GX3-GX1	Si hay diferencia
GX3-GX4	No hay diferencia
GX3-GX2	No hay diferencia
GX2-GX1	No hay diferencia
GX2-GX4	No hay diferencia
GX4-GX1	No hay diferencia

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 4.11, se observa que existe evidencia estadísticamente entre los tratamientos (GX3-GX1). Sin embargo, no así para los tratamientos (GX3-GX4), (GX3-GX2), (GX2-GX1), (GX2-GX4) y (GX4-GX1), que no existe diferencia significativa según $p < 0,05$.

4.2.2.5 Análisis de varianza en la formulación de la galleta del primer grupo para el atributo aroma y color

Los resultados del análisis de varianza en la formulación de la galleta del primer grupo para los atributos aroma (tabla C.15) y color (tabla C.16) del (Anexo C). Nos indica que no existe diferencia significativa estadísticamente aceptando la hipótesis planteada $p < 0,05$.

De acuerdo a caja y bigote para el primer grupo, se pudo observar que los atributos apariencia (4,45) GX3, sabor (4,45) GX2 y textura (4,40) GX3, fueron más aceptados por los jueces. Estadísticamente, se pudo evidenciar que existe diferencia significativa $p < 0,05$. En la figura 4.3 (lado derecho), se observa que la incorporación de carboximetilcelulosa en la galleta; existió un mayor volumen en la masa de la galleta (lado izquierdo); con goma xantana hubo presencia de agrietamiento en la masa de la galleta.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.3: Galletas con xantana y carboximetilcelulosa

4.2.3 Variación en la formulación de la galleta del segundo grupo

Para el segundo grupo, se seleccionaron las últimas cuatro muestras (figura 4.1) y en la tabla 4.12, se detalla la variación en la formulación de la galleta para harina de coco y algarrobo, goma xantana, carboximetilcelulosa (CMC) y margarina vegetal para obtener muestras en función del porcentaje de insumos.

Tabla 4.12

Variación en la formulación de la galleta del segundo grupo

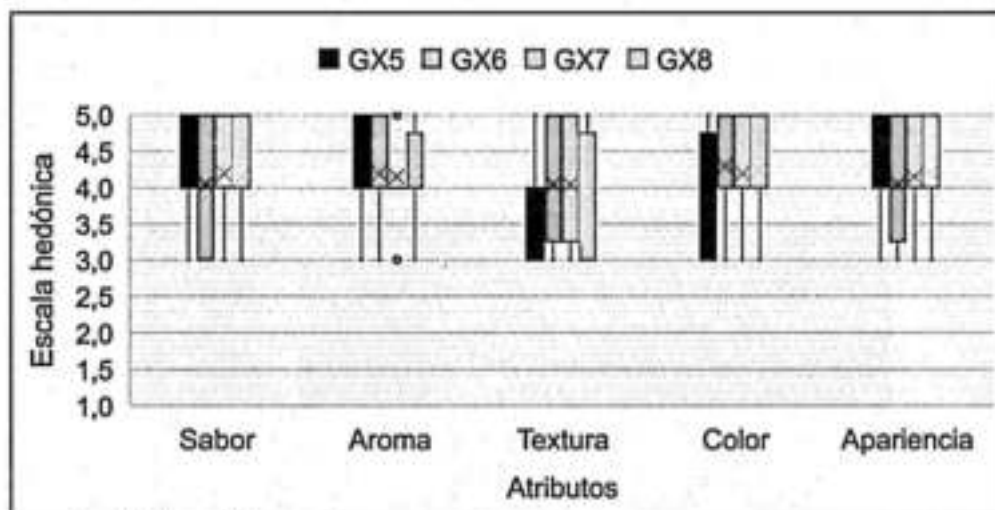
Muestras	Harina de coco	Harina de algarrobo	Goma xantana	CMC	Margarina
GX5 (%)	10,65	1,27	-	0,13	8,59
GX6 (%)	10,05	1,47	-	0,15	12,26
GX7 (%)	10,65	1,27	0,13	-	8,59
GX8 (%)	10,05	1,47	0,15	-	12,26

Fuente: Elaboración propia

En base a las muestras que se indica en la tabla 4.12, se procedió a realizar la evaluación sensorial de los atributos con escala de cinco puntos (figura 3.7).

4.2.3.1 Estadístico caja y bigote en la formulación de la galleta del segundo grupo

En la figura 4.4, muestra el estadístico caja y bigote en la formulación para la galleta del segundo grupo, obtenidos para los atributos: sabor (tabla C.17), aroma (tabla C.18), textura (tabla C.22), color (tabla C.23) y apariencia (tabla C.26) extraídos del (Anexo C).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.4: Estadístico caja y bigote en la formulación para la galleta del segundo grupo

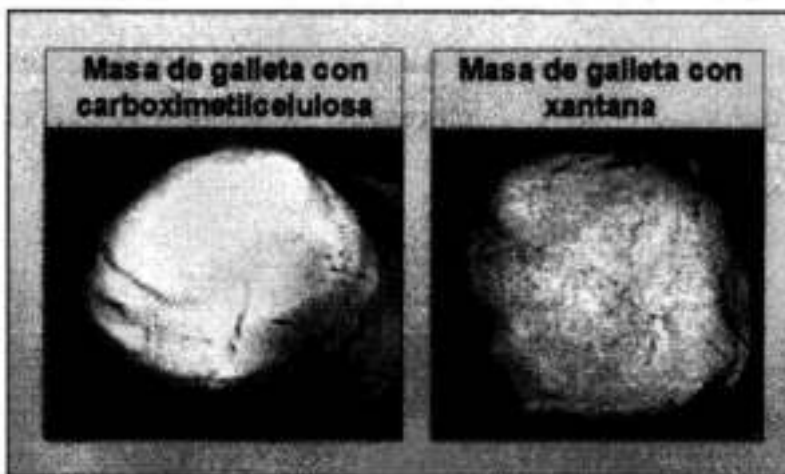
Según la figura 4.4, el atributo color presenta mediana de 4,40(GX6) y 4,20(GX7); el atributo aroma de 4,25(GX5) y 4,20(GX6), distribuidos en el centro de la caja y alrededor del primer (25%) y segundo cuartil (50%). Para el

atributo sabor 4,20(GX7) y 4,15(GX5); apariencia de 4,30(GX5) y 4,20(GX8) y el atributo textura entre 3,85(GX5) y 4,05(GX6); estando distribuidos los resultados en el primer (25%) y segundo cuartil (50%) de la caja. Indicando que los jueces no identificaron diferencias entre los atributos mencionados.

4.2.3.2 Análisis de varianza para los atributos sensoriales para la galleta del segundo grupo

Los resultados del análisis de varianza en la formulación de la galleta del segundo grupo, para los atributos; sabor (tabla C.19), aroma (tabla C.20), color (tabla C.24), textura (tabla C.25) y apariencia (tabla C.27) del (Anexo C). Nos indica que no existe evidencia significativa por lo cual se acepta la hipótesis planteada $p < 0,05$.

De acuerdo a caja y bigote para el segundo grupo, se pudo observar que el atributo color 4,40 (GX6) fue más aceptada por los jueces. El análisis de varianza no presenta diferencia estadística en los atributos sensoriales. En la figura 4.5, se observa, con la incorporación de carboximetilcelulosa y goma xantana, presentó similar comportamiento en el atributo textura de la masa de la galleta; ya que el porcentaje de estos insumos eran cercanos para cada muestra.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.5: Masa de galleta con xantana y carboximetilcelulosa

4.2.4 Variación en la formulación de la galleta del tercer grupo

Para el tercer grupo las muestras fueron seleccionadas del primer grupo GX2 y GX3 (tabla 4.8) y del segundo grupo la GX6 (tabla 4.12). Las tres muestras se modificaron en G01, G02 y G03 (figura 4.1). Se detalla en la tabla 4.13, la variación en la formulación de la galleta; para la harina de coco y algarrobo, goma xantana, carboximetilcelulosa (CMC) y margarina vegetal para obtener muestras en función del porcentaje de insumos.

Tabla 4.13

Variación en la formulación de la galleta del tercer grupo

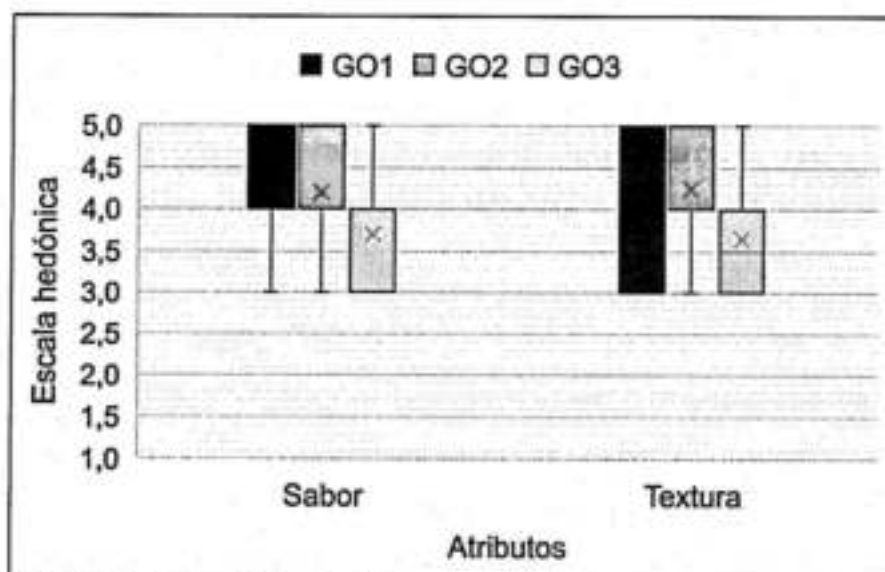
Muestras	Harina de algarrobo	Harina de coco	Goma xantana	CMC	Margarina
G01 (%)	1,11	10,25	0,24	-	12,89
G02 (%)	1,23	10,32	-	0,29	8,60
G03 (%)	1,47	10,30	-	0,34	8,18

Fuente: Elaboración propia

En base a las muestras que se indica en la tabla 4.13, se procedió a realizar una evaluación sensorial de los atributos con escala de cinco puntos (figura 3.7).

4.2.4.1 Estadístico caja y bigote en la formulación de la galleta del tercer grupo

En la figura 4.6, se muestra el estadístico caja y bigote en la formulación de la galleta del tercer grupo, obtenidos para los atributos: sabor (tabla C.28) y textura (tabla C.32) extraídos del (Anexo C).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.6: Estadístico caja y bigote para la formulación de la galleta del tercer grupo

Según la figura 4.6, el atributo sabor presenta mediana 4,35(G01) y 4,20(G02), cercanas al primer cuartil (25%) y segundo cuartil (50%) de la caja, para el atributo textura 4,25(G02), se muestra próximo al tercer cuartil lo que indica que los jueces tuvieron percepción por los atributos.

4.2.4.2 Estadístico de Tukey en la formulación de la galleta del tercer grupo para el atributo sabor

En la tabla 4.14, se muestran los resultados del estadístico de Tukey para el atributo sabor; extraídos de la tabla C.31 del (Anexo C).

Tabla 4.14

Estadístico Tukey del tercer grupo para el atributo sabor

Tratamientos	Efectos
G01-G03	Si hay diferencia
G01-G02	No hay diferencia
G02-G03	No hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.14, se observa que existe evidencia significativa estadísticamente en los tratamientos (G01-G03). Sin embargo, para los demás tratamientos (G01-G02) y (G02-G03) que no existe diferencia significativa, según $p < 0,05$.

4.2.4.3 Análisis de varianza en la formulación de la galleta del tercer grupo para el atributo textura

Los resultados del análisis de varianza para el atributo textura (tabla C.33) del (Anexo C). Nos indica que no existe diferencia significativa y se acepta la hipótesis planteada $p < 0,05$.

De acuerdo a caja y bigote para el tercer grupo, se pudo observar para los atributos sabor 4,35 (G01) y textura 4,25 (G02) fueron mejor aceptadas por los jueces. Estadísticamente se pudo evidenciar que existe diferencia significativa $p < 0,05$. En la figura 4.7 (lado derecho) se observa, la influencia de la margarina a mayor porcentaje provee textura suave y lisa a la masa de la galleta. (Lado izquierdo); a menor porcentaje, existe agrietamiento en la masa.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.7: Influencia de margarina en masa de la galleta

4.2.5 Variación del contenido de goma xantana y carboximetilcelulosa en la formulación de la galleta del cuarto grupo

Para el cuarto grupo, se seleccionó del tercer grupo dos muestras G01 y G02 (tabla 4.13), las cuales se modificaron en GF1 y GF2 (figura 4.1). En la tabla 4.15, se detalla la variación del contenido de goma xantana y carboximetilcelulosa en la formulación de la galleta. Se mantiene en ambas muestras el porcentaje de harina de coco (10,09%), harina de algarrobo (1,20%) y margarina (12,82%), para obtener muestras en función del contenido de insumo.

Tabla 4.15

Variación de goma xantana y carboximetilcelulosa de la galleta del cuarto grupo

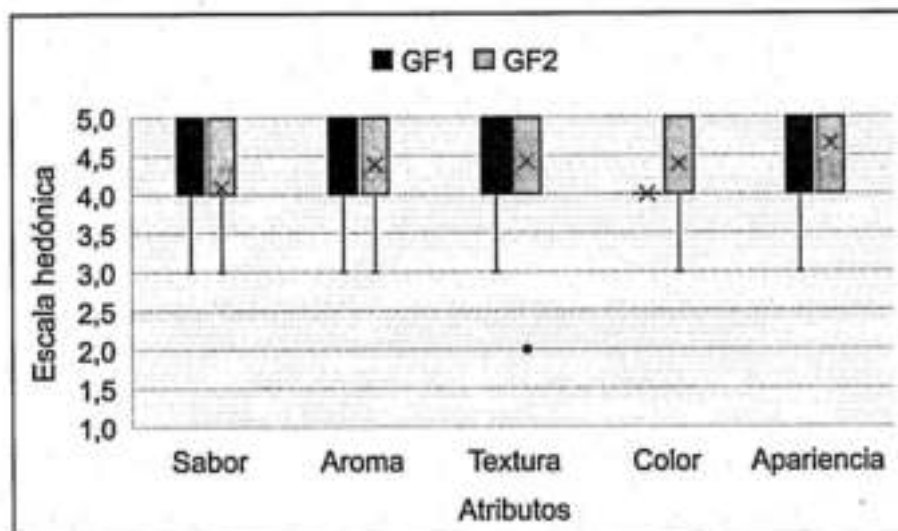
Muestra	Goma xantana	Carboximetilcelulosa
GF1 (%)	0,29	-
GF2 (%)	-	0,29

Fuente: Elaboración propia

En base a las muestras que se indica en la tabla 4.15, se procedió a realizar una evaluación sensorial de los atributos con escala de cinco puntos (figura 3.7).

4.2.5.1 Estadístico caja y bigote de goma xantana y carboximetilcelulosa en la formulación de la galleta del cuarto grupo

En la figura 4.8, se muestra el estadístico caja y bigote de goma xantana y carboximetilcelulosa en la formulación de la galleta del cuarto grupo, obtenidos para los atributos: color (tabla C.34), apariencia (tabla C.38), sabor (tabla C.42), aroma (tabla C.43) y textura (tabla C.46); extraídos del (Anexo C).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.8: Estadístico caja y bigote de goma xantana y carboximetilcelulosa de la galleta del cuarto grupo

Se observa en la figura 4.8, para el atributo apariencia presenta mediana de 4,65(GF2) y 4,26(GF1); atributo color 4,39(GF2) y 4,0(GF1). Estando en el

centro de la caja y próximas al primer cuartil, con una distribución del 75% en la caja, donde los jueces logrando diferenciar estos atributos. Sin embargo, para el atributo sabor 4,26(GF1) y 4,0(GX2), aroma 4,39(GF2), 4,26(GF1) y textura 4,13(GF1) y 4,43(GF2) con una distribución alrededor del primer y segundo cuartil de la caja, los jueces no diferenciaron los atributos mencionados.

4.2.5.2 Estadístico Tukey de goma xantana y carboximetilcelulosa de la galleta del cuarto grupo para el atributo color

En la tabla 4.16, se muestran los resultados del estadístico de Tukey para el atributo color; extraídos de la tabla C.37 del (Anexo C).

Tabla 4.16

Estadístico Tukey del cuarto grupo para el atributo color

Tratamientos	Efectos
GF2-GF1	Si hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.16, se observa que existe evidencia significativa estadísticamente en los tratamientos (GF2-GF1), para la hipótesis planteada $p < 0,05$.

4.2.5.3 Estadístico Tukey de goma xantana y carboximetilcelulosa de la galleta del cuarto grupo para el atributo apariencia

En la tabla 4.17, se muestran los resultados del estadístico de Tukey para el atributo apariencia; extraídos de la tabla C.41 del (Anexo C).

Tabla 4.17

Estadístico Tukey del cuarto grupo para el atributo apariencia

Tratamientos	Efectos
GF1-GF2	Si hay diferencia

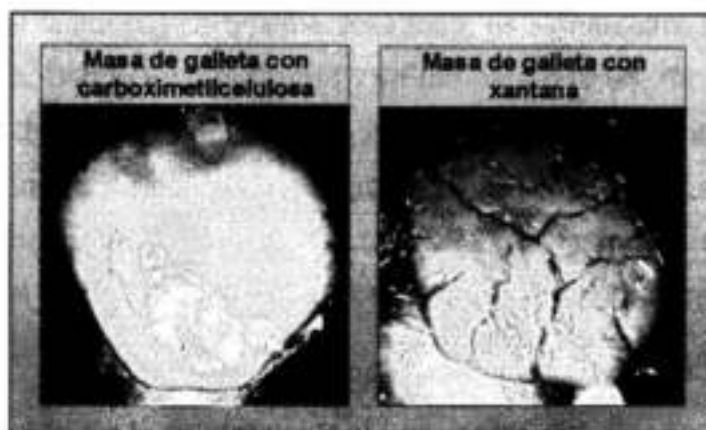
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.17, se observa que existe evidencia significativa estadísticamente en los tratamientos (GF1-GF2) para la hipótesis planteada $p < 0,05$.

4.2.5.4 Análisis de varianza en la formulación de la galleta del cuarto grupo para el atributo sabor, aroma y textura

Los resultados del análisis de varianza en la formulación de la galleta del cuarto grupo para los atributos; sabor (tabla C.44), aroma (tabla C.45) y textura (tabla C.47) del (Anexo C). No existe evidencia significativa estadísticamente aceptando la hipótesis planteada $p < 0,05$.

De acuerdo a caja y bigote para el cuarto grupo, se observó que el atributo apariencia (4,65) GF2, fue de mayor preferencia por los jueces. Estadísticamente, se pudo evidenciar que existe diferencia significativa $p < 0,05$. En la figura 4.9 (lado derecho), se observa que goma xantana proporcionó superficie oscura agrietada en la masa; sin embargo, cuando se utilizó carboximetilcelulosa se obtuvo una masa homogénea, sin efecto de agrietamiento (lado izquierdo).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.9: Masas de galletas con xantana y carboximetilcelulosa

4.3 Diseño factorial para el proceso de dosificación de la galleta con harina de coco y algarrobo para celíacos

En base al cuarto grupo, se seleccionó la muestra GF2, con harina de algarrobo (1,20%), agua (0,57)% y carboximetilcelulosa (0,29)%; para establecer los factores que intervinieron en el proceso de dosificación de la galleta (tabla 3.15), siendo la variable respuesta; humedad en base seca. Los

resultados obtenidos del diseño factorial, se detallan en la tabla 4.18 y (tabla D.4) del (Anexo D).

Tabla 4.18

Análisis de varianza del diseño factorial para el proceso de dosificación de la galleta con harina de coco y algarrobo para celíacos

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados libertad	Cuadrados medios	Fcal	Ftab
Total	24,97				
Factor (A)	0,22	1,00	0,22	0,25	4,75
Factor (B)	2,19	2,00	1,09	1,15	3,88
Factor (C)	5,48	1,00	5,48	*5,77	4,75
Intersección (AB)	1,14	2,00	0,57	0,60	3,88
Intersección (AC)	0,27	1,00	0,27	0,28	4,75
Intersección (BC)	3,04	2,00	1,52	1,60	3,88
Intersección (ABC)	1,24	2,00	0,62	0,65	3,88
Error	11,39	12,00	0,95		

Fuente: Elaboración propia

(* significativo)

Según los resultados obtenidos del análisis de varianza (tabla 4.18), se observa que el factor (C) carboximetilcelulosa; es significativo para el proceso de dosificación, donde $F_{cal}(5,77) > (4,75)F_{tab}$ para $p < 0,05$. Sin embargo, para los demás factores e intersecciones no son estadísticamente significativos para el proceso de dosificación de la galleta.

Según los resultados del diseño factorial, la dosificación de la galleta es afectada por el factor C; donde el porcentaje de carboximetilcelulosa afecta e incide en la galleta, siendo significativo para el proceso.

4.4 Comparación de la muestra ideal y muestra del diseño experimental

De acuerdo a los grupos preliminares (figura 4.1); se seleccionó la muestra ideal (GF2) de la tabla 4.15, con la cual se procedió a realizar una evaluación sensorial con la muestra (GA2) correspondiente al factor C (tabla 4.18) del diseño factorial con el fin de realizar una comparación de la variación del porcentaje de carboximetilcelulosa entre (0,21% y 0,29)% para determinar si incide directamente en la elaboración de la galleta. En la tabla 4.19, se detalla los porcentajes para cada muestra.

Tabla 4.19

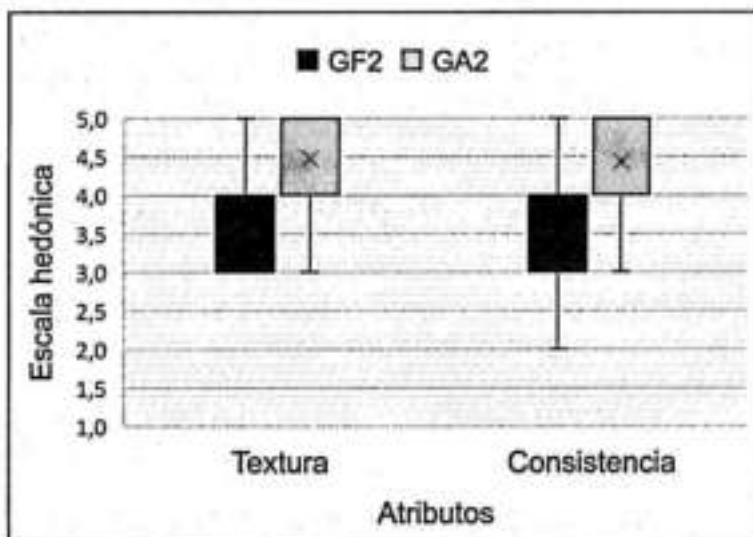
Valores de carboximetilcelulosa para muestra final de la galleta

Muestras	Carboximetilcelulosa
GF2 (%)	0,29
GA2 (%)	0,21

Fuente: Elaboración propia

4.4.1 Estadístico caja y bigote de comparación de la muestra ideal y muestra del diseño experimental

En la figura 4.10, se muestra el estadístico caja y bigote de comparación de la muestra ideal y muestra del diseño experimental, obtenidos para los atributos: textura (tabla E.1) y atributo consistencia (tabla E.5); extraídos del (Anexo E).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.10: Estadístico caja y bigote de la muestra ideal y muestra del diseño experimental

En la figura 4.10, para el atributo textura presenta mediana 4,47(GA2) y 3,82(GF2); consistencia 4,43(GA2) y 3,69(GF2) ubicadas en el segundo y tercer cuartil de la caja. Indicando que los jueces tuvieron mayor preferencia por la muestra (GA2) encontrando diferencia entre los atributos mencionados.

4.4.2 Estadístico Tukey de la muestra ideal y muestra del diseño experimental para el atributo textura

En la tabla 4.20, se muestran los resultados del estadístico de Tukey para el atributo textura de la tabla E.4; extraídos del (Anexo E).

Tabla 4.20

Estadístico Tukey de la muestra ideal y diseño experimental para el atributo textura

Tratamientos	Efectos
GA2-GF2	Si hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.20, se observa que existe evidencia significativa estadísticamente en los tratamientos (GA2-GF2) para $p < 0,05$.

4.4.3 Estadístico Tukey de la muestra ideal y muestra del diseño experimental para el atributo consistencia

En la tabla 4.21, se muestran los resultados del estadístico de Tukey para el atributo textura de la tabla E.8, extraídos del (Anexo E).

Tabla 4.21

Estadístico Tukey de la muestra ideal y diseño experimental para el atributo consistencia

Tratamientos	Efectos
GF2-GA2	Si hay diferencia

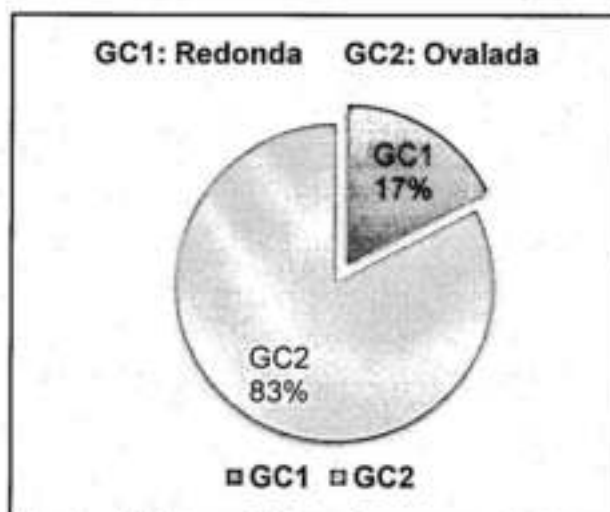
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.21, se observa que existe evidencia significativa estadísticamente en los tratamientos (GF2-GA2) para $p < 0,05$.

De acuerdo a caja y bigote para la comparación de la muestra ideal y diseño experimental, se pudo observar que el atributo textura (4,47) GA2 es la más aceptada por los jueces. Estadísticamente, se pudo evidenciar que existe diferencia significativa $p < 0,05$. En el proceso el factor (C), tiene influencia e incide significativa en la dosificación de la galleta; ya que a menor porcentaje de carboximetilcelulosa proporciona una textura blanda en la galleta.

4.5 Selección de la forma de la galleta con harina de coco y algarrobo

Para seleccionar la forma de la galleta; se realizó mediante una evaluación sensorial donde se preguntó a los jueces; cuál de las muestras es de su mayor preferencia según la forma de la galleta GC1(redonda); GC2(ovalada). Por el cual, se obtuvo una distribución de porcentaje para cada muestra figura 4.11.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.11: Distribución de porcentaje de la forma de la galleta

Según el estadístico T-estudent de la tabla F.1, (Anexo F), indica que $T_{cal}(1,300) < T_{tab}(2,508)$, no existe diferencia significativa entre los tratamientos y se acepta la hipótesis planteada $p < 0,01$. Sin embargo; en la figura 4.11, indica que el 83%, los jueces aceptaron la galleta ovalada sobre la redonda con el 17%. Por el cual la muestra GC2 es seleccionada como la ganadora.

4.6 Caracterización del producto terminado

La caracterización del producto terminado, se realizó tomando al azar diez muestras de las cuales se estableció sus características físicas, el cual se realizó con la ayuda de un vernier para tomar las medidas del grosor, largo y ancho, de la galleta como se detalla en la tabla 4.22

Tabla 4.22

Caracterización del producto terminado

Muestra	Grosor (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)
1	1,10	6,30	3,50
2	1,10	6,30	3,50
3	1,11	6,30	3,50
4	1,10	6,30	3,50
5	1,10	6,30	3,50
6	1,10	6,29	3,50
7	1,10	6,29	3,50
8	1,11	6,30	3,50
9	1,10	6,30	3,50
10	1,10	6,30	3,50

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.22, se puede observar que las propiedades físicas del producto: grosor 1,10cm, largo 6,30cm y ancho 3,50cm.

4.7 Análisis fisicoquímicos del producto terminado

Los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico del producto terminado, fueron extraídos del (Anexo A) y se muestran en la tabla 4.23.

Tabla 4.23

Análisis fisicoquímicos del producto terminado

Parámetro	valor	Unidad
Acidez (ácido láctico)	0,19	%
Gluten húmedo	n.d.	%

Fuente: CEANID, 2019.

En la tabla 4.23, se puede observar que el producto terminado contiene: acidez (ácido láctico) 0,19% y no detecta gluten húmedo.

4.7.1 Análisis de macronutrientes del producto terminado

Los resultados obtenidos del análisis de macronutrientes del producto terminado, fueron extraídos del (Anexo A) y se muestran en la tabla 4.24.

Tabla 4.24

Análisis de macronutrientes del producto terminado

Parámetros	Valor	Unidad
Ceniza	2,42	%
Fibra	0,39	%
Grasa	15,54	%
Hidratos de carbono	74,46	%
Humedad	8,79	%
Proteína total (Nx6,25)	7,19	%
Valor energético	466,46	Kcal/100g

Fuente: CEANID, 2019

En la tabla 4.24, se puede observar que el producto terminado contiene: ceniza 2,42%, fibra 0,39%, grasa 15,54%, hidratos de carbono 74,46%, humedad 8,79%, proteína total 7,19% y valor energético 466,46 Kcal/100g.

4.7.2 Análisis de micronutrientes del producto terminado

Los resultados obtenidos del análisis de micronutrientes del producto terminado, fueron extraídos del (Anexo A) y se muestran en la tabla 4.25.

Tabla 4.25

Análisis de micronutrientes del producto terminado

Parámetros	Valor	Unidad
Calcio	135,00	mg/100g
Fósforo	308,00	mg/100g
Magnesio total	36,30	mg/100g
Potasio	316,00	mg/100g

Fuente: CEANID, 2019

En la tabla 4.25, se puede observar que el producto terminado contiene: calcio 135,00mg/100g, fosforo 308,00 mg/100g, magnesio 36,30 mg/100g y potasio 316,00 mg/100g.

4.8 Análisis microbiológico del producto terminado

Los resultados obtenidos del análisis microbiológico del producto terminado, fueron extraídos del (Anexo A) y se muestran en la tabla 4.26.

Tabla 4.26

Análisis microbiológico del producto terminado

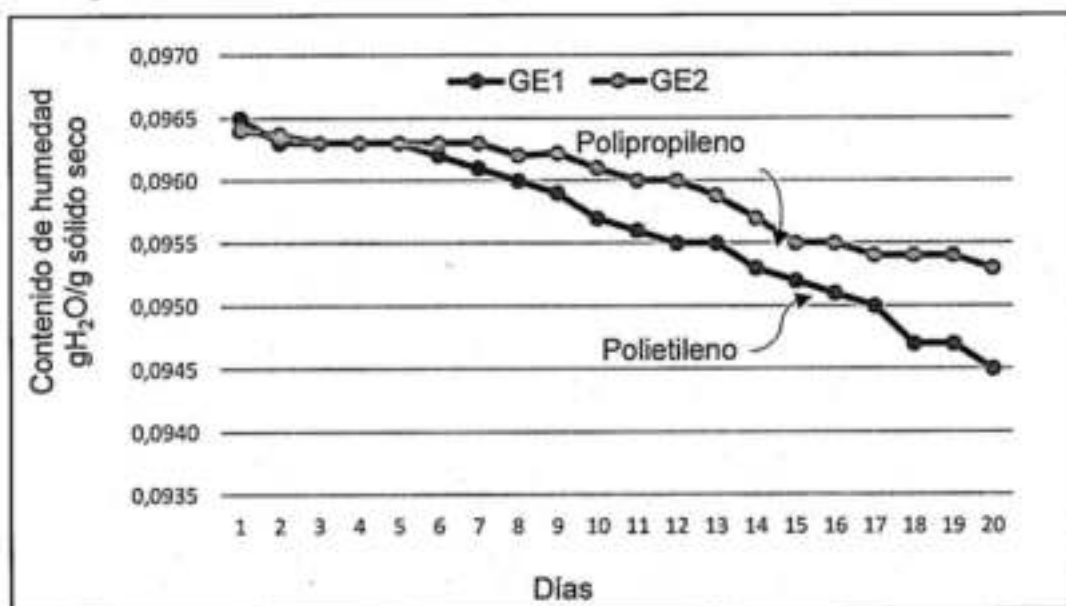
Parámetros	Resultado	Unidad
Coliformes totales	$<1,0 \times 10^1$ (*)	UFC/g
Mohos y levaduras	$<1,0 \times 10^1$ (*)	UFC/g
Staphylococo aureus	$<1,0 \times 10^1$ (*)	UFC/g

Fuente: CEANID, 2019

En la tabla 4.26, se puede observar que el producto presenta: coliformes totales $<1,0 \times 10^1$ (*) UFC/g, mohos y levaduras $<1,0 \times 10^1$ (*) UFC/g y Staphylococo aureus $<1,0 \times 10^1$ (*) UFC/g. Estando dentro de la normativa NB 39008 (Anexo A).

4.9 Selección de tipo de envase para el producto terminado

Para seleccionar el tipo de envase se procedió a modificar las galletas en dos tipos en las cuales se codificaron las muestras en GE1 (bolsa polietileno) y GE2 (bolsa polipropileno); al cual se procede a realizar el control por un tiempo de 20 días en condiciones normales de temperatura ambiente, la cual se muestra en la figura 4.12, de los datos extraídos del (Anexo G).



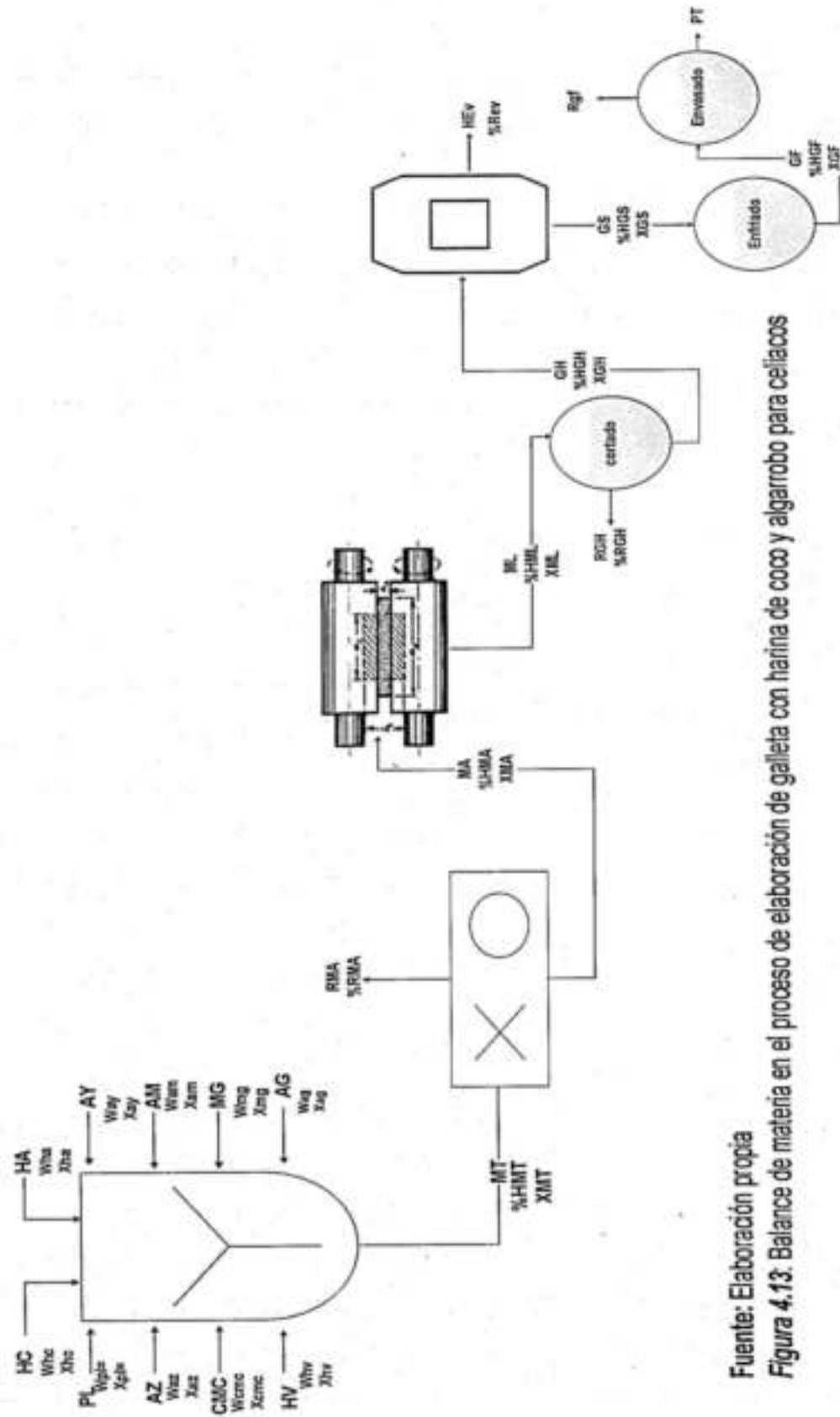
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.12: Selección de tipo de envase para el producto terminado

Como se puede observar en la figura 4.12, el control del primer día para las muestras GE1 (bolsa de polietileno) y GE2 (bolsa de polipropileno) es de 0,0965 gH₂O/g sólido seco; se observa que al sexto día las muestras empiezan a perder humedad (g H₂O/g sólido seco) para GE1(0,0962) y GE2(0,00963). A partir del séptimo al vigésimo día existe pérdida en el valor del contenido de humedad; GE1 alcanza (0,0945 g H₂O/g sólido seco) y GE2 (0,0953 g H₂O/g sólido seco). Indicando a la muestra GE2 (bolsa de polipropileno) como el envase seleccionado para el producto terminado ya que presento menor pérdida de humedad en función del tiempo.

4.10 Balance de materia en el proceso de elaboración de galleta con harina de coco y algarrobo para celíacos

En la figura 4.13, se muestra el balance de materia para 1500g de mezcla para obtener 1131,08g de producto final en el proceso de elaboración de galleta con harina de coco y algarrobo para celíacos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.13. Balance de materia en el proceso de elaboración de galleta con harina de coco y algarrobo para celiacos

Donde:

HC= harina de coco (g)

HA= harina de algarrobo (g)

AZ = azúcar (g)

PL=polvo para hornear (g)

CMC=carboximetilcelulosa (g)

AM= almidón de maíz (g)

AY=almidón de yuca (g)

MG= margarina (g)

AG= agua (g)

HV= huevo (g)

W=fracción sólida

X= fracción húmeda

MT= mezcla total (g)

%HMT=porcentaje de humedad de masa total

X_{MT} =fracción de masa total

MA= masa amasada (g)

X_{MA} =fracción de masa amasada

%HMA=porcentaje de humedad de masa amasada

RMA= pérdida de masa amasada(g)

%RMA=Porcentaje de pérdida amasada (%)

ML= masa laminada (g)

X_{ML} =fracción de masa laminada

%ML=porcentaje de humedad de masa laminada

RML= pérdida de masa laminada (g)

%RML=Porcentaje de pérdida laminada (%)

GH= galleta cortada húmeda (g)

%HGH=porcentaje de humedad de galleta cortada (%)

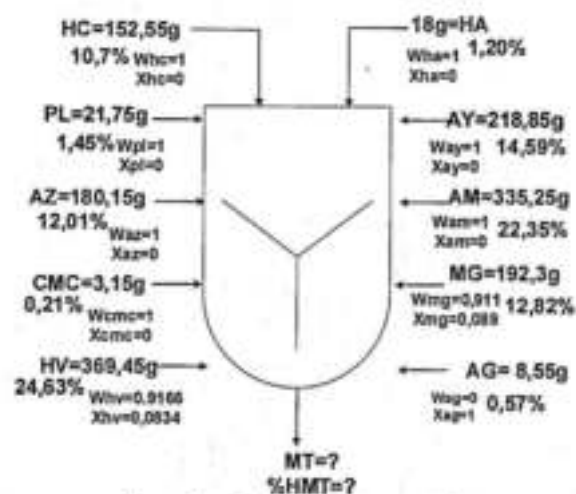
XGH=fracción de galleta húmeda cortada

RGH= pérdida de masa cortada (g)

%RGH=Porcentaje de pérdida cortada (%)
 HEV= pérdida de agua evaporada (g)
 %REV=porcentaje de pérdida de agua evaporada (%)
 GS= galleta solida (g)
 %HGS=porcentaje de humedad de galleta solida (%)
 X_{GS}= fracción de galleta solida
 RGS= pérdida de humedad en el enfriado (g)
 %RGS=porcentaje de pérdida de peso en el enfriado
 GF= galleta final (g)
 %HGF=porcentaje de humedad de galleta final (%)
 X_{GF}=fracción de galleta final
 R_{pg}=perdida de galleta final (g)
 PT= producto total (g)
 PE=producto envasado (g)

4.10.1 Balance en la etapa de mezclado de materia prima e insumos

En la figura 4.14, se muestra el proceso de mezclado de la metería prima e insumos.



Fuente: Elaboración propia
 Figura 4.14: Etapa de mezclado

Balance general de materia en la etapa de mezclado (Valiente, 1992).

$$HC + HA + AM + AY + AZ + PL + CMC + MG + HV + AG = MT \quad (\text{Ecuación 4.1})$$

Para hallar MT, se reemplaza del balance de materia global (Ecuación 4.1) aplicando el siguiente planteamiento:

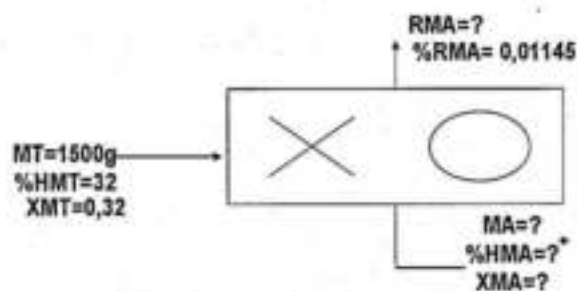
$$HC(w_{bc}) + HA(w_{ba}) + AM(w_{am}) + AZ(w_{az}) + PL(w_{pl}) + CMC(w_{cmc}) + MG(w_{mg} \cdot x_{mg}) \\ + HV(w_{hv} \cdot x_{hv}) + AG(x_{ag}) = MT$$

w= fracción solida; x= fracción humedad

$$152,55g \cdot 1 + 18g \cdot 1 + 335,25g \cdot 1 + 218,85g \cdot 1 + 180,15g \cdot 1 + 21,75g \cdot 1 + 3,15g \cdot 1 \\ + 192,3g \cdot (0,9166 + 0,0834) + 369,45g \cdot (0,911 + 0,089) + 8,55 \cdot 1 = MT \\ 929,700 \text{ g} + 570,300 \text{ g} = MT \\ 1500 \text{ g} = MT$$

4.10.2 Balance de materia en la etapa de amasado

En la figura 4.15, se muestra la etapa de amasado de la masa de galleta; donde se tomó en cuenta el balance de materia y pérdidas de masa en las paredes del recipiente.



Fuente: Elaboración propia
Figura 4.15: Etapa de amasado

Balance general de materia en la etapa de amasado (Valiente, 1992):

$$MT = MA + \%RMA \quad (\text{Ecuación 4.2})$$

Para hallar RMA se aplica la ecuación 4.2

$$RMA = MT \cdot \%RMA$$

$$RMA=1500 \text{ g} \cdot (0,01145)$$

$$RMA=17,17 \text{ g}$$

Para determinar la masa de solido seco y masa de agua, en la entrada del proceso de amasado, se realizaron los siguientes cálculos (Reklasitis & Schneider, 1986):

$$M = \frac{M \cdot (100 - \%Hm)}{100} \quad (\text{Ecuacion 4.3})$$

$$\text{entrada} = M \text{ solido seco} = \frac{M \cdot (100 - \%Hm)}{100} \quad (\text{Ecuacion 4.4})$$

$$\text{entrada} = M \text{ solido seco} = \frac{1500\text{g}(100 - 32)}{100} = 1020\text{g}$$

$$\text{entrada} = M \text{ masa de agua} = \frac{M \cdot \%Hm}{100} \quad (\text{Ecuacion 4.5})$$

$$\text{entrada} = M \text{ masa de agua} = \frac{1500\text{g} \cdot 32}{100} = 480\text{g}$$

Para determinar la masa de solido seco y masa de agua, en la salida del proceso de amasado, se realizaron los siguientes cálculos (Reklasitis & Schneider, 1986):

$$\text{salida} = M \text{ solido seco} = \frac{M \cdot (100 - \%Hm)}{100} \quad (\text{Ecuacion 4.6})$$

$$\text{salida} = M \text{ solido seco} = \frac{1500\text{g}(100 - 32)}{100} = 1020\text{g}$$

$$\text{salida} = M \text{ masa de agua} = \frac{M \cdot \%Hm}{100} - \text{perdida} \quad (\text{Ecuacion 4.7})$$

$$\text{salida} = M \text{ masa de agua} = \frac{1500\text{g} \cdot 32}{100} - 17,17\text{g} = 462,83\text{g}$$

Para determinar la masa obtenida en el proceso de amasado (MA), (Amusquivar, 2000):

$$MA = \text{masa (sólido seco)} + \text{masa (masa de agua)} \quad (\text{Ecuación 4.8})$$

$$MA = 1020\text{g} + 462,83\text{g} = 1482,83\text{g}$$

Cálculo del porcentaje de humedad de la masa amasada MA (Reklasitis & Schneider, 1986):

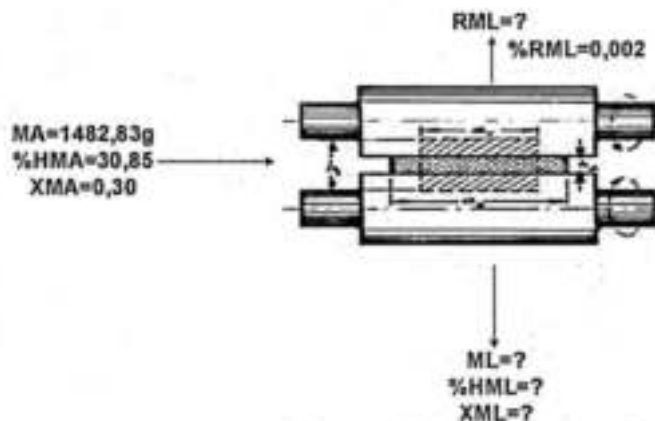
$$\%HMA = \frac{\text{masa (masa de agua de salida)}}{\text{Masa total}} \cdot 100 \quad (\text{Ecuación 4.9})$$

$$\%HMA = \frac{462,83\text{g}}{1500\text{g}} \cdot 100$$

$$\%HMA = 30,85 \%$$

4.10.3 Balance de materia en la etapa de laminado

En la figura 4.16, se muestra la etapa de laminado de la masa, para realizar el balance de materia.



Fuente: Elaboración propia
Figura 4.16: Etapa de laminado

Balance general de materia en la etapa de laminado (Valiente, 1992):

$$MA = RML + ML \quad (\text{Ecuación 4.10})$$

Para hallar ML se despeja de la ecuación 4.10:

$$ML = MA - RML \quad (\text{Ecuación 4.11})$$

$$ML = MA - (MA \cdot \%RML)$$

$$ML = 1482,83 \text{ g} - (1482,83 \text{ g} \cdot 0,002)$$

$$ML = 1482,53g$$

Para pérdida de masa laminada, RML se reemplaza los datos:

$$RML = ML * \%RML \quad (\text{Ecuacion 4.12})$$

$$RML = 1482,53 g * (0,002)$$

$$RML = 0,296 g$$

Para determinar el porcentaje de humedad en la salida del proceso de laminado se realizaron los siguientes cálculos (Reklasitis & Schneider, 1986):

$$\text{salida} = M \text{ solido seco} = \frac{ML * (100 - \%Hm)}{100} \quad (\text{Ecuacion 4.13})$$

$$\text{salida} = M \text{ solido seco} = \frac{1482,53g(100 - 30,85)}{100} = 1025,37g$$

$$\text{salida} = M \text{ masa de agua} = \frac{ML * \%Hm}{100} - \text{perdida} \quad (\text{Ecuacion 4.14})$$

$$\text{salida} = M \text{ masa de agua} = \frac{1482,53g * 30,85}{100} - 0,296 = 457,16g$$

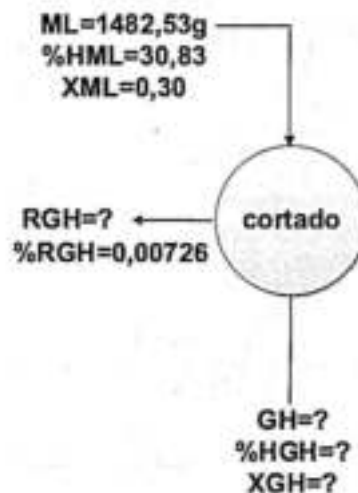
$$\%HML = \frac{\text{masa de agua de salida}}{\text{Masa total}} * 100 \quad (\text{Ecuacion 4.15})$$

$$\%HML = \frac{457,16g}{1482,53g} * 100$$

$$\%HML = 30,83 \%$$

4.10.4 Balance de materia en la etapa de cortado

En la figura 4.17, se muestra la etapa de cortado de masa de la galleta, tomando en cuenta las pérdidas de la masa para realizar el balance de materia.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.17: Etapa de cortado de la masa de la galleta

Balance general de materia en la etapa de cortado (Valiente, 1992):

$$ML = GH + RGH \quad (\text{Ecuacion 4.16})$$

$$GH = ML - RGH$$

$$GH = ML - (ML * \%RGH)$$

$$GH = 1482,53 \text{ g} - (1482,53 \text{ g} * 0,00726)$$

$$GH = 1471,766 \text{ g}$$

Para la pérdida de masa se realizó los siguientes cálculos:

$$RGH = ML * \%GHR \quad (\text{Ecuacion 4.17})$$

$$RGH = 1482,53 \text{ g} * (0,00726)$$

$$RGH = 10,76 \text{ g}$$

Para determinar el porcentaje de humedad en la salida de la etapa de cortado de la galleta húmeda (GH), se realizaron los siguientes cálculos (Reklasitis & Schneider, 1986):

$$\text{salida} = M \text{ solido seco} = \frac{GH * (100 - \%Hm)}{100} \quad (\text{Ecuacion 4.18})$$

$$\text{salida} = M \text{ solido seco} = \frac{1471,766g(100 - 30,83)}{100} = 1018,02g$$

$$\text{salida} = M \text{ masa de agua} = \frac{GH * \%Hm}{100} - \text{perdida} \quad (\text{Ecuacion 4.19})$$

$$\text{salida} = M \text{ masa de agua} = \frac{1471,76g * 30,83}{100} - 10,76 = 453,74g$$

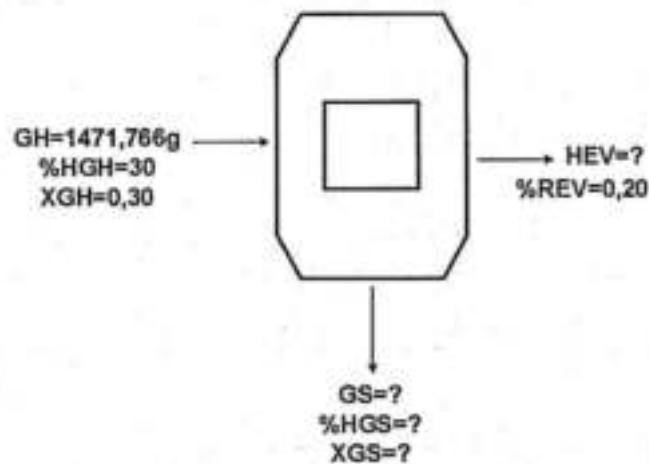
$$\%HGH = \frac{\text{masa (masa de agua de salida)}}{\text{Masa total}} * 100 \quad (\text{Ecuacion 4.20})$$

$$\%HGH = \frac{453,74g}{1471,766g} * 100$$

$$\%HGH = 30,09 \%$$

4.10.5 Balance de materia en la etapa de horneado de la masa

En la figura 4.18, se muestra la etapa de horneado, tomando en cuenta la masa de galleta húmeda cortada y la cantidad de pérdida de agua evaporada para calcular la cantidad y contenido de humedad del producto terminado.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.18: Etapa de horneado de la masa de galleta

Para el balance general de materia en el proceso de horneado, se realizaron los siguientes cálculos:

$$GH = GS + HEV \quad (\text{Ecuacion 4.21})$$

$$GS = GH - HEV$$

$$GS = GH - (GH * \%REV)$$

$$GS = 1471,766g - (1471,766g * 0,20)$$

$$GS = 1177,01 g$$

Para pérdida de agua evaporada se realizaron los siguientes cálculos:

$$HEV = GS * \% REV \quad (\text{Ecuacion 4.22})$$

$$HEV = 1177,01g * (0,20)$$

$$HEV = 235,40 g$$

Para determinar el porcentaje de humedad de la galleta sólida (GS), en la salida del proceso de horneado, se realizaron los siguientes cálculos:

$$\text{salida} = M \text{ solido seco} = \frac{GS * (100 - \%Hm)}{100\%} \quad (\text{Ecuacion 4.23})$$

$$\text{salida} = M \text{ solido seco} = \frac{1177,01g(100 - 30,09)\%}{100\%} = 823,907g$$

$$\text{salida} = M \text{ masa de agua} = \frac{GS * \%Hm}{100} - \text{perdida} \quad (\text{Ecuacion 4.24})$$

$$\text{salida} = M \text{ masa de agua} = \frac{1177,01 g * 30,09}{100} - 235,40 = 117,703g$$

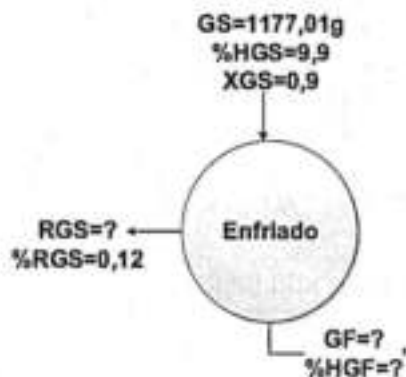
$$\%HGS = \frac{\text{masa (masa de agua de salida)}}{\text{Masa total}} * 100 \quad (\text{Ecuacion 4.25})$$

$$\%HGS = \frac{117,703g}{1177,01g} * 100$$

$$\%HGS = 9,9 \%$$

4.10.6 Balance de materia en la etapa de enfriado

En la figura 4.19, se muestra los datos en la etapa de enfriado de las galletas, para calcular la cantidad de galleta sólida.



Fuente: Elaboración propia
Figura 4.19: Etapa de enfriado

Para el balance general de materia en el proceso de enfriado, se realizaron los siguientes cálculos:

$$GS = GF + RGS \quad (\text{Ecuación 4.26})$$

$$GF = GS - RGS$$

$$GF = GS - (GS * \%RGS)$$

$$GF = 1177,01g - (1177,01g * 0,012)$$

$$GF = 1162,88g$$

Para la pérdida de agua evaporada en el enfriado, se realizaron los siguientes cálculos:

$$RGS = GF * \%RGS \quad (\text{Ecuación 4.27})$$

$$RGS = 1162,88g * (0,012)$$

$$RGS = 13,95g$$

Para determinar el porcentaje de humedad de la galleta final (GF), en la salida de la etapa de enfriado, se realizaron los siguientes cálculos:

$$\text{salida} = M \text{ solido seco} = \frac{GF * (100 - \%Hm)}{100\%} \quad (\text{Ecuacion 4.28})$$

$$\text{salida} = M \text{ solido seco} = \frac{1162,88g(100 - 9,9)}{100} = 10,47g$$

$$\text{salida} = M \text{ masa de agua} = \frac{GF * \%Hm}{100} - \text{perdida} \quad (\text{Ecuacion 4.29})$$

$$\text{salida} = M \text{ masa de agua} = \frac{1162,88g * 9,9}{100} - 13,95 = 101,17g$$

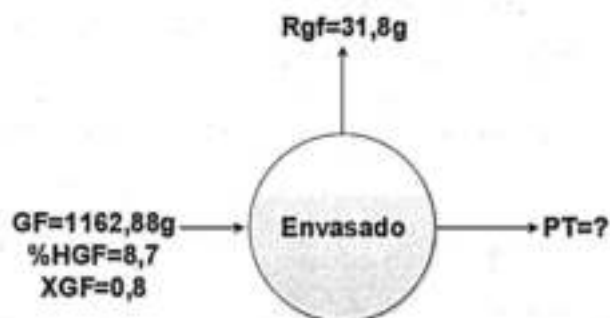
$$\%HGF = \frac{\text{masa (masa de agua de salida)}}{\text{Masa total}} * 100 \quad (\text{Ecuacion 4.30})$$

$$\%HGF = \frac{101,17g}{1162,88g} * 100$$

$$\%HGF = 8,7\%$$

4.10.7 Balance de materia en la etapa de envasado

En la figura 4.20, se muestra la etapa de envasado para la galleta con harina de coco y algarrobo para celíacos. Para realizar el balance de materia, se tomó en cuenta la cantidad de galleta en el proceso de enfriado.



Fuente: Elaboración propia
Figura 4.20: Etapa de envasado

Para el balance general de materia en el proceso de envasado, se realizaron los siguientes cálculos:

$$GF = PT + R_{gf} \quad (\text{Ecuacion 4.31})$$

$$PT = GF - R_{gf}$$

$$PT = 1162,88 \text{ g} - 31,8 \text{ g}$$

$$PT = 1131,08 \text{ g}$$

$$PT = 1,131 \text{ kg}$$

Para determinar el rendimiento del proceso se realizaron los siguientes cálculos (Sánchez, 2003):

$$\% \text{Rendimiento el proceso} = \frac{\text{producto final}}{\text{producto inicial}} \quad (\text{Ecuacion 4.32})$$

$$\%R = \frac{1131,08 \text{ g}}{1500 \text{ g}} * 100$$

$$R = 75,40 \%$$

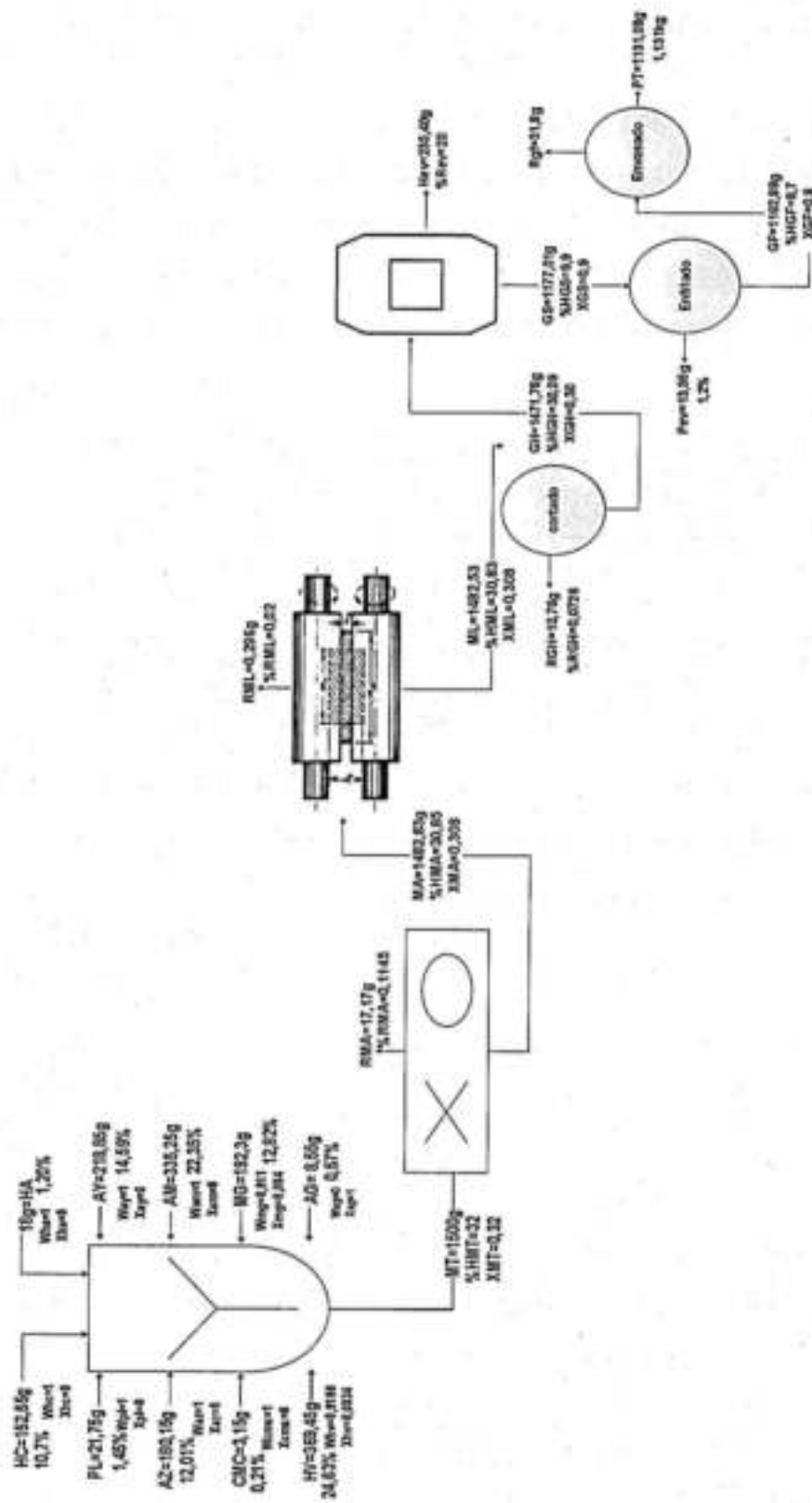
Para calcular la cantidad de unidades de galletas envasadas se tomó en cuenta el peso total del envase que es de 100g (Sánchez, 2003):

$$\text{N}^\circ \text{ unidades obtenidas} = \frac{\text{producto final}}{\text{peso neto por envase}} \quad (\text{Ecuacion 4.33})$$

$$\text{N}^\circ \text{ de unidades obtenidas} = \frac{1131,08 \text{ g}}{100 \text{ g}} = 11 \text{ unidades de galletas}$$

4.11 Resumen general del balance de materia del proceso de elaboración de galleta con harina de coco y algarrobo para celíacos

En la figura 4.21, se muestra el resumen del balance de materia para la elaboración de galleta con harina de coco y algarrobo para celíacos.



Fuente: Elaboración propia
 Figura 4.21: Resumen del balance de materia en el proceso de elaboración de galleta con harina de coco y algarrobo para celliacos

4.12 Balance de energía en el proceso de horneado de galleta con harina de coco y algarrobo para celíacos

El balance de energía en el horno semi industrial, se realizó para 1471,766 g de masa cortada húmeda de la galleta. En tabla 4.27, se muestran los resultados obtenidos de la carta psicométricas (Anexo J) del aire en base a las temperaturas de bulbo seco y bulbo húmedo. De acuerdo a las condiciones de la ciudad de Tarija, presión de 610mmHg y altura de 1,957m.s.n.m.

Tabla 4.27

Propiedades psicométricas del aire en el proceso del horneado

Propiedades	Aire frío	Aire caliente	Aire saturado
Tbs(°C)	25,0000	180,0000	93,0000
Tbh(°C)	20,5000	43,3000	34,9000
HR(%)	69,0000	0,2410	3,6000
W(Kgagua/Kg de aire)	0,0172	0,0192	0,0222
EH(KJ/Kg)	68,8900	237,1000	153,1000
Vc(m ³ /Kg)	1,0890	1,6600	1,3480

Fuente: Elaboración propia

Según (Barderas, 1994. Pag. 107), se muestra la deducción del balance general de energía para procesos de transferencia de calor:

Donde:

L= flujo masico

Q= calor

ΔH= entalpia

T= trabajo

F= fuerza

ΔU= energía interna de un sistema

g= gravedad

g_c= gravedad cinética

$$\Delta \frac{g}{g_c} + \frac{\Delta v^2}{2g_c} + \Delta H = \frac{Q - T - F}{L}$$

$$\Delta H = \frac{Q}{L}$$

$$Q = L \Delta H$$

Según (Reklaistis & Schneider, 1986. Pág. 413), se muestra el cambio diferencial de entalpia dH a presión constante en un sistema cerrado.

$$dH = \left(\frac{\partial H}{\partial T} \right)_p dT + \left(\frac{\partial H}{\partial P} \right)_T dP$$

$$Q = dH = \left(\frac{\partial H}{\partial T} \right)_p dT$$

$$Q = \Delta H = (H_2 - H_1) = \int_{T_1}^{T_2} \left(\frac{\partial H}{\partial T} \right) dT$$

$$Q = C_p dT$$

Según (Gutiérrez, 2014. Pág. 55), el principio de la conservación de la energía está dado por:

Donde:

L= flujo masico

dQ= variación de calor

Q= calor

Cp= Capacidad calorífica

dT= variación de temperatura

$$\int_0^Q dQ = L C_p \int_{T_1}^{T_2} dT$$

$$Q = L C_p (T_2 - T_1)$$

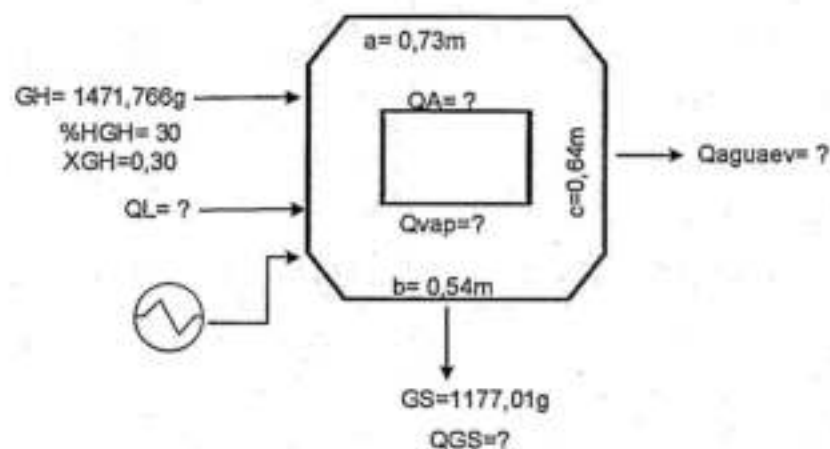
$$Q_{cedido} = Q_{ganado}$$

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

$$-\sum Q_{cedido} = \sum Q_{ganado} \text{ (Principio de conservación de la energía)}$$

$$Q_T = Q_{ganado} + Q_{cedido}$$

En la figura 4.22, se muestra los datos para determinar el calor necesario para el balance de energía en la etapa de horneado en la elaboración de galleta con harina de coco y algarrobo para celíacos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.22: Balance de energía en la etapa de horneado de galleta con harina de coco y algarrobo para celíacos

Donde:

%HGH= porcentaje de humedad (%)

XGH=fracción en función de la humedad de la masa de galleta

GH= galleta húmeda (g)

Q_A= cantidad de calor de aire (kcal)

C_{paire}= capacidad calorífica del aire (0,24kcal/°C) (Onello,2006)

m_{aire}= masa de aire (kg)

Q_{aguaevap}= cantidad de calor de agua evaporada (kcal)

QG= calor de las galletas

QL= cantidad de calor de bandeja del horno

Q_{vap}= cantidad de calor de vapor (kcal)

(ΔT) = variación de temperatura en el horno (°C)

T_i= temperatura inicial (°C)

T_f=temperatura final (°C)

Inicialmente se procedió a determinar el calor necesario para calentar el horno, donde la temperatura inicial del aire fue de 25°C hasta una temperatura final de 120°C.

$$Q_{AC} = m_{aire} * C_{paire} * (\Delta T) \quad (\text{Ecuacion 4.34})$$

Donde:

Q_{AC} = Cantidad de calor del aire (kcal)

m_{aire}=Masa de aire (kg)

C_{paire} = Capacidad calorífica del aire (0,24 kcal/kg °C) (Onello, 2006)

(ΔT) = Variación de temperatura en el horno

T_f= 25°C

T_i= 120°C

Para determinar la cantidad de masa del aire dentro del horno, se utilizaron los datos de la figura 4.22, y se realizaron los cálculos siguientes (Cañadas, 2000).

$$V = a * b * c \quad (\text{Ecuacion 4.35})$$

Donde:

a = Ancho (0,73m)

b = Base (0,54m)

c= Altura (0,64m)

v =Volumen de aire en el horno

$$V= 0,73m * 0,54m * 0,64m$$

$$V=0,252 m^3, \text{ volumen de aire en el horno}$$

$$f = \frac{m}{v} \quad (\text{Ecuacion 4.36})$$

Donde:

f= Densidad del aire 1,2 kg/m³ (Perry, 1911)

m= masa de aire

$$m=f*v$$

$$m = \frac{1,2kg}{m^3} * 0,252m^3$$

$$m = 0,3024 \text{ kg}$$

Remplazando los datos obtenidos en la (Ecuacion 4.34):

$$Q_A = 0,3024 \text{ kg} * 0,24 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C} * (120 - 25) ^\circ\text{C}$$

$$Q_A = 6,894 \text{ kcal}$$

Para determinar la capacidad calorifica de la galleta horneada se realizaron los siguientes cálculos (Choi y Oikos 1983):

$$C_p = 4180 * a + 1,711 * p + 1,928 * g + 1,547 * c + 0,908 * s \quad (\text{Ecuacion 4.37})$$

Donde:

a= fracción másica del agua

p= fracción másica de la proteína

g=fracción másica de la grasa

c=fracción másica de los carbohidratos

s= fracción másica cenizas

Reemplazando datos en la (Ecuacion 4.37):

$$C_p = 4180 \cdot 0,0879 + 1711 \cdot 0,079 + 1928 \cdot 0,1554 + 1547 \cdot 0,7446 + 0,908 \cdot 0,0242$$

$$C_p = 367,422 + 135,169 + 299,6112 + 1151,8962 + 0,0219$$

$$C_p = 19454,1203 \frac{J}{kg^{\circ}C} \cdot 1 \frac{Kcal}{4186,8J}$$

$$C_p = 0,46673 \frac{kcal}{kg^{\circ}C}$$

Para la cantidad de calor para calentar la masa de la galleta se realizaron los siguientes cálculos (Valiente, 1995)

$$Q_G = m_G \cdot C_{pG} \cdot (T_f - T_i) \quad (\text{Ecuacion 4.38})$$

Donde:

Q_G = Calor de la galleta (kcal)

m_G = Masa de la galleta = 1471,766g

T_f = Temperatura final del horno = 180 °C

T_i = Temperatura inicial del horno = 25 °C

$$Q_G = 1,471766 \text{ kg} \cdot 0,46673 \text{ kcal/kg } ^{\circ}C \cdot (93 - 25) ^{\circ}C$$

$$Q_G = 65,257 \text{ kcal}$$

También se toma en cuenta el calor que se requiere para calentar las bandejas del horno:

$$Q_L = m_L * C_{pL} * (T_f - T_i) \quad (\text{Ecuacion 4.39})$$

Donde:

Q_L = Cantidad de calor (Kcal)

m_L = Masa de la lata 0,858 Kg

C_{pL} = Capacidad calorífica de la bandeja aluminio 0,095 Kcal/Kg °C
(Perry, 1911)

T_f = 120°C

T_i = 25°C

$$Q_L = 0,858 \text{ kg} * 0,095 \text{ kcal/Kg } ^\circ\text{C} * (120 - 25) ^\circ\text{C}$$

$$Q_L = 7,74 \text{ kcal}$$

Para determinar la cantidad de calor de vapor que se requiere para calentar el aire y las latas en el horno (Valiente, 1995):

$$Q_{vap} = m_{aire} * C_{p_{aire}} * (T_f - T_i) \quad (\text{Ecuacion 4.40})$$

Donde:

Q_{vap} = Cantidad de calor de vapor (kcal/h)

m_{aire} = Flujo másico del aire (kg)

$C_{p_{aire}}$ = Capacidad calorífica del aire (kcal/kg °C)

ΔT = Variación de temperatura (°C)

También la (Ecuación 4.40), se puede expresar como:

$$\Delta H = Q_{vap} = m_{aire} * C_{p_{aire}} * (T_f - T_i) \quad (\text{Ecuacion 4.41})$$

También se toma en cuenta el calor que se requiere para calentar las bandejas del horno:

$$Q_L = m_L * C_{pL} * (T_f - T_i) \quad (\text{Ecuacion 4.39})$$

Donde:

Q_L = Cantidad de calor (Kcal)

m_L = Masa de la lata 0,858 Kg

C_{pL} = Capacidad calorífica de la bandeja aluminio 0,095 Kcal/Kg °C (Perry,1911)

T_f = 120°C

T_i = 25°C

$$Q_L = 0,858 \text{ kg} * 0,095 \text{ kcal/Kg } ^\circ\text{C} * (120 - 25) ^\circ\text{C}$$

$$Q_L = 7,74 \text{ kcal}$$

Para determinar la cantidad de calor de vapor que se requiere para calentar el aire y las latas en el horno (Valiente, 1995):

$$Q_{vap} = m_{aire} * C_{p_{aire}} * (T_f - T_i) \quad (\text{Ecuacion 4.40})$$

Donde:

Q_{vap} = Cantidad de calor de vapor (kcal/h)

m_{aire} = Flujo másico del aire (kg)

$C_{p_{aire}}$ = Capacidad calorífica del aire (kcal/kg °C)

ΔT = Variación de temperatura (°C)

También la (Ecuación 4.40), se puede expresar como:

$$\Delta H = Q_{vap} = m_{aire} * C_{p_{aire}} * (T_f - T_i) \quad (\text{Ecuacion 4.41})$$

Es valida cuando no hay reacción química o cambios de estado entre los componentes que interviene en el proceso de transformación agroalimentaria. Para sistemas abiertos, donde no exista acumulación y que está en función de sus entalpias inicial y finales. La (Ecuación 4.41), se puede expresar como una función del cambio de entalpias iniciales y finales del aire en el horno citado por (Valiente, 1995)

$$Q_{vap} = m_{aire} \cdot C_{p_{aire}} \cdot (T_f - T_i) = m_{aire} \cdot (H_{final} - H_{inicial}) \quad (\text{Ecuación 4.42})$$

Al ordenar la (Ecuación 4.43), se puede expresar una nueva expresión:

$$Q_{vap} = m_{aire} \cdot (\Delta H) \quad (\text{Ecuación 4.43})$$

$$Q_{vap} = 0,3024 \text{ kg} \cdot (237,10 - 68,89)$$

$$Q_{vap} = 50,866 \text{ kJ} \cdot 1 \text{ Kcal} / 4,187 \text{ kJ}$$

$$Q_{vap} = 12,1487 \text{ kcal, calor de vapor}$$

Para determinar el calor de agua evaporada que sale durante el cocimiento de la galleta, se realizaron los siguientes cálculos (Reklaitis & Schneider, 1986)

$$Q_{agua \text{ evap.}} = m_{galleta} \cdot X \cdot \lambda \quad (\text{Ecuación 4.44})$$

Donde:

$Q_{agua \text{ evap.}}$ = Cantidad de calor de agua evaporada (kcal)

$m_{galleta}$ = Masa de galletas = 1471,766g

X = Contenido de humedad de la masa cruda = 0,3

λ = Landa de evaporación = 538,86 kcal/kg (Perry, 1911)

$$Q_{agua \text{ evap.}} = 1,471 \text{ kg} \cdot 0,3 \cdot 538,86 \text{ kcal/kg}$$

$$Q_{agua \text{ evap.}} = 237,63 \text{ kcal, calor de agua evaporada}$$

Para determinar la cantidad total de calor en el proceso de horneado de la galleta se realizaron los cálculos (Valiente, 1995):

$$Q_T = Q_A + Q_G + Q_{vap} + Q_L + Q_{agua\ evap} \quad (\text{Ecuacion 4.45})$$

$$Q_T = 6,894 \text{ kcal} + 65,257 \text{ kcal} + 12,1487 \text{ kcal} + 7,74 \text{ kcal} + 237,63 \text{ kcal}$$

$$Q_T = 329,66 \text{ kcal}$$

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones:

- Según los resultados del análisis fisicoquímico de la harina de coco presenta: ceniza 5,35%, fibra 5,59, humedad 7,60%, grasa 10,01%, proteína 20,37%, hidratos de carbono 51,08 y valor energético de 375,89 kcal/100g. Fósforo 525,5 mg/100g, magnesio 223 mg/100g y potasio 1545 mg/100g.
- En base a los resultados del análisis fisicoquímico de la harina de algarrobo presenta: ceniza 2,12%, fibra 8,23%, grasa 2,48%, hidratos de carbono 76,83%, humedad 2,36%, proteína total 7,98%, valor energético 361,56 kcal/100g. Potasio 752 mg/100g y calcio 133 mg/100g.
- Según caja y bigote en el primer grupo, las medianas mejor valoradas por los jueces fueron en los atributos: sabor con 4,35 (GX2) goma xantana al 0,24% y apariencia con 4,50(GX3) carboximetilcelulosa al 0,25% y realizado el estadístico de Tukey, existe diferencia significativa $p < 0,05$.
- Aplicado caja y bigote en el segundo grupo la mediana mejor valorada por los jueces fue en el atributo color con 4,40 (GX6) carboximetilcelulosa al 0,15%, y realizado el análisis de varianza no presento diferencia estadística en los cinco atributos evaluados.
- Según caja y bigote en el tercer grupo, las medianas mejor valoradas por los jueces fueron en los atributos; sabor con 4,35 (G01) goma xantana al 0,24% y textura con 4,25 (G02) carboximetilcelulosa al 0,29% y realizado el estadístico de Tukey existe diferencia significativa $p < 0,05$.
- En base a caja y bigote en el cuarto grupo, la mediana mejor valorada por los jueces fue en el atributo apariencia con 4,65 (GF2) carboximetilcelulosa al 0,29% y realizado el estadístico de Tukey existe diferencia significativa $p < 0,05$.

- Según el diseño experimental en el proceso de dosificación existe evidencia estadística significativa para $p < 0,05$; ya que $F_{cal}(5,77) > (4,75)F_{tab}$ para carboximetilcelulosa y no así para las demás variables analizadas.
- Aplicado caja y bigote a la muestra ideal y muestra del diseño experimental la mediana mejor valorada por los jueces fue en el atributo textura con 4,47 (GA2) del diseño experimental con carboximetilcelulosa al 0,21% y realizado el estadístico de Tukey existe diferencia significativa $p < 0,05$.
- En base al estadístico T-estudent en la selección de la forma de la galleta indica que $T_{cal}(1,300) < T_{tab}(2,508)$, no existiendo diferencia significativa y aceptando la hipótesis planteada $p < 0,01$. Sin embargo, los jueces tuvieron mayor preferencia por la galleta ovalada con un 83% de aceptación.
- Según los resultados del análisis fisicoquímico el producto terminado presenta: 0,19% de acidez (ácido Láctico), humedad 8,79%, gluten húmedo n.d., ceniza 2,42%, fibra 0,39%, grasa 15,54%, hidratos de carbono 74,46%, proteína total 7,19% y valor energético 466,46 Kcal/100g. Calcio 135,00 mg/100g, fósforo 308,00 mg/100g, magnesio 36,30 mg/100g y potasio 316,00 mg/100g.
- En base a los resultados del análisis microbiológico el producto terminado presenta: coliformes totales $< 1,0 \times 10^1$ (*) UFC/g, mohos y levaduras $< 1,0 \times 10^1$ (*) UFC/g y Staphylococo aureus $< 1,0 \times 10^1$ (*) UFC/g. Estando dentro de la normativa NB 39008.
- Según la selección del tipo de envase se determinó que GE2 con (0,0953 gmH₂O/gmSS) presenta menor pérdida de humedad en la galleta, siendo la bolsa de polipropileno el envase para el producto terminado.
- Aplicado balance de materia y energía en el proceso de elaboración de la galleta presenta 1131,08 g de producto con rendimiento del 75%.

5.2 Recomendaciones:

- Se recomienda la implementación de una planta piloto para la elaboración de galletas sin gluten y pueda incorporarse en el municipio de Villa Montes, para aprovechar el repoblamiento del algarrobo y sub productos del mismo, para el beneficio de productores de la zona de interés.
- Se recomienda la incorporación de harinas nutritivas para la elaboración de galleta como ser: harina de lenteja, harina de almendras y garbanzo, con el fin de enriquecer al producto.
- Se recomienda la incorporación de un horno rotatorio en el laboratorio de la carrera de Ingeniería de Alimentos con el fin de que los estudiantes desarrollen el manejo de manera experimental.