

1.1. ANTECEDENTES

Extrusión es la operación de dar forma de una sustancia plástica (material moldeable) forzando su paso a través de una restricción o apertura. La extrusión se ha empleado industrialmente durante los últimos 50 años. Inicialmente el uso de la extrusión, se limitaba a mezclar y dar forma a macarrones y bolitas (pellets) de cereales de consumo instantáneo (Arias, 2006).

En la actualidad, un extrusor se considera como un bioreactor de alta temperatura y corto tiempo de residencia que transforma una amplia variedad de materias primas en intermedios modificados o productos finales. Esta nueva percepción y la evolución creciente de la tecnología, se debe (Arias, 2006):

- Alta capacidad de procesado en continuo y eficiencia energética.
- Procesado de materiales relativamente deshidratados y viscosos.
- Mejora de las características de textura y sabor de los alimentos.
- Control de cambios térmicos de los constituyentes de los alimentos.
- Uso de ingredientes no convencionales.

Los procesos y equipos de extrusión, fueron desarrollados simultáneamente en varias industrias y países durante los dos últimos siglos en 1779; ya se empleaba un sistema manual para el procesado de pasta, en 1860-63 aparecen las primeras producciones industriales de cereales para desayuno en Michigan y Nueva York, en 1869 Fellows y Baste, en Inglaterra desarrollaron el primer extrusor continuo de doble husillo conocido, este equipo se usó inicialmente para la elaboración de productos del tipo salchicha (García, 2010).

En 1894 Will Keith Kellogg inventa los primeros copos de maíz (corn flakes) que empezarán a comercializarse de forma generalizada a partir de 1906 luego en 1900-

1902 primera prensa-extrusora en continuo para obtención de aceite de linaza posterior a eso en 1930 se desarrolló el primer extrusor de husillo único para la producción continua de pasta (García, 2010).

Desde el siglo XIII que se introdujo en Europa se realizaba por cargas, pero a pesar de ello, hasta 1940 aún se producirá la pasta de forma generalizada mediante sistemas por cargas; en 1939 los primeros rizos de maíz fueron extrusionados. Este producto no fue lanzado al mercado hasta después de la II Guerra Mundial por Adams Corporation A. A lo largo de 1940 se desarrollaron y refinaron diferentes extrusores de único husillo para la obtención de aceite a partir de semillas oleaginosas, sustituyendo muchas de las menos eficientes prensas hidráulicas obtenidas para este propósito (García, 2010).

1.2. JUSTIFICACIÓN

- Con este trabajo de investigación, se pretende incorporar un cereal saborizado (sabor chocolate) que cumpla con los requisitos de calidad nutricional para los niños en etapa escolar en el Departamento de Tarija.
- Así mismo, se pretende ofertar un cereal a base de harina de maíz, que sea asequible y competitivo en precio frente a otros cereales ofertados en el mercado local y reducir la importación de este tipo de producto en el mercado.
- La necesidad de ofertar productos más sanos y con alto valor energético, se constituye en un proceso de combinación de cereales (harina de maíz y torta de soya), que sean agradables y atractivas hacia el mercado. Son aspectos importantes que hay que tomar en cuenta al momento de consumir un derivado de cereales que vaya en beneficio del consumidor final; tanto en calidad nutricional, como en precio.

- La elaboración de este tipo de producto, puede ser una alternativa de desarrollo industrial en el departamento de Tarija; coadyuvando en la generación de nuevas fuentes de trabajo e incentivar a la producción de maíz.

1.3. OBJETIVOS

A continuación, se detallan el objetivo general y objetivos específicos del presente trabajo.

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Elaborar cereal saborizado de chocolate, aplicando los conceptos teóricos del proceso de extrusión con la finalidad de obtener un producto de calidad.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar las propiedades fisicoquímicas de la materia prima, para establecer su composición.
- Caracterizar las propiedades fisicoquímicas del cereal extruido sabor chocolate, para establecer su composición.
- Determinar el proceso de dosificación inicial en la elaboración del líquido de cobertura.
- Determinar el proceso de dosificación final en la elaboración del líquido de cobertura.
- Realizar el diseño factorial en la etapa de saborizado para establecer las variables en la dosificación del líquido de cobertura.

- Determinar las características fisicoquímicas del cereal saborizado de chocolate, para establecer su composición nutricional.
- Determinar las características microbiológicas del cereal saborizado de chocolate, para valorar su inocuidad.

1.4. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA GENERAL

¿Cuales serán los conceptos teóricos del proceso de extrusión que se aplicará para elaborar cereal saborizado de chocolate con el fin de obtener un producto de calidad?

1.4.1. PLANTEAMIENTO DE LOS PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuales serán las características fisicoquímicas de la materia prima, que se debe establecer para conocer su composición?
- ¿Cuales serán las características fisicoquímicas del cereal extruido sabor chocolate, que se debe establecer para conocer su composición?
- ¿Cuál será el proceso de dosificación inicial para la elaboración del líquido de cobertura?
- ¿Cuál será el proceso de dosificación final para la elaboración del líquido de cobertura?
- ¿Cuál será el diseño factorial en la etapa de saborizado que deberá establecer las variables en la dosificación del líquido de cobertura?

- ¿Cuales serán las características fisicoquímicas del cereal saborizado de chocolate, que permitan establecer su composición nutricional?
- ¿Cuales serán las características microbiológicas del cereal saborizado que permita establecer su inocuidad?

1.5. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS GENERAL

Mediante el proceso de extrusión de cereales (cereal saborizado de chocolate), con dosificación de 25g de colorante, 50g de saborizante y un tiempo de inmersión de 25s en la solución; se podrá elaborar un producto de calidad.

2.1. ORIGEN DEL MAÍZ EN LATINOAMÉRICA Y BOLIVIA

Según (MUNDO MAYA, 2009), existe una hipótesis de que este cultivo se habría originado en los Andes de Bolivia, Ecuador y Perú (Mangelsdorf y Reeves, 1959); debido a la presencia de maíz reventón y la amplia diversidad genética presente en los maíces andinos que han sido una de las principales fuentes alimenticias de la civilización Incaica, la cual desarrollaba el cultivo en terrazas. Para algunos investigadores, el centro de origen sería la zona chaqueña de Bolivia y Paraguay, por la presencia de maíces tunicados (ecotipo primitivo de maíz).

Según (Ramírez, 1961), Bolivia catalogado como uno de los 15 países megadiversos del mundo, presenta 1470 ecotipos nativos y compuestos raciales de maíz, con una amplia distribución geográfica, ya que se lo encuentra desde el Altiplano, los Valles, la Amazonia, el Chaco tarijeño, la Chiquitania, la Llanura Beniense y hasta el Pantanal, en una gran variedad de diversos tamaños, sabores y consistencia, es así que la diversidad de platos y formas de preparar el maíz es un reflejo de la cantidad de variedades cultivadas en todas las bioregiones y de las culturas que las habitan, pero es, al mismo tiempo, una muestra de la biodiversidad del país, por tanto, cada plato tiene su tipo de maíz y cada región tiene su propia tradición.

Según (Ramírez, 1961), el maíz, se cultiva en diversas partes del territorio boliviano, pero más que todo en los departamentos de Santa Cruz, Chuquisaca, Cochabamba y Tarija, que en conjunto suman el 85% de la superficie total cultivada anualmente, la misma que supera las 300 mil hectáreas. Por su parte, la producción nacional de maíz, en los últimos años, ha alcanzado más de 600 mil toneladas.

Según (Ramírez, 1961), en los últimos años las multinacionales del alimento han desarrollado variedades de maíz transgénico, las cuales han llegado a contaminar el maíz de productores campesinos, debido a las características de polinización, manejo, selección e intercambio del alimento. Y puede ocasionar una contaminación genética

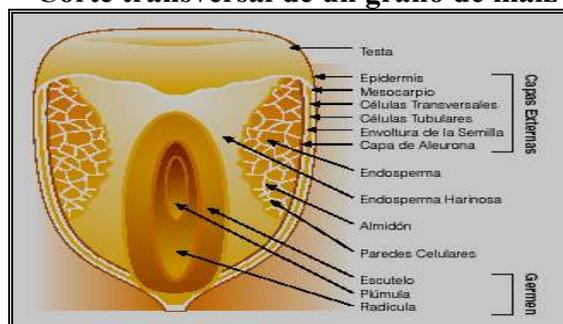
de las variedades criollas de maíz por sus características de reproducción cruzada y el potencial de riesgo que esto presenta a la diversidad genética de este cultivo; ya que permitir el inicio de pruebas con maíz transgénico sería atentar contra uno de los principales patrimonios genético-culturales del país y pondría en riesgo no sólo el cultivo en los llanos, en la región andina, en los valles y en la Amazonía. Sino en las propias políticas nacionales y regionales de recursos genéticos y de la biodiversidad destinadas a la protección de estos recursos compartidos en la región andina.

2.1.1. DEFINICIÓN DEL MAÍZ

El maíz, es un cereal cuyas mazorcas están formadas por granos blancos, amarillos ó rojizos, los cuales son ricos en almidón, están unidos a una coronta y protegidos por múltiples capas de hojas fibrosas (Yamakake, 2005).

Según (Hoffman y col, 1998), la forma en que se procesa y consume el maíz varía enormemente de un país a otro, siendo la harina refinada de maíz y la harina integral de maíz dos de los productos más populares. Para producir la harina integral de maíz, se muele el grano entero para producir una harina granulada compuesta por partículas cuyo tamaño varía de grueso a más fino, mientras que la harina refinada de maíz se obtiene de la molienda del endospermo del grano de maíz después que el germen y las capas exteriores han sido removidos (figura 2.1).

Figura 2.1
Corte transversal de un grano de maíz



Fuente: Hoffman y col, 1998

2.2. RAZAS O VARIEDADES DE MAÍZ

Según (MUNDO MAYA, 2009), La siguiente clasificación de razas o variedades de maíz se presenta en países como México, Cuba Centro América, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Chile, Venezuela, Brasil y Estados Orientales de América del Sur”; Como se muestra en la figura 2.2.

Figura 2.2
Variedades o razas de maíz



Fuente: Hoffman y col, 1998

2.2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL MAÍZ AMARILLO DURO VARIEDAD “CUBANO”

Descripción taxonómica del maíz (Hoffman y col, 1998):

Reino: *Plantae*

Familia: *Poaceae*

División: *Magnoliophyta*

Género: *Zea* Especie: *Zea mays*

Clase: *Liliopsida*

Nombre binomial:

Orden: *Poales*

Zea mays

El maíz cubano amarillo crece a una altitud de 30 a 2000 metros sobre el nivel del mar. Mazorcas largas, granos de color naranja profundo y puntas desnudas, emparentados con los maíces cafetos de Brasil. A veces tienen una ligera capa harinosa. Este tipo de maíz, es una de las variedades que más se produce a nivel nacional (Hoffman y col, 1998). La figura 2.3, muestra la apariencia del maíz amarillo, duro variedad “cubano”

La figura 2.3
Maíz amarillo duro variedad “cubano”



Fuente: Hoffman y col, 1998

2.2.2. USOS DEL MAÍZ

Una forma importante de uso del maíz, es la elaboración de harina la cual es el principal ingrediente de las botanas expandidas y cereales para desayuno; estos productos se elaboran por el proceso de extrusión. En Bolivia la mayor parte del maíz, se utiliza para la elaboración de tortillas, producto básico para la dieta del boliviano, además de emplearse para hacer otros productos de consumo generalizado: tamales, tortillas, chirriadas, humintas y otros (Yamakake, 2005).

La elaboración de botanas (cereales expandidos) de maíz, representa una oferta con un mercado alto para las industrias de frituras en el país y una excelente opción para mejorar el contenido de nutrimentos. Actualmente, se utilizan industrialmente diversos tipos de maíz para la elaboración de botanas. Una de las características importantes de las botanas, es su textura y esta tiene que ver con el índice de expansión que presenta. Las variables del proceso de extrusión influyen en ésta (Caldwell, 1990).

El proceso de extrusión consiste en someter la materia prima a una temperatura alta en corto tiempo; donde el almidón es gelatinizado, las proteínas son desnaturalizadas y los extrudidos son texturizados e histológicamente reestructurados. Además, de que el proceso de extrusión reduce la contaminación microbiológica e inactiva las enzimas entre otras ventajas (Caldwell y col, 1990).

El proceso de extrusión aumentó la digestibilidad del almidón en salvado y germen de trigo, maíz y de otros cereales. Esto se debe a que la hidrólisis provocada por el proceso de extrusión disminuyó el almidón no digerible y lentamente digerible; aumentando el almidón rápidamente digerible. El proceso de extrusión también disminuye el almidón total. Esto probablemente, se debe a que es hidrolizado a carbohidratos más simples (Caldwell y col, 1990).

El germen de maíz muestra un aumento de glucosa libre debido a la hidrólisis del almidón, reacción no tan acentuada como en el caso del salvado. Los cambios provocados por la extrusión sobre la fibra dietaria, mostraron un leve aumento de la porción de fibra soluble (Caldwell y col, 1990).

Los resultados de la panificación, demostraron que el proceso de extrusión no afecta de manera significativa las propiedades panificables del salvado y germen, lográndose productos de buena calidad y sabor (Caldwell y col, 1990).

Los cereales para desayuno son productos elaborados por la industria a partir de diversos granos, principalmente trigo, maíz arroz, coime, quinua y avena, sometidos a procesos por los que se consiguen que estallen, se expandan, se hinchen o se aplasten, de manera que estén listos para tomar. Conservan su valor nutricional y son más digeribles que como grano entero y natural. Se presentan en forma de escamas, copos, filamentos, gránulos, etc. Con frecuencia, se enriquecen con diversos ingredientes alimenticios con lo que puede aumentar considerablemente su valor nutricional y su acción dietética (Caldwell y col, 1990).

2.2.3. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL MAÍZ AMARILLO DURO VARIEDAD “CUBANO”

El la tabla 2.1, se muestra la composición fisicoquímica del maíz amarillo duro variedad “cubano”

Tabla 2.1
Composición fisicoquímica del maíz amarillo duro variedad “cubano”

Componentes	Porcentaje
Materia seca	88,00%
Proteína cruda	0,90%
Grasa	3,50%
Fibra cruda	2,90%
Calcio	0,01%
Fósforo total	0,25%
Cenizas	1,50%
Proteína digerible (Rumiantes)	5,80%

Fuente: Alimentos Bolivianos, 2009

El la tabla 2.2, se muestra la composición en aminoácidos del maíz amarillo duro variedad “cubano”

Tabla 2.2
Aminoácidos del maíz amarillo duro variedad “cubano”

Componentes	Porcentaje
Metionina	0,33 %
Cistina	0,20 %
Lisina	0,54 %
Tófano	0,20 %
Teanina	0,60 %
Iso lencina	1,00 %
Histidina	0,30 %
Valina	1,00 %
Leucina	1,49 %
Argina	2,30 %
Fenil alamina	0,80 %
Glicine	1,10 %

Fuente: Alimentos Bolivianos, 2009

El la tabla 2.3, se muestra la composición en vitaminas del maíz amarillo duro variedad “cubano”.

Tabla 2.3
Vitaminas del maíz amarillo duro variedad “cubano”

Componentes	Cantidades
Caróteno	21,50 mg/kg
Vitamina A	2,20 iu/grm
Thiamina	3,70 mg/kg
Vitamina E	22,00 mg/kg
Rizoflamina	1,10 mg/kg
Acido paritolenico	5,70 mg/kg
Biotina	80,00 mg/kg
Acido flórico	375,00 mg/kg
Chalime	440,00 mg/kg
Niacina	2,00 mg/g

Fuente: Alimentos Bolivianos, 2009

El la tabla 2.4, se muestra la composición en minerales del maíz amarillo duro variedad “cubano”.

Tabla 2.4
Minerales del maíz amarillo duro variedad “cubano”

Componentes	Cantidad
Sodio	0,03 %
Potasio	0,04 ppm
Magnesio	0,15 %
Azufre	0,12 %
Manganeso	4,10 ppm
Hierro.	35,00 ppm
Cobre	3,40 ppm
Zinc Selenio.	10,40 ppm
Sodio	0,33 %

Fuente: Alimentos Bolivianos, 2009

2.3. SEMOLINA DE MAÍZ

Según (Stephen, 2008), la semolina mantiene todas las propiedades del grano; ya que proviene de la molienda directa del grano entero, es el producto principal de la molienda de la sémola de maíz, es más basta que la harina producida por la molienda del trigo común. Unas características deseables para la semolina incluyen buen color, motas oscuras de fibra minúsculas, y granulación uniforme. Se producen cantidades pequeñas de semolina fina y de harina. Éstas normalmente, se combinan con semolina normal para producir un material mezclado; que se utiliza para tipos de procesos tales como en el proceso de extrusión y peletizado. En la figura 2.4, se muestra la semolina de maíz.

Figura 2.4
Semolina de maíz



Fuente: Stephen, 2008

2.4. DEFINICIÓN DE TORTA DE SOYA

La torta de soya, es una harina de molienda uniforme, derivada de semillas de primera calidad. Se presenta como un polvo seco de color ámbar pálido. Este producto, es sometido a un proceso de acondicionamiento para reducir eficazmente el gusto típico de la soya (SENASA, 2008).

2.4.1. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA TORTA DE SOYA

En la tabla 2.5, se muestra la composición fisicoquímica de la torta de soya

Tabla 2.5
Composición fisicoquímica la torta de soya

Componentes	Porcentaje
Proteína	50%
Humedad	6%
Grasa	1,20%
Fibra	3%
NSI	30%
Cenizas	5%
Carbohidrato	36%

Fuente: Lorna, (2009)

En la tabla 2.6, se muestra la composición nutritiva de la torta de soya

Tabla 2.6
Cuadro de valor nutritivo de la torta de soya

Componente	Cantidad
Lisina disponible mín.	7,07g/100g
Relación eficiencia proteínica (P.E.R.)	2
Utilización proteínica neta (U.P.N.)	60
Actividad ureásica (dif. pH)	0,3

Fuente: Lorna, (2009)

2.4.2. APLICACIONES DE LA TORTA DE SOYA

Se utiliza en la industria alimenticia, generalmente combinado con otros componentes alimenticios, en procesos en los que se desea incrementar el tenor de proteínas; mejorando el valor dietético del producto final (SENASA, 2008).

2.5. EXTRUSIÓN Y SUS EFECTOS SOBRE LA MEZCLA DE HARINAS

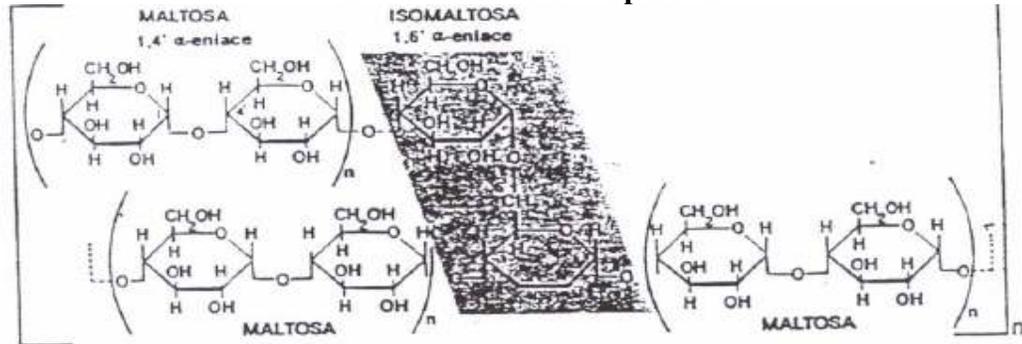
El proceso de extrusión consiste en someter la materia prima a una temperatura alta en corto tiempo; donde el almidón es gelatinizado, las proteínas son desnaturalizadas y los extrudidos son texturizados e histológicamente reestructurados. Además, de que el proceso de extrusión reduce la contaminación microbiana e inactiva las enzimas entre otras ventajas (Caldwell y col, 1990).

2.5.1. EFECTO DE LA EXTRUSIÓN SOBRE LOS ALMIDONES

El almidón, se encuentra en los cereales en forma de gránulos pequeños de diferentes formas-esféricos, ovalados, lentillas, irregulares-en función de su origen. Dentro de los cereales el almidón existe en forma hidratada, polimérica y formando un entramado cristalino (Guy, 2007).

Cuando el almidón, se trata en agua caliente aparecen dos fracciones, el componente más soluble la amilasa que se disuelve y la amilopectina que permanece insoluble. En los cereales la amilasa viene a representar el (10-20) % y la amilopectina (90-80) % del almidón (Guy, 2007). En la figura 2.4 se muestra la estructura de la amilopectina.

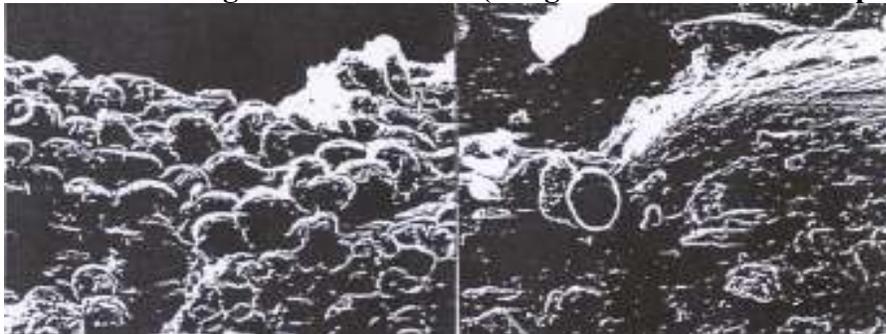
Figura 2.4
Estructura de la amilopectina



Fuente: Lorna, 2009

Según (Guy, 2007), en el proceso de extrusión; el gránulo de almidón absorbe agua y en el instante de salida de la matriz de la extrusora. El agua sometida a presión pasa a la forma de vapor y el almidón sufre un proceso de alineamiento, rizado y rotura tal como se muestra en la figura 2.5.

Figura 2.5
Rizado rotura del grano de almidón: (fotografía electro microscópica)



Fuente: Lorna, 2009

2.5.2. EFECTO DE LA EXTRUSIÓN SOBRE LAS GRASAS

Los aceites que contienen los cereales, las grasas añadidas a los piensos que posteriormente serán extrusionados, así como los aceites de leguminosas como el contenido en el haba de soja, al ser el producto extrusionado sufren un proceso de emulsión debido a la fuerte presión a que son sometidas las finas gotas de grasa y son recubiertas por los almidones y proteínas, quedando la grasa encapsulada.

Generalmente las lipasas y peroxidasas son inactivadas durante el proceso de extrusión en condiciones normales, mejorando la estabilidad posterior del producto (Guy, 2007).

2.5.3. EFECTO DE LA EXTRUSIÓN SOBRE LA PROTEÍNA

La extrusión de productos con elevado contenido proteico, se suele realizar generalmente para controlar los inhibidores del crecimiento que están contenidos en las materias primas. Durante el proceso de extrusión, estos inhibidores son suficientemente inactivados para evitar bloquear la actividad enzimática en el intestino (Guy, 2007).

La extrusión produce el desenredamiento de las cadenas proteicas vegetales. Las moléculas, se alinean a largo de la matriz. En ausencia de cantidades importantes de almidón, la cocción por extrusión reduce la solubilidad de la proteína cuando la temperatura aumenta. Existe un proceso por el cual a medida que la temperatura, se va elevando la proteína se va perjudicando (Guy, 2007).

Muchas proteínas son desnaturalizadas y rotas por la extrusión y pierden por tanto sus propiedades funcionales (Guy, 2007).

2.5.4. EFECTO DE LA EXTRUSIÓN SOBRE LA FIBRA

Existen pocos datos publicados del efecto de la extrusión sobre la fibra, aunque se haya estudiado; cuando es extrusionado salvado el contenido en fibra soluble, se incrementa significativamente. Varias observaciones indican que las paredes de las celulosas del producto extrusionado, se adelgazaron y la superficie era más rugosa que la inicialmente de partida (Guy, 2007).

Para conseguir efectos significativos sobre la fibra hay que procesar los productos bajo condiciones muy severas, cosa que no ocurre en condiciones de trabajo normales (Guy, 2007).

2.5.5. EFECTO DE LA EXTRUSIÓN SOBRE LAS VITAMINAS

Las vitaminas liposolubles A, D y E, en general, son razonablemente estables durante la extrusión. El nivel de humedad del producto durante la extrusión tiene el mayor efecto sobre la retención de vitaminas. Como norma general, alto nivel de humedad en el proceso da más vitaminas retenidas (Guy, 2007).

Las vitaminas hidrosolubles, como la vitamina C o del grupo B, pueden perder estabilidad durante la extrusión. La extrusión húmeda produce una pérdida de vitamina C (Guy, 2007).

2.6. CARACTERÍSTICAS DE LOS INSUMOS Y ADITIVOS

Los insumos y aditivos que se emplean en la elaboración de cereales extruidos y saborizados, son los siguientes:

2.6.1. CACAO EN POLVO

Según (Sophie, 1996) el cacao en polvo, se suele emplear en la industria chocolatera como un paso intermedio para la elaboración de confituras de chocolate, productos para untar (Nocilla, Nutella, siropes de chocolate, etc.). La versión más popular incluye la elaboración de bebidas bajo diferentes marcas comerciales, estas suelen mezclarse con leche (batidos) con la intención de dar sabor de chocolate a la leche. En repostería, se emplea en diferentes decoraciones; una de las más famosas es el tiramisú, decoraciones de bebidas como el café moca, el cappuccino, etc.

Según (Sophie, 1996) el cacao en polvo (denominado a veces chocolate en polvo), se define a la parte del cacao desprovista de su manteca. El cacao en polvo, se elabora por medio de la reducción de la manteca mediante el uso de prensas hidráulicas y disolventes alimentarios especiales (que en este caso suelen ser álcalis) hasta lograr una textura pulverulenta. El cacao en polvo, suele tener contenidos grasos por debajo del 20% de manteca de cacao.

2.6.2. AZÚCAR

Según (Sophie, 1996) el azúcar, es por convicción el endulzante universal; entre sus aplicaciones más comunes se encuentra: la repostería, confitería, alimentos balanceados y otros. Cada 100g de azúcar contiene:

- 95% hidratos carbono.
- Vitaminas: B1, B2, A
- 450 calorías.

Según (Sophie, 1996), la conocemos químicamente con el nombre de sacarosa y se obtiene casi exclusivamente de la caña de azúcar y de la remolacha azucarera. Su función principal, es endulzar; además brinda colorido en la corteza debido a la reacción de los azúcares (glucosa, maltosa y fructosa) y las proteínas con el calor; y vapor desprendido durante la cocción, la cual se la conoce como reacción de Maillard. Coadyuva en el desarrollo del aroma y sabor, y al mismo tiempo actúa como conservante, inhibiendo en gran medida el desarrollo de hongos en el producto.

2.6.3. EDULCORANTE ARTIFICIAL (EDULTIER)

Es un endulzante balanceado por la mezcla de sacarina y ciclamato, soluble a altas y bajas temperaturas, cuya aplicación garantiza la obtención de un producto con óptimo

rendimiento y dulzor. Además, posee una gran estabilidad durante su almacenamiento (Dúas Rodas Industrial, 1996). Este producto puede agregarse a cualquier tipo de bebidas, yogurt, bebidas lácteas, refrescos y jugos. Donde 1g de edulcorante es igual a 100g de azúcar.

3.1. INTRODUCCIÓN

La parte experimental del presente trabajo de investigación “Elaboración de cereal saborizado”, se realizó en el Laboratorio Taller de Alimentos (LTA) y Laboratorio de Secado; ambientes pertenecientes a la Carrera de Ingeniería de Alimentos de La Facultad de Ciencias y Tecnología.

3.2. REQUERIMIENTO DE EQUIPOS Y MATERIAL DE LABORATORIO

Los equipos y material de laboratorio utilizado en la parte experimental, se encuentran en el Laboratorio Taller de Alimentos (LTA) y Laboratorio de Secado.

3.2.1. EQUIPOS

Las características de los equipos, se describen a continuación:

3.2.1.1. EXTRUSOR DE SIMPLE TORNILLO

El equipo fue adquirido de la ciudad de Santa Cruz, construido y diseñado por la Empresa TexBol, 2009; cuyas características técnicas son:

- Estructura sólida en hierro, revestida en los laterales con planchas de acero inoxidable.
- Tolva o dosificador fabricado con inoxidable viene con vibrador compacto instalado en la parte lateral de atrás facilitando la caída exacta sin desperdicios.
- Motor Central Importado CERTIFICADO ISO (Brasil), de 10Hp en Baja.
- Brazo extrusor cilíndrico fabricado con acero templado de alta resistencia.
- Tornillos sinfín interno de TRIPLE SALIDA. Última tecnología Alemana templado de alta resistencia y durabilidad certificado por IBNORCA. Año 2008.

- Industria: Bolivia-Santa Cruz.
- Corriente eléctrica 380V; 50 Hez.

Las especificaciones complementarias del extrusor de simple tornillo, se detallan en la tabla 3.1.

Tabla 3.1
Especificaciones complementarias del extrusor de simple tornillo

Capacidad	30-35 kg
Motor	10 Hp
Modelo	STE-30-40, 2009. Serie: 0022

Fuente: Elaboración propia

3.2.1.2. BALANZA ANALÍTICA DIGITAL 1

Se utilizó para pesar los insumos y sus especificaciones técnicas de la balanza digital, se detallan en la tabla 3.2.

Tabla 3.2
Especificaciones técnicas de la balanza analítica digital 1

Marca	METTLER TOLEDO PB 1502	
Capacidad máxima	1510 g	Margen de error de; e= 0,1 g
Capacidad mínima	0,5 g	d 10 mg
Potencia	5W	
Frecuencia	50/60 Hz	

Fuente: Elaboración propia

3.2.1.3. BALANZA ANALÍTICA DIGITAL 2

Se utilizó para pesar la materia prima y sus especificaciones técnicas de la balanza digital, se detallan en la tabla 3.3.

Tabla 3.3
Especificaciones técnicas de la balanza analítica digital 2

Marca	AND SF-30KB	
Capacidad máxima	30 kg	Margen de error de; e= 0,01 kg
Capacidad mínima	0,2 kg	
Potencia	9V ----- 70mA	
Fuse	T 200 mA	

Fuente: Elaboración propia

3.2.1.4. ENVASADORA AL VACÍO

Este equipo, se utilizó para el envasado del producto (cereal saborizado). Las especificaciones técnicas de la envasadora a vacío, se detallan en la tabla 3.4.

Tabla 3.4
Especificaciones técnicas de la envasadora a vacío

Modelo	430
Nº de fabricación	1240
Voltaje	220 V
Potencia	0,75 KW
Frecuencia	50 Hz
Amperios	6 A
Fase	II
Motor	1500 – 12800rpm

Fuente: Elaboración propia

3.2.1.5. SELLADORA ELÉCTRICA

Este equipo, se utilizó para el sellado de las bolsas de polipropileno. Las especificaciones técnicas de la selladora, se detallan en la tabla 3.5.

Tabla 3.5
Especificaciones técnicas de la selladora eléctrica

Marca	ELECTRÓNICA VH 2001
Voltaje	220
Frecuencia	50 Hz
Potencia	0,75 KW

Fuente: Elaboración propia

3.2.1.6. SECADOR ROTATORIO MANUAL

Este equipo, se utilizó para el secado del cereal saborizado. Las especificaciones técnicas del secador, se detallan en la tabla 3.6.

Tabla 3.6
Especificaciones técnicas del secador rotatorio manual

Modelo	NORSE-2630
Voltaje	220V
Potencia	1000W/1200W
Frecuencia	AC110V/60Hz220V/50Hz

Fuente: Elaboración propia

3.2.1.7. REFRACTÓMETRO PORTABLE

Este equipo, se utilizó para medir los °Brix de la solución de cobertura. Las especificaciones técnicas del refractómetro, se detallan en la tabla 3.7.

Tabla 3.7
Especificaciones técnicas de refractómetro portable

Marca	ZUZI serie 300	
Rango máximo	80 °Brix	20°C
Rango mínimo	0,0 °Brix	
Medidas	27x40x160 mm	
Modelo	50301080	

Fuente: Elaboración propia

3.2.1.8. TERMÓMETRO DIGITAL INFRARROJO

Este equipo, se utilizó para realizar la medición de temperatura en todo el proceso de extrusión. Sus especificaciones técnicas son:

Marca: Fluke
Modelo: 561-HVACPro
Rango de temperatura: (-30 a 500) °C
Corriente eléctrica: 9V
Industria: USA

3.2.1.9. QUEMADOR DE LLAMA

Este equipo, se utilizó para realizar el calentamiento del gusano y cabezal del extrusor

Sus especificaciones técnicas son:

1. Marca: TexBol
2. Material: Hierro dulce
3. Tipo de quemador: Gas natural
4. Llaves de seguridad: Doble apertura
5. Soporte: Metálico con soporte de disco
6. Altura: 1,20 cm
7. Industria: Bolivia

3.2.1.10. MATERIAL DE LABORATORIO E INSTRUMENTOS

Para realizar la parte experimental, se utilizó los siguientes materiales de laboratorio e instrumentos (tabla 3.8).

Tabla 3.8
Material de laboratorio

Materiales	Tamaño	Tipo	Capacidad
Fuente	Mediana	Plástico	10 litros
Fuentes	Pequeños	Acero inoxidable	5 litros
Termómetro	---	Hg	(-10–110)°C
Espátula	Mediano	Madera	-----
Olla	Mediana	Acero inoxidable	-----
Cuchara	Mediana	Acero inoxidable	-----
Cuchara	Mediana	Madera	-----
Envases	Pequeños	Polipropileno	(1-5)kg
Tamiz	Mediano	Plástico	(2-5)kg

Fuente: Elaboración propia

3.3. INSUMOS Y ADITIVOS ALIMENTARIOS

Los insumos y aditivos que se utilizaron para la elaboración de cereal saborizado, se muestran en la tabla 3.9.

Tabla 3.9
Aditivos e insumos alimentarios

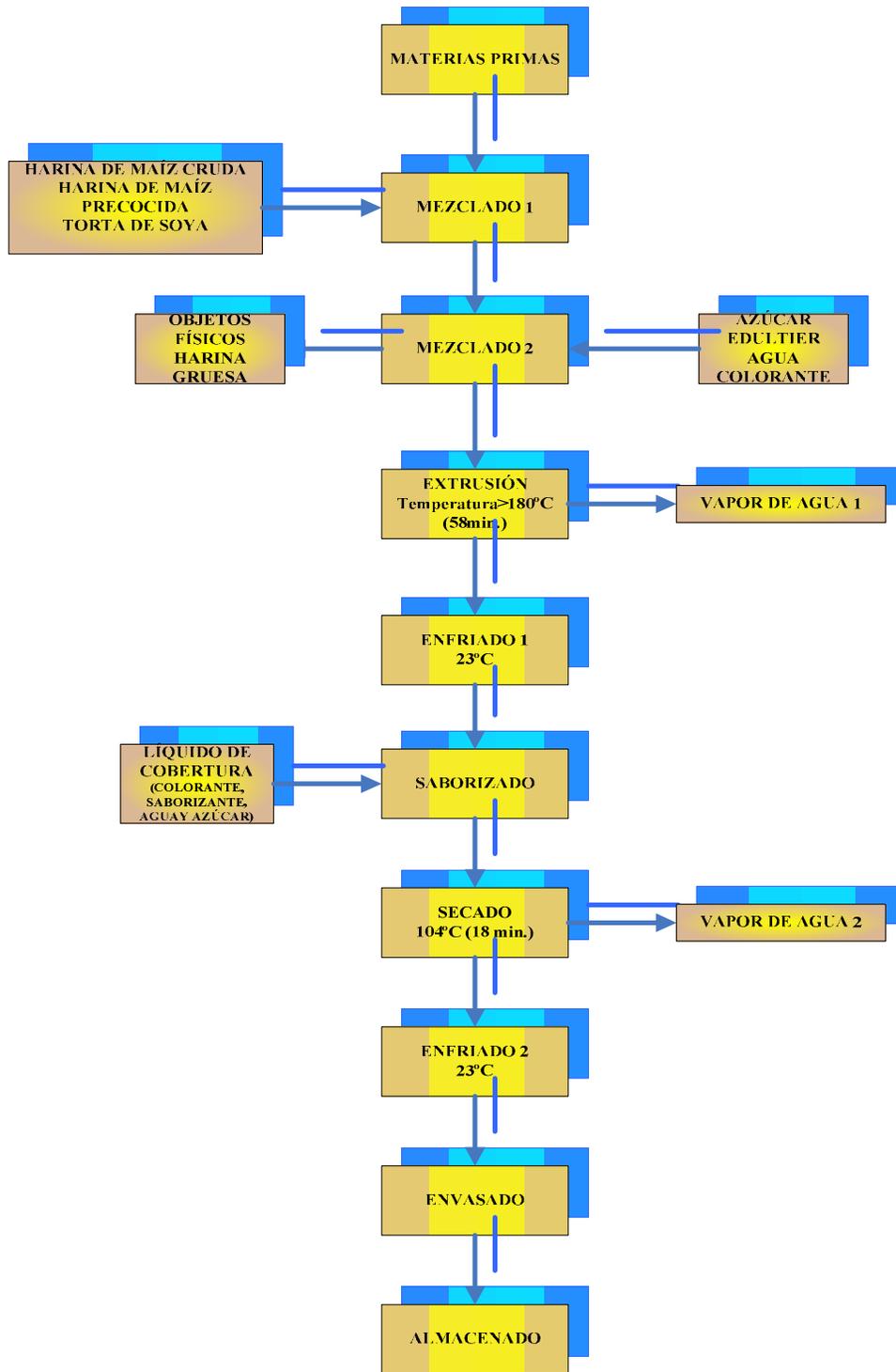
Ingredientes	Marca	Lugar
Colorante rojo amaranto	Esencial	Brasil
Cacao en polvo (ESENCIAL)	Esencial	Brasil
Edultier	Telchi	Brasil
Colorante chocolate	Telchi	Brasil
Azúcar blanca	IABSA	Bermejo

Fuente: Elaboración propia

3.4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE CEREAL SABORIZADO

En la figura 3.1, se muestra el diagrama de bloques para la elaboración de cereal de saborizado.

Figura 3.1
Proceso de elaboración de cereal saborizado



Fuente: Elaboración propia

3.4.1. MATERIA PRIMA

La materia prima utilizada en el trabajo experimental fue: harina de maíz precocida, harina de maíz cruda y torta de soya; que se adquirió de la ciudad de Santa Cruz, y azúcar que se obtuvo del Mercado Campesino (ciudad de Tarija).

3.4.2. MEZCLADO 1

Inicialmente, se mezcla la harina cruda con la pre-cocida que son los componentes más primordiales del proceso de extrusión. Luego a la primera mezcla añadimos cuidadosamente la torta de soya en seco; y se efectúa un mezclado manual, hasta obtener una mezcla homogénea. Con la ayuda de un tamiz de plástico, se procede a separar los gránulos de maíz grandes y/o objetos físicos ajenos a la mezcla.

3.4.3. MEZCLADO 2

En esta etapa añadimos el edulcorante (edultier), azúcar y con la ayuda de un atomizador pequeño agregamos el agua mientras, se va mezclando manualmente los insumos junto con la mezcla de harinas; esto se hace con el objeto de que el agua, se adhiera uniformemente a la mezcla; ya que la humedad con la que debe entrar al proceso de extrusión debe ser la misma en toda la mezcla para evitar problemas en el proceso de extrusión. Finalmente, se agrega a la mezcla el colorante que le brindará al cereal extruido junto a los otros insumos un color y sabor inicial. La dosificación porcentual utilizada para la elaboración de cereal extruido tipo bolita color chocolate, es la siguiente:

- Harina de maíz cruda 47,24%
- Harina de maíz precocido 47,24%
- Harina de soya 1,85%
- Azúcar 2,05%
- Edultier 0,04%

- Colorante chocolate 0,04%
- Agua 1,54%

3.4.4. EXTRUSIÓN

Primeramente, se procede a calentar el equipo (armado) mediante un quemador con llama directa entre 18 a 20 minutos, para luego retirar la llama y proceder a colocar cuchillas giratorias y luego el colocado de la caja protectora. Posteriormente, se procede a ajustar la velocidad de giro de corte del cabezal para cereal bolitas, encendido del motor del eje del extrusor, encendido de la bomba de agua refrigerante y finalmente se ajusta el vibrador de la tolva de alimentación que dosifica la mezcla de harinas hacia la boquilla del extrusor.

Posteriormente, una vez que se acondiciona el equipo extrusor, se somete a la mezcla preparada de harinas de la anterior etapa a fluir a través de la cámara de extrusión por gravedad hacia el orificio del extrusor para salir por la boquilla del dado cereal extruido en forma de bolitas. El proceso consiste en hacer fluir la masa mediante presión hasta el orificio de salida que se encuentra a temperaturas superior a 180°C; con este cambio brusco de temperatura el agua contenida en mezcla, se convierte en vapor sobresaturado y rompe la estructura cristalina del granulo permitiendo una expansión del mismo a la salida del extrusor.

3.4.5. ENFRIADO 1

Una vez que el cereal sale del extrusor, es recepcionado en una tolva de acero inoxidable para que el producto se enfríe a temperatura ambiente.

3.4.6. SABORIZADO

El proceso de saborizado del cereal consiste en dos sub-etapas:

- **Preparado de la solución:**

1. La dosificación consistió en preparar un líquido de cobertura que contiene 1,267 % de saborizante de chocolate, 0,613% de colorante y 98.12% de solución azucarada (73,5 °Brix), para dicha solución se calienta agua a temperatura de ebullición dentro de un recipiente de acero inoxidable; una vez que alcanza dicha temperatura retiramos del fuego.
2. Introducimos el azúcar en el agua caliente, agitamos la mezcla hasta disolverla completamente el azúcar.
3. Vertemos el edulcorante y saborizante a la solución azucarada hasta disolver los aditivos completamente y obtener una mezcla homogénea.

- **Saborizado del cereal extruido:**

El saborizado, consiste en sumergir durante 25 segundos el producto de la etapa de extrusión (bolitas de maíz extruido); dentro de la solución preparada la cual va a conferirle el sabor, color y dulzor característicos de las “bolitas de cereal saborizado”.

Nota. La adición de colorante y saborizante solo alteran la cantidad de sólidos en la solución y no así el grado azucarado.

3.4.7. SECADO

El cereal extruido, una vez sumergido en la solución azucarada (líquido cobertura) pasa inmediatamente a la etapa de secado rotatorio (equipo manual) por un tiempo de 18 minutos y a una temperatura constante de 104°C. Con el objeto de eliminar la mayor cantidad de agua en función del tiempo; y otorgarle la textura crocante al cereal saborizado. Además, de caramelizar la solución azucarada adherida.

3.4.8. ENFRIADO 2

Consiste en sacar rápidamente del secador las bolitas de cereal de maíz saborizadas con el objeto de evaporar el agua excedente contenido en la superficie de cereal y solidificar. Toda esta etapa se lleva acabo a temperatura ambiente.

3.4.9. ENVASADO

El envasado del producto terminado, se realiza al vacio en bolsas de polipropileno de baja densidad de (72-74) micras con dimensiones 28x16, 5cm. Posteriormente, el producto, es colocado en envases de cartón prensado para proteger de la luz UV. Finalmente, son almacenadas a temperatura ambiente por un tiempo de nueve meses para controlar la variación del contenido de humedad.

3.5. METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DE RESULTADOS

Para obtener resultados de la metodología experimental, se tomó en cuenta los siguientes aspectos a nivel experimental:

3.5.1. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LA MEZCLA DE HARINAS

Según Ramírez y col. (2011), la tabla 3.10, muestra los parámetros, métodos y normas utilizados en el análisis fisicoquímico de la mezcla de harinas las cuales fueron realizadas en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID).

Tabla 3.10
Propiedades fisicoquímicas de la harina de maíz-soya

Parámetros	Método	Unidad
Humedad	NB 028-88	%
Hidratos de carbono	Cálculo	%
Materia grasa	NB 103-75	%
Proteína total (Nx6.25)	NB 466-81	%
Cenizas	NB 075-74	%
Fibra	Manual CEANID	%
Valor energético	Cálculo	Kcal/100g
Calcio total	SM 3500-CaB	mg/100g
Hierro total	SM 3500-FeB	mg/100g

Fuente: Ramírez y col, 2011

3.5.2. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL CEREAL EXTRUIDO

Según (Ramírez y col, 2011), la tabla 3.11 nos muestra los parámetros, métodos y normas utilizados en el análisis fisicoquímico para el producto intermedio (cereal extruido) las cuales fueron realizadas en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID).

Tabla 3.11
Propiedades fisicoquímicas del cereal extruido

Parámetros	Método	Unidad
Humedad	NB 028-88	%
Hidratos de carbono	Cálculo	%
Azúcares totales	-----	%
Materia grasa	NB 103-75	%
Proteína total (Nx6.25)	NB 466-81	%
Cenizas	NB 075-74	%
Fibra	Manual CEANID	%
Rancidez	NB 204-77	Pos/Neg.

Fuente: Ramírez y col, 2011

3.5.3. PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DEL CEREAL SABORIZADO

En la tabla 3.12, se muestran los parámetros, métodos y normas utilizados en el análisis físicoquímico del cereal saborizado; las cuales fueron realizadas en laboratorio “RIMH-APROTEC” de la ciudad de Tarija.

Tabla 3.12
Determinación de las propiedades físicoquímicas del cereal saborizado

Parámetros	Método	Unidad
Humedad	NB 028-88	%
Hidratos de	Cálculo	%
Materia grasa	NB 103-75	%
Proteína total	NB 466-81	%
Cenizas	NB 075-74	%
Fibra	-----	%
Valor energético	Cálculo	Cal/100g
Materia seca	SM 3500-CaB	mg/100g

Fuente: (RIMH-APROTEC, 2011)

3.5.4. PROPIEDADES MICROBIOLÓGICAS DEL CEREAL SABORIZADO

En la tabla 3.13, se muestran los parámetros, métodos y normas utilizados en el análisis microbiológico del cereal saborizado; las cuales fueron realizadas en laboratorio “RIMH-APROTEC” de la ciudad de Tarija.

Tabla 3.13
Propiedades microbiológicas del cereal saborizado

Parámetros	Método	Unidad
Mohos	Recuento en placa	Ufc/g
Levaduras	Recuento en placa	Ufc/g

Fuente: (RIMH-APROTEC, 2011)

3.5.5. EVALUACIÓN SENSORIAL

La evaluación sensorial de los alimentos, es una función primaria del hombre. Desde su infancia y de una forma consiente, acepta o rechaza los alimentos de acuerdo con el aspecto experimental al observarlos o digerirlos. Este aspecto fundamental de la

calidad es el que incide directamente en la reacción del consumidor y es lo que se denomina calidad sensorial (Salvador y col, 1991).

3.5.5.1. EVALUACIÓN SENSORIAL PARA ELEGIR LA DOSIFICACIÓN INICIAL DEL LÍQUIDO DE COBERTURA

En la evaluación sensorial para elegir la dosificación inicial del líquido de cobertura, se aplicó un test (Anexo B.1) de escala hedónica; evaluando los atributos color, sabor, olor y textura, utilizando catorce jueces no entrenados.

3.5.5.2. EVALUACIÓN SENSORIAL PARA ELEGIR LA DOSIFICACIÓN FINAL DEL LÍQUIDO DE COBERTURA

En la evaluación sensorial para elegir la dosificación final del líquido de cobertura, se aplicó un test (Anexo B.2) de escala hedónica; evaluando los atributos color, sabor, olor y textura, utilizando catorce jueces no entrenados.

3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

Con el diseño factorial, se puede deducir e investigar todas aquellas posibles combinaciones de los niveles de los factores en cada ensayo completo o réplica del experimento (Montgomery, 1991).

La tabla 3.14, nos muestra los niveles de variación de las variables en la dosificación de los aditivos (colorante y saborizante) y el tiempo de inmersión durante la etapa de saborizado.

Tabla 3.14
Niveles de variación de variables en el saborizado

Factores	Nivel inferior	Nivel superior
Tiempo de inmersión (TI)	15 s (-)	25 s (+)
Colorante (C)	15 g (-)	25 g (+)
Saborizante (S)	40 g (-)	50 g (+)

Fuente: Elaboración propia

El diseño factorial utilizada en el presente trabajo experimental, se realiza en base a la Ecuación 3.1.

$$2^k \quad (\text{Ecuación 3.1})$$

Donde
 2 = Número de niveles
 k = Número de variables

El arreglo matricial del proceso de dosificación de las materias primas, se muestran en la tabla 3.15.

Tabla 3.15
Arreglo matricial del diseño 2^3 en el proceso de dosificación del líquido de cobertura

Corridas	Variables			Interacciones				Y_i
	TI	C	S	TIC	TIS	CS	TICS	
1	-	-	-	+	+	+	-	y_1
2	+	-	-	-	-	+	+	y_2
3	-	+	-	-	+	-	+	y_3
4	+	+	-	+	-	-	-	y_4
5	-	-	+	+	-	-	+	y_5
6	+	-	+	-	+	-	-	y_6
7	-	+	+	-	-	+	-	y_7
8	+	+	+	+	+	+	+	y_8

Fuente: Elaboración propia

Donde:
 Y_i = Contenido de humedad en porcentaje

4.1. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LA MATERIA PRIMA

Los datos de análisis de materia prima fueron obtenidos del proyecto de investigación, “Elaboración de Cereales Desayuno a través del Proceso de Extrusión” ejecutado por (Ramírez y col, 2011). Perteneciente al Departamento de Investigación Científica y Tecnológica (DICYT); dependiente de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”.

La tabla 4.1, muestra los resultados del análisis fisicoquímico de la muestra 1 de la mezcla de harinas (maíz-soya); las cuales fueron realizadas en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID).

Tabla 4.1
Características fisicoquímicas de la mezcla de harinas (maíz-soya)

Parámetros	Valor	Unidad
Humedad	10,82	%
Hidratos de carbono	77,74	%
Materia grasa	0,85	%
Proteína total (Nx6.25)	7,58	%
Cenizas	0,74	%
Fibra	2,27	%
Valor energético	348,93	Kcal/100g
Calcio total	7,22	mg/100g
Hierro total	1,02	mg/100g

Fuente: (Ramírez y col, 2011)

Como se puede observar en la tabla 4.1, el contenido de humedad es del 10,82 %, proteína total 7,58 %, calcio total 7,22 mg/100g y hierro total de 1,02 mg/100g.

La tabla 4.2, muestra los resultados del análisis fisicoquímico de la muestra 2 en la mezcla de harinas (maíz-soya); las cuales fueron realizadas en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID).

Tabla 4.2
Características fisicoquímicas de la mezcla de harinas (maíz-soya)

Parámetros	Valor	Unidad
Humedad	10,18	%
Hidratos de carbono	78,22	%
Materia grasa	1,24	%
Proteína total (Nx6.25)	7,50	%
Cenizas	0,74	%
Fibra	2,12	%
Valor energético	354,04	Kcal/100g
Calcio total	7,65	mg/100g
Hierro total	1,03	mg/100g

Fuente: (Ramírez y col, 2011)

Como se puede observar en la tabla 4.2, el contenido de humedad es de 10,18 %, proteína total de 7,50 %, calcio total de 7,65 mg/100g y hierro total de 1,03 mg/100g.

Según (Ramírez y col, 2011) en base a los resultados de la tabla 4.1 y tabla 4.2, se pudo evidenciar que durante la realización de las pruebas experimentales, donde el contenido de humedad, es clave para tener un producto crocante y no tener problemas en el proceso de extrusión, como ser un cereal quemado y de tamaño desigual.

4.2. OBTENCIÓN DEL “CEREAL EXTRUIDO SABOR CHOCOLATE”

Para el presente trabajo, se tomó como punto de partida el producto que se obtiene de la etapa de extrusión “cereal extruido sabor chocolate” cuyos datos del proceso de elaboración fueron tomados del proyecto de investigación “Elaboración de Cereales Desayuno a través del Proceso de Extrusión” ejecutado por (Ramírez y col, 2011), perteneciente al Departamento de Investigación Científica y Tecnológica; dependiente de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”.

4.2.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DEL “CEREAL EXTRUIDO SABOR CHOCOLATE”

Según (Ramírez y col, 2011), para caracterizar las propiedades fisicoquímicas del “cereal extruido sabor chocolate”; se tomaron en cuenta los resultados obtenidos en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID). Los cuales, se muestran en la tabla 4.3.

Tabla 4.3
Características fisicoquímicas del “cereal extruido sabor chocolate”.

Parámetros	Valor	Unidad
Humedad	4,89	%
Carbohidratos carbono	83,44	%
Azúcares totales	2,99	%
Materia grasa	2,05	%
Proteína total (Nx6.25)	8,18	%
Cenizas	0,60	%
Fibra	0,84	%

Fuente: (Ramírez y col, 2011)

Según (Ramírez y col, 2011), se puede observar en la tabla 4.3, el contenido humedad 4,89%, hidratos de carbono 83,44%, proteína total 8,18, materia grasa 2,05% y fibra 0,84%.

4.3. CARACTERIZACIÓN DE LAS VARIABLES DEL PROCESO DE DOSIFICACIÓN INICIAL DEL LÍQUIDO DE COBERTURA

Para la caracterización de las variables del proceso de dosificación inicial del líquido de cobertura a nivel experimental, se procedió a elaborar ocho muestras con diferente dosificación de líquido de cobertura sabor chocolate; la cual se detalla a continuación:

M1 = 15g de colorante, 40g de saborizante y 15s de inmersión en la solución

M2 = 15g de colorante, 40g de saborizante y 25s de inmersión en la solución

M3 = 25g de colorante, 40g de saborizante y 15s de inmersión en la solución

M4 = 25g de colorante, 40g de saborizante y 25s de inmersión en la solución

M5 = 15g de colorante, 50g de saborizante y 15s de inmersión en la solución

M6 = 15g de colorante, 50g de saborizante y 25s de inmersión en la solución

M7 = 25g de colorante, 50g de saborizante y 15s de inmersión en la solución

M8 = 25g de colorante, 50g de saborizante y 25s de inmersión en la solución

Para la elección del proceso de dosificación del líquido de cobertura en el “cereal extruido sabor chocolate”, se efectuó una evaluación sensorial en escala hedónica; utilizando catorce jueces no entrenados que analizaron los atributos de color, olor, sabor y textura.

4.3.1. EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO COLOR PARA ELEGIR LA DOSIFICACIÓN INICIAL DEL LÍQUIDO DE COBERTURA

En la tabla 4.4, se muestran los resultados obtenidos en la tabla C.2.1 (Anexo C.2) para el atributo color en base de catorce jueces no entrenados.

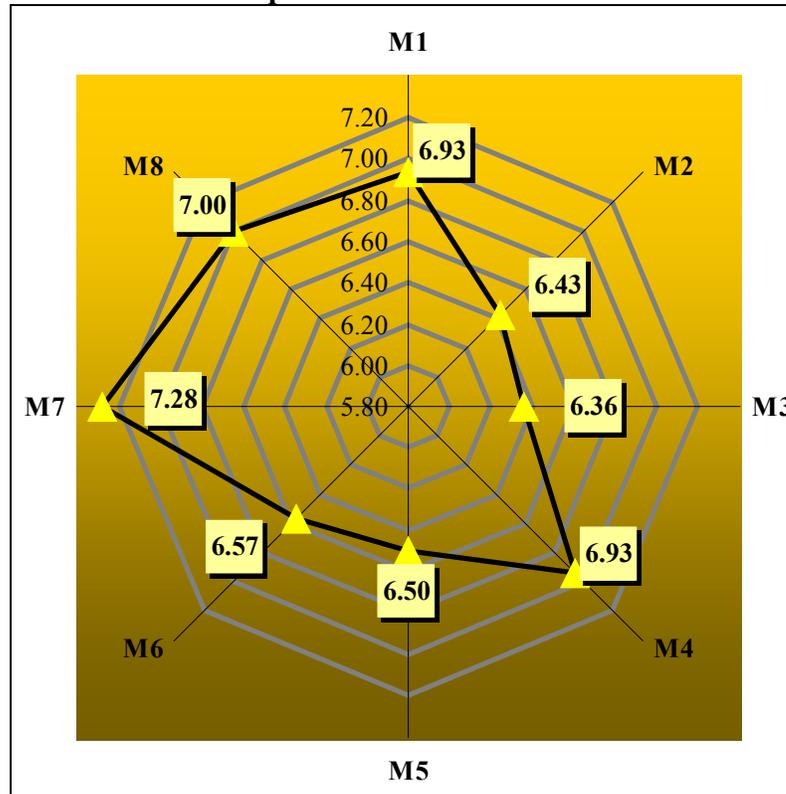
Tabla 4.4
Evaluación sensorial del atributo color para elegir la dosificación inicial del líquido de cobertura

Jueces	Muestras (escala hedónica)							
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
1	5	5	5	7	5	6	7	8
2	7	5	5	7	7	7	7	7
3	7	5	6	5	5	6	6	7
4	8	8	8	8	5	6	6	7
5	7	7	8	8	5	6	6	7
6	7	7	7	7	7	6	9	4
7	7	8	7	8	9	8	8	8
8	7	8	7	6	5	6	7	8
9	7	8	8	7	7	6	7	5
10	8	7	5	7	5	6	7	8
11	8	6	6	8	7	5	8	8
12	5	5	7	7	8	8	7	7
13	7	7	5	6	8	8	7	7
14	7	4	5	6	8	7	7	7
Promedio	6,93	6,43	6,36	6,93	6,50	6,57	7,28	7,00

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.1, se muestran los resultados promedio obtenidos de la evaluación sensorial del atributo color de datos extraídos de la tabla 4.4.

Figura 4.1
Resultados promedio del atributo color para elegir la dosificación inicial del líquido de cobertura



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 4.1, la muestra M7, tiene mayor aceptación por los jueces para el atributo color de 7,29 en escala hedónica; en comparación a las muestras M8 de 7,00; M1 de 6,93; M4, de 6,93; M6 de 6,57; M5 de 6,5; M2 de 6,43 y M3 de 6,36, que son menores.

4.3.2. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ATRIBUTO COLOR PARA ELEGIR LA DOSIFICACIÓN INICIAL DEL LÍQUIDO DE COBERTURA

La tabla 4.5, muestra el análisis de varianza para el atributo color de las muestras de cereal saborizado (Anexo C.2).

Tabla 4.5
Análisis de varianza para del atributo color para elegir la dosificación inicial del líquido de cobertura

Fuente de variación	SC	GL	CM	F_{cal}	F_{tab}
Entre muestras	10,714	7	1,531	1,319	2,102
Entre jueces	26,750	13	2,058	1,774	1,816
Error	105,536	91	1,159		
Total	143,00	111			

Fuente: Elaboración propia

Para los tratamientos $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,319 < 2,102$). Por lo tanto, no existe evidencia estadística de variación entre los promedios de los tratamientos M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7 y M8, para $p < 0,05$. Por lo que, se Acepta la hipótesis planteada y tomando en cuenta la preferencia de los jueces por la muestra M7 (25g de colorante, 50g de saborizante y 15s de inmersión en la solución) que tiene el mejor puntaje en escala hedónica del atributo color, como la mejor opción.

4.3.3. EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO OLOR PARA ELEGIR LA DOSIFICACIÓN INICIAL DEL LÍQUIDO DE COBERTURA

En la tabla 4.6, se muestran los resultados obtenidos en la tabla C.3.1 (Anexo C.3) para el atributo olor en base de catorce jueces no entrenados.

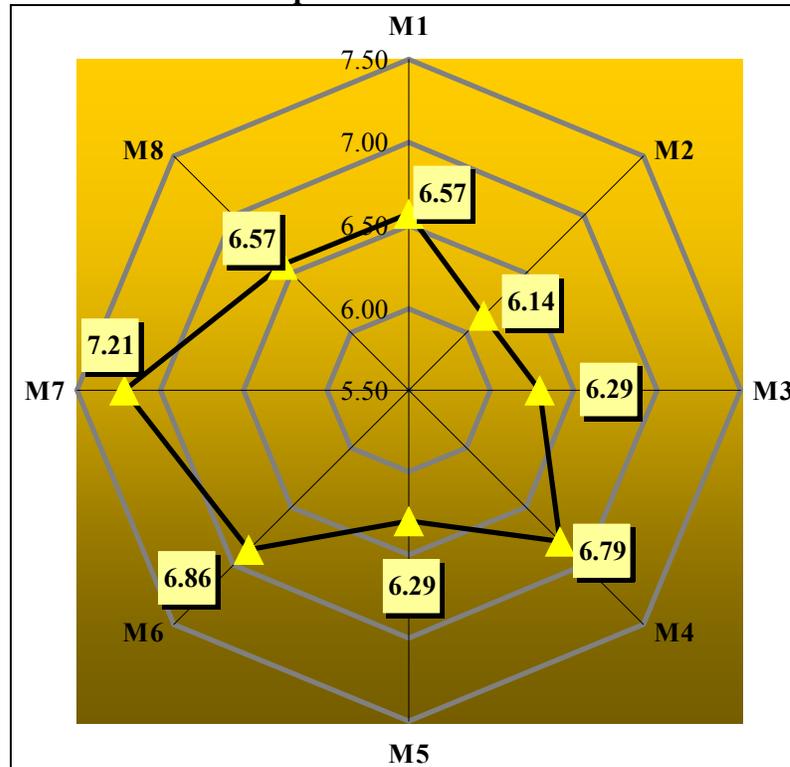
Tabla 4.6
Evaluación sensorial del atributo olor para elegir la dosificación inicial del líquido de cobertura

Jueces	Muestras (escala hedónica)							
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
1	8	4	4	8	7	7	7	7
2	7	7	7	7	7	7	7	7
3	6	6	7	6	6	6	6	6
4	6	7	7	7	5	7	7	7
5	8	7	7	7	6	7	7	6
6	7	7	7	7	3	6	8	3
7	7	7	7	8	8	8	8	8
8	7	6	6	7	5	7	7	8
9	8	8	8	8	7	5	7	6
10	8	7	6	7	7	8	7	9
11	7	6	6	8	6	6	8	6
12	5	5	5	5	7	8	8	7
13	3	4	6	5	7	7	7	5
14	5	5	5	5	7	7	7	7
Promedio	6,57	6,14	6,29	6,79	6,29	6,86	7,21	6,57

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.2, se muestran los resultados promedio obtenidos de la evaluación sensorial del atributo olor de datos extraídos de la tabla 4.6.

Figura 4.2
Resultados promedio del atributo olor para elegir la dosificación inicial del líquido de cobertura



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 4.2, la muestra M7, tiene mayor aceptación por los jueces para el atributo olor de 7,21 en escala hedónica; en comparación a las muestras M6 de 6,86; M4 de 6, 79; M1, de 6,57; M8 de 6,57; M3 de 6,29; M5 de 6,29 y M2 de 6,14, que son menores.

4.3.4. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ATRIBUTO OLOR PARA ELEGIR LA DOSIFICACIÓN INICIAL DEL LÍQUIDO DE COBERTURA

La tabla 4.7, muestra el análisis de varianza para el atributo olor de las muestras de cereal saborizado (Anexo C.3).

Tabla 4.7
Análisis de varianza del atributo olor para elegir la dosificación inicial del líquido de cobertura

Fuente de variación	SC	GL	CM	F_{cal}	F_{tab}
Entre muestras	12,3929	7	1,77041	1,53279	2,102
Entre jueces	35,6071	13	2,73901	2,37139	1,816
Error	105,107	91	1,15502		
Total	153,107	111			

Fuente: Elaboración propia

Para los tratamientos $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,53279 < 2,102$). Por lo tanto, no existe evidencia estadística de variación entre los promedios de los tratamientos M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7 y M8, para $p < 0,05$. Por lo que, se Acepta la hipótesis planteada y tomando en cuenta la preferencia de los jueces por la muestra M7 (25g de colorante, 50g de saborizante y 15s de inmersión en la solución) que tiene el mejor puntaje en escala hedónica del atributo olor, como la mejor opción.

4.3.5. EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO SABOR PARA ELEGIR LA DOSIFICACIÓN INICIAL DEL LÍQUIDO DE COBERTURA

En la tabla 4.8, se muestran los resultados obtenidos en la tabla C.4.1 (Anexo C.4) para el atributo sabor en base de catorce jueces no entrenados.

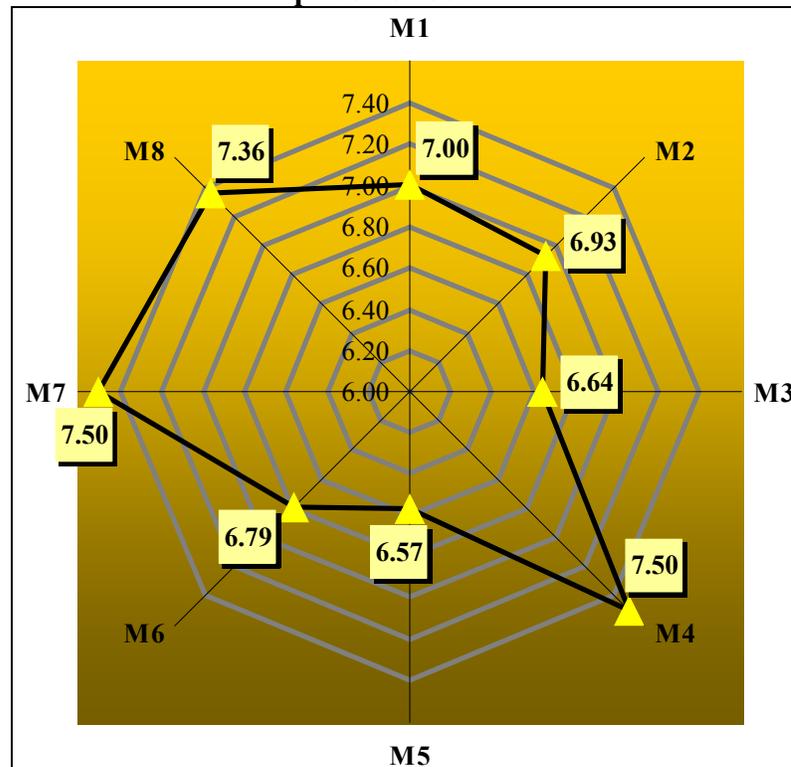
Tabla 4.8
Evaluación sensorial del atributo sabor para elegir la dosificación inicial del líquido de cobertura

Jueces	Muestras (escala hedónica)							
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
1	8	6	4	8	7	7	7	8
2	8	8	8	8	8	7	6	7
3	6	7	6	6	5	6	7	6
4	8	8	7	9	5	6	8	7
5	8	7	6	7	7	7	7	8
6	7	8	8	7	4	6	8	5
7	8	8	7	8	8	8	8	8
8	9	8	7	6	7	7	8	9
9	9	9	8	9	5	4	7	5
10	8	8	8	8	7	7	8	10
11	7	6	6	8	6	7	8	8
12	4	5	6	8	7	7	8	7
13	4	4	6	7	9	8	7	8
14	4	5	6	6	7	8	8	7
Promedio	7,00	6,93	6,64	7,50	6,57	6,79	7,50	7,36

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.3, se muestran los resultados promedio obtenidos de la evaluación sensorial del atributo sabor de datos extraídos de la tabla 4.8.

Figura 4.3
Resultados promedio del atributo sabor para elegir la dosificación inicial del líquido de cobertura



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 4.3, la muestra M7 y la muestra M4 tienen mayor aceptación por los jueces para el atributo sabor de 7,5 en escala hedónica; en comparación a las muestras M8 de 7,36; M1 de 7, 00; M2, de 6,93; M6 de 6,79; M3 de 6,64 y M5 de 6,57, que son menores.

4.3.6. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ATRIBUTO SABOR PARA ELEGIR LA DOSIFICACIÓN INICIAL DEL LÍQUIDO DE COBERTURA

La tabla 4.9, muestra el análisis de varianza para el atributo sabor de las muestras de cereal saborizado (Anexo C.4).

Tabla 4.9
Análisis de varianza del atributo sabor para elegir la dosificación inicial del líquido de cobertura

Fuente de variación	SC	GL	CM	F_{cal}	F_{tab}
Entre muestras	13,714	7,000	1,959	1,285	2,102
Entre jueces	33,357	13,000	2,566	1,682	1,829
Error	138,786	91,000	1,525		
Total	185,857	111			

Fuente: Elaboración propia

Para los tratamientos $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,285 < 2,102$). Por lo tanto, no existe evidencia estadística de variación entre los promedios de los tratamientos M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7 y M8, para $p < 0,05$. Por lo que, se Acepta la hipótesis planteada y tomando en cuenta la preferencia de los jueces por la muestra M7 (25g de colorante, 50g de saborizante y 15s de inmersión en la solución) y M4 (25g de colorante, 40g de saborizante y 25s de inmersión en la solución) que tienen el mejor puntaje en escala hedónica del atributo sabor, como las mejores opciones.

4.3.7. EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO TEXTURA PARA ELEGIR LA DOSIFICACIÓN INICIAL DEL LÍQUIDO DE COBERTURA

En la tabla 4.10, se muestran los resultados obtenidos en la tabla C.5.1 (Anexo C.5) para el atributo textura en base de catorce jueces no entrenados.

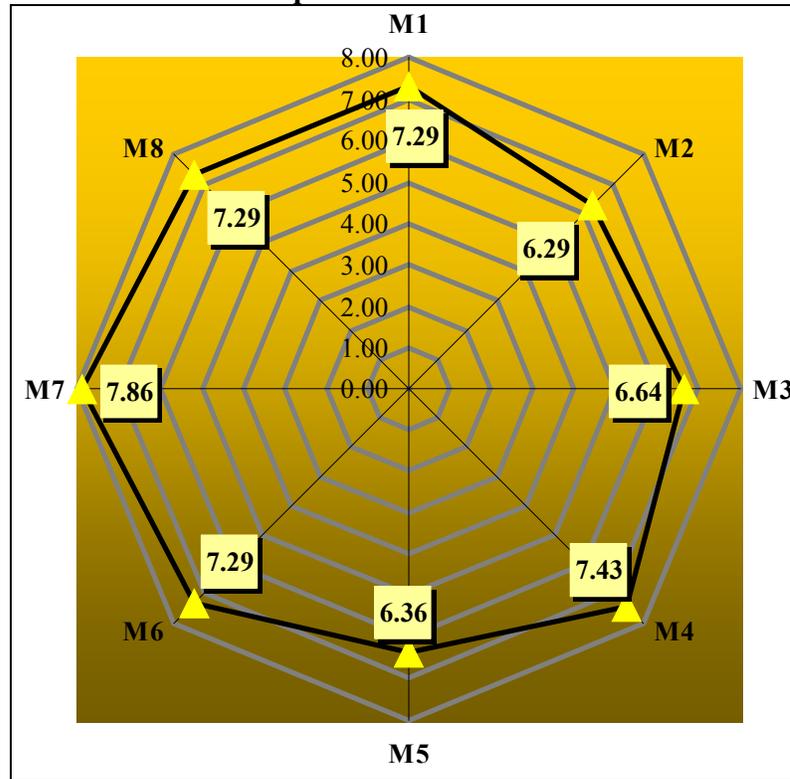
Tabla 4.10
Evaluación sensorial del atributo textura para elegir la dosificación inicial del líquido de cobertura

Jueces	Muestras (escala hedónica)							
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
1	8	3	7	9	7	7	8	8
2	8	6	6	8	8	7	6	6
3	7	6	6	7	6	7	7	7
4	8	8	8	8	5	8	8	8
5	8	7	7	8	8	8	8	8
6	7	7	7	7	2	8	9	3
7	8	7	7	7	7	7	8	8
8	7	8	7	8	5	6	7	8
9	8	8	8	9	4	8	8	8
10	7	7	6	6	8	7	8	9
11	8	6	5	8	7	7	9	8
12	7	7	7	8	6	7	8	7
13	6	3	6	4	8	7	8	7
14	5	5	6	7	8	8	8	7
Promedio	7,29	6,29	6,64	7,43	6,36	7,29	7,86	7,29

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.4, se muestran los resultados promedio obtenidos de la evaluación sensorial del atributo textura de datos extraídos de la tabla 4.10.

Figura 4.4
Resultados promedio del atributo textura para elegir la dosificación inicial del líquido de cobertura



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 4.4, la muestra M7 tiene mayor aceptación por los jueces para el atributo textura de M7 de 7,86 en escala hedónica; en comparación a las muestras M4 de 7,43; (M8, M6 y M1) de 7,29; M3 de 6,64; M5 de 6,36 y M2 de 6,00, que son menores.

4.3.8. PRUEBA DE DUNCAN DEL ATRIBUTO TEXTURA PARA ELEGIR LA DOSIFICACIÓN INICIAL DEL LÍQUIDO DE COBERTURA

En la tabla 4.11, se muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan de los datos extraídos de la tabla C.3.5 (Anexo C.5).

Tabla 4.11
Análisis estadístico de Duncan del atributo textura para elegir la dosificación inicial del líquido de cobertura

Tratamientos	Análisis de los valores			Efectos
M7-M4	0,4286	<	0,9098	No existe diferencia
M7-M8	0,5714	<	0,9585	No existe diferencia
M7-M6	0,5714	<	0,9908	No existe diferencia
M7-M1	0,5714	<	1,0128	No existe diferencia
M7-M3	1,2143	>	1,0322	Si existe diferencia
M7-M5	1,5000	>	1,0452	Si existe diferencia
M7-M2	1,5714	>	1,0581	Si existe diferencia
M4-M8	0,1429	<	0,9098	No existe diferencia
M4-M6	0,1429	<	0,9585	No existe diferencia
M4-M1	0,1429	<	0,9908	No existe diferencia
M4-M3	0,7857	<	1,0128	No existe diferencia
M4-M5	1,0714	>	1,0322	Si existe diferencia
M4-M2	1,1429	>	1,0452	Si existe diferencia
M8-M6	0,0000	<	0,9098	No existe diferencia
M8-M1	0,0000	<	0,9585	No existe diferencia
M8-M3	0,6429	<	0,9908	No existe diferencia
M8-M5	0,9286	<	1,0128	No existe diferencia
M8-M2	1,0000	<	1,0322	No existe diferencia
M6-M1	0,0000	<	0,9098	No existe diferencia
M6-M3	0,6429	<	0,9585	No existe diferencia
M6-M5	0,9286	<	0,9908	No existe diferencia
M6-M2	1,0000	<	1,0128	No existe diferencia
M1-M3	0,6429	<	0,9098	No existe diferencia
M1-M5	0,9286	<	0,9585	No existe diferencia
M1-M2	1,0000	>	0,9908	Si existe diferencia
M3-M5	0,2857	<	0,9098	No existe diferencia
M3-M2	0,3571	<	0,9585	No existe diferencia
M5-M2	0,0714	<	0,9098	No existe diferencia

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.11, se observa para los tratamientos [M7-M4]; [M7-M8]; [M7-M6]; [M7-M1]; [M4-M8]; [M4-M6]; [M4-M1]; [M4-M3]; [M8-M6]; [M8-M1]; [M8-M3]; [M8-M5]; [M8-M2]; [M6-M1]; [M6-M3]; [M6-M5]; [M6-M2]; [M1-M3]; [M1-M5]; [M3-M5]; [M3-M2] y [M5-M2], no existe evidencia estadística; en comparación de los tratamientos [M7-M3]; [M7-M5]; [M7-M2]; [M4-M5]; [M4-M2]; y [M1-M2], si hay evidencia estadística, para un límite de confianza del 95%. Sin embargo, se tomó

en cuenta la preferencia de los jueces por las muestras M1, M4, M6, M7 y M8, como las de mejor aceptación para el atributo textura.

Una vez concluido el análisis de aceptación de los diferentes atributos sensoriales evaluados, se eligieron cinco muestras con mayor aceptación, con un promedio general entre los cuatro atributos: M1 de 6,95; M4 de 7,16; M6 de 6,88; M7 de 7,46 y M8 de 7,31; donde se evidencia que los catorce jueces no entrenados muestran preferencia por la muestra M7 (25g de colorante, 50g de saborizante y 15s de inmersión en la solución), como la mejor opción.

4.3.9. CARACTERIZACIÓN DE LAS VARIABLES DEL PROCESO DE DOSIFICACIÓN FINAL DEL LÍQUIDO DE COBERTURA

Para la elección del proceso de dosificación final del líquido de cobertura en el “cereal saborizado con chocolate”, se efectuó una evaluación sensorial en escala hedónica; utilizando catorce jueces no entrenados que analizaron los atributos de color, olor, sabor y textura de las muestras con mayor aceptación, como ser:

M1 = 15g de colorante, 40g de saborizante y 15s de inmersión en la solución

M4 = 25g de colorante, 40g de saborizante y 25s de inmersión en la solución

M6 = 15g de colorante, 50g de saborizante y 25s de inmersión en la solución

M7 = 25g de colorante, 50g de saborizante y 15s de inmersión en la solución

M8 = 25g de colorante, 50g de saborizante y 25s de inmersión en la solución

Donde:

$$M1 = M1; M4 = M2; M6 = M3; M7 = M4; M8 = M5$$

4.3.9.1. EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO COLOR PARA ELEGIR LA DOSIFICACIÓN FINAL DEL LÍQUIDO DE COBERTURA

En la tabla 4.12, se muestran los resultados obtenidos (Anexo C.6) de la evaluación sensorial del cereal saborizado para el atributo color.

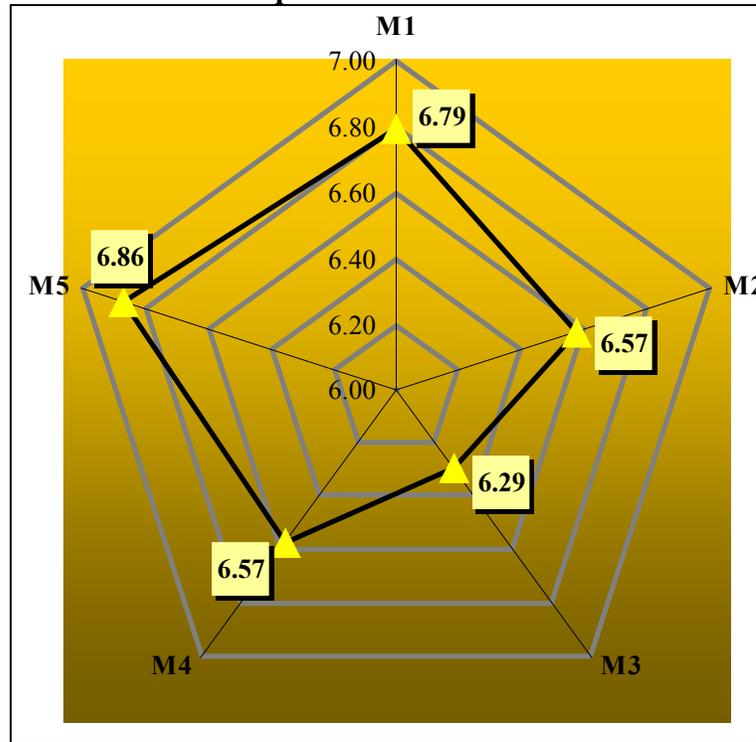
Tabla 4.12
Evaluación sensorial del atributo color para elegir la dosificación final del líquido de cobertura

Jueces	Muestras (escala hedónica)				
	M1	M2	M3	M4	M5
1	6	7	8	6	8
2	6	6	6	5	6
3	6	7	7	6	8
4	8	7	5	8	6
5	7	6	6	6	6
6	8	5	5	6	6
7	7	6	7	6	6
8	8	7	6	7	8
9	6	8	8	7	7
10	6	6	6	8	7
11	8	6	6	8	7
12	7	9	8	6	8
13	5	6	4	4	6
14	7	6	6	9	7
Promedio	6,79	6,57	6,29	6,57	6,86

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.5, se muestran los resultados promedio obtenidos de la evaluación sensorial del atributo color de datos extraídos de la tabla 4.12 (Anexo C.6).

Figura 4.5
Resultados promedio del atributo color para elegir la dosificación final del líquido de cobertura



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 4.5, la muestra M5 tiene mayor aceptación por los jueces para el atributo color de 6,86 en escala hedónica; en comparación a las muestras M1 de 6,79; (M2 y M4) de 6,57 y M3 de 6,29, que son menores.

4.3.9.2. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ATRIBUTO COLOR PARA ELEGIR LA DOSIFICACIÓN FINAL DEL LÍQUIDO DE COBERTURA

La tabla 4,13, muestra el análisis de varianza para el atributo color de las muestras de cereal saborizado (Anexo C.6).

Tabla 4.13
Análisis de varianza del atributo color para elegir la dosificación final del líquido de cobertura

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fcal	Ftab
Entre muestras	2,800	4	0,700	0,765	2,550
Entre jueces	30,186	13	2,322	2,537	1,913
Error	47,600	52	0,915		
Total	80,586	69			

Fuente: Elaboración propia

Para los tratamientos $F_{cal} < F_{tab}$ ($0,765 < 2,550$). Por lo tanto, no existe evidencia estadística de variación entre los promedios de los tratamientos M1, M2, M3, M4 y M5, para $p < 0,05$. Por lo que, se Acepta la hipótesis planteada y tomando en cuenta la preferencia de los jueces por la muestra M5 (25g de colorante, 50g de saborizante y 25s de inmersión en la solución) que tiene el mejor puntaje en escala hedónica del atributo color, como la mejor opción.

4.3.9.3. EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO OLOR PARA ELEGIR LA DOSIFICACIÓN FINAL DEL LÍQUIDO DE COBERTURA

En la tabla 4.14, se muestran los resultados obtenidos (Anexo C.7) de la evaluación sensorial del cereal saborizado para el atributo olor.

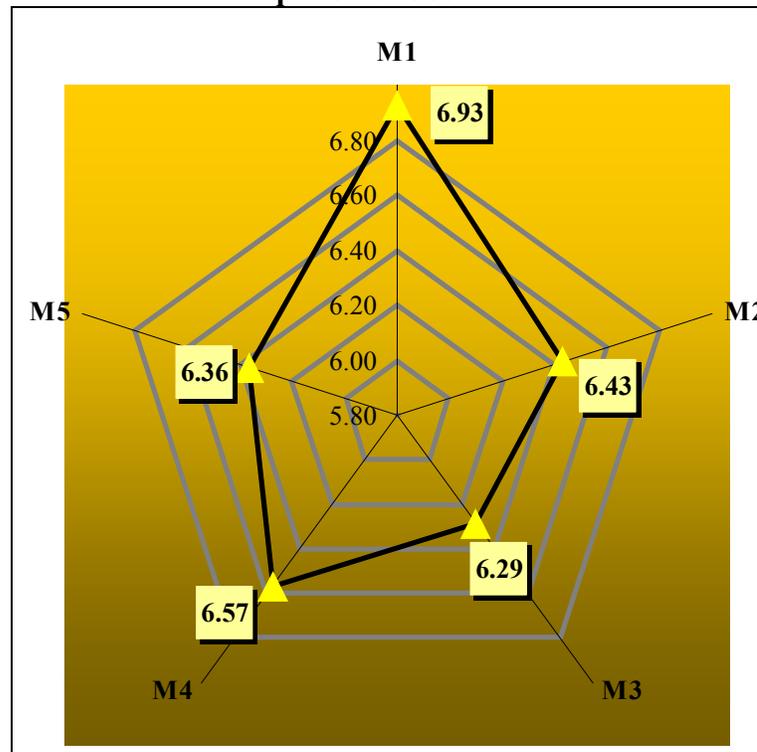
Tabla 4.14
Evaluación sensorial del atributo olor para elegir la dosificación final del líquido de cobertura

Jueces	Muestras (escala hedónica)				
	M1	M2	M3	M4	M5
1	7	7	7	7	7
2	6	6	6	7	6
3	6	6	6	6	6
4	8	7	6	8	7
5	8	7	7	6	6
6	6	5	5	6	6
7	7	6	6	6	6
8	7	7	6	7	7
9	6	8	8	5	5
10	8	7	6	6	7
11	7	6	6	8	7
12	8	7	8	7	7
13	6	5	5	5	5
14	7	6	6	8	7
Promedio	6,93	6,43	6,29	6,57	6,36

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.6, se muestran los resultados promedio obtenidos de la evaluación sensorial del atributo olor de datos extraídos de la tabla 4.14 (Anexo C.7).

Figura 4.6
Resultados promedio del atributo olor para elegir la dosificación final del líquido de cobertura



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 4.6, la muestra M1 tiene mayor aceptación por los jueces para el atributo olor de 6,93 en escala hedónica; en comparación a las muestras M4 de 6,57; M2 de 6,43; M5 de 6,36 y M3 de 6,29, que son menores.

4.2.9.4. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ATRIBUTO OLOR PARA ELEGIR LA DOSIFICACIÓN FINAL DEL LÍQUIDO DE COBERTURA

La tabla 4.15, muestra el análisis de varianza para el atributo olor de las muestras de cereal saborizado (Anexo C.7).

Tabla 4.15
Análisis de varianza para del atributo olor para elegir la dosificación final del líquido de cobertura

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fcal	Ftab
Entre muestras	3,629	4	0,907	1,874	2,550
Entre jueces	24,686	13	1,899	3,923	1,913
Error	25,171	52	0,484		
Total	53,486	69			

Fuente: Elaboración propia

Para los tratamientos $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,874 < 2,550$). Por lo tanto, no existe evidencia estadística de variación entre los promedios de los tratamientos M1, M2, M3, M4 y M5, para $p < 0,05$. Por lo que, se Acepta la hipótesis planteada y tomando en cuenta la preferencia de los jueces por la muestra M1 (15g de colorante, 40g de saborizante y 15s de inmersión en la solución) que tiene el mejor puntaje en escala hedónica del atributo olor, como la mejor opción.

4.3.9.5. EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO SABOR PARA ELEGIR LA DOSIFICACIÓN FINAL DEL LÍQUIDO DE COBERTURA

En la tabla 4.16, se muestran los resultados obtenidos (Anexo C.8) de la evaluación sensorial del cereal saborizado para el atributo sabor.

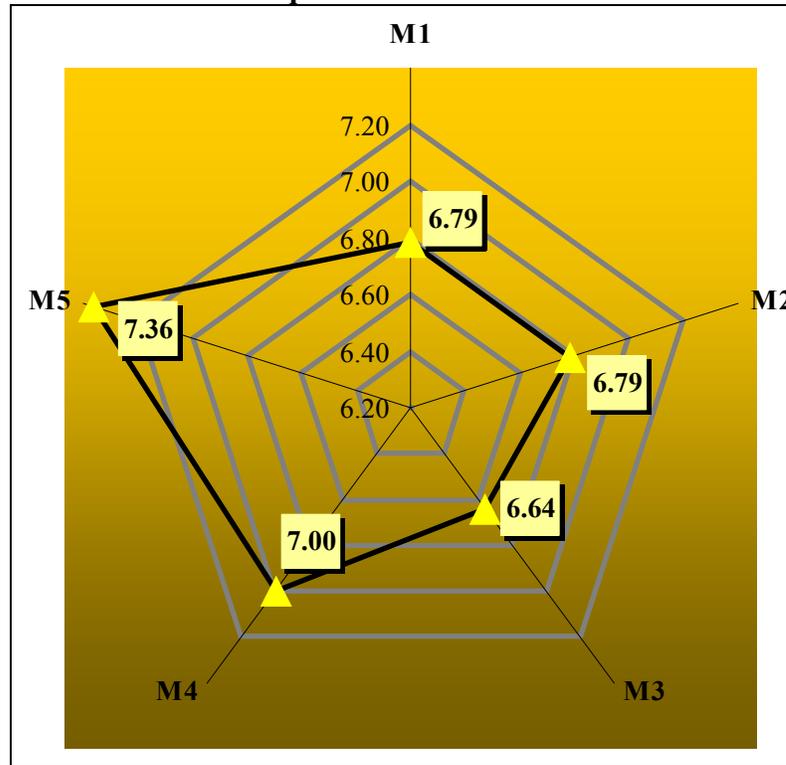
Tabla 4.16
Evaluación sensorial del atributo sabor para elegir la dosificación final del líquido de cobertura

Jueces	Muestras (escala hedónica)				
	M1	M2	M3	M4	M5
1	6	7	8	7	9
2	6	7	7	7	7
3	6	6	6	7	8
4	8	6	8	6	8
5	7	7	8	7	7
6	7	6	5	6	8
7	8	6	7	7	6
8	9	8	7	8	8
9	6	7	5	5	7
10	6	7	7	8	7
11	6	7	6	8	7
12	8	9	8	8	8
13	6	6	5	6	6
14	6	6	6	8	7
Promedio	6,79	6,79	6,64	7,00	7,36

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.7, se muestran los resultados promedio obtenidos de la evaluación sensorial del atributo sabor de datos extraídos de la tabla 4.16 (Anexo C.8).

Figura 4.7
Resultados promedio del atributo sabor para elegir la dosificación final del líquido de cobertura



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 4.7, la muestra M5 tiene mayor aceptación por los jueces para el atributo sabor de 7,36 en escala hedónica; en comparación a las muestras M4 de 7,00; M2 de 6,79; M1 de 6,79 y M3 de 6,64, que son menores.

4.3.9.6. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ATRIBUTO SABOR PARA ELEGIR LA DOSIFICACIÓN FINAL DEL LÍQUIDO DE COBERTURA

La tabla 4,17, muestra el análisis de varianza para el atributo sabor de las muestras de cereal saborizado (Anexo C.8).

Tabla 4.17
Análisis de varianza para del atributo sabor para elegir la dosificación final del líquido de cobertura

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fcal	Ftab
Entre muestras	4	4	1,086	1,658	2,550
Entre jueces	29	13	2,237	3,416	1,913
Error	34	52	0,655		
Total	67,486	69			

Fuente: Elaboración propia

Para los tratamientos $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,658 < 2,550$). Por lo tanto, no existe evidencia estadística de variación entre los promedios de los tratamientos M1, M2, M3, M4, y M5, para $p < 0,05$. Por lo que, se Acepta la hipótesis planteada y tomando en cuenta la preferencia de los jueces por la muestra M5 (25g de colorante, 50g de saborizante y 25s de inmersión en la solución) que tiene el mejor puntaje en escala hedónica del atributo sabor, como la mejor opción.

4.3.9.7. EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO TEXTURA PARA ELEGIR LA DOSIFICACIÓN FINAL DEL LÍQUIDO DE COBERTURA

En la tabla 4.18, se muestran los resultados obtenidos (Anexo C.9) de la evaluación de cereal saborizado para el atributo textura.

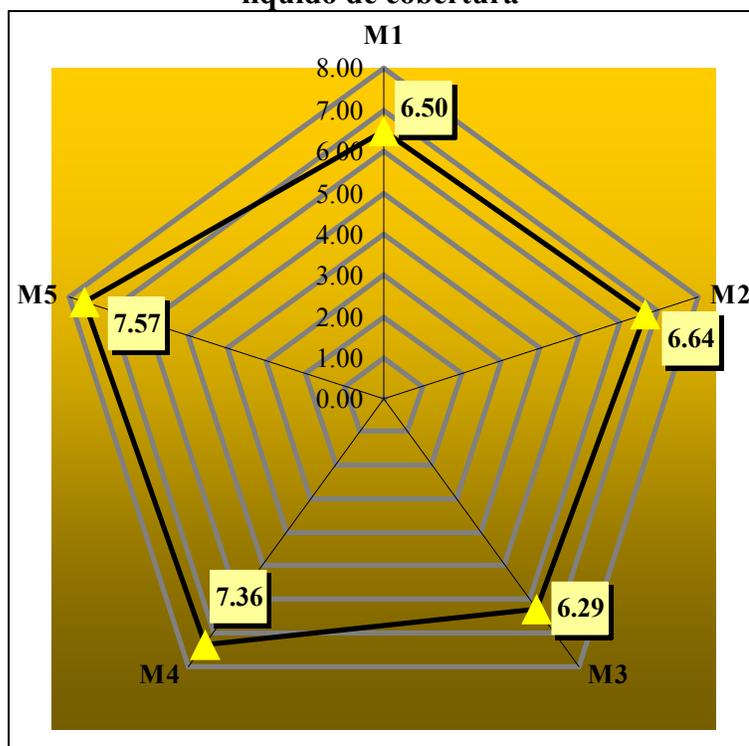
Tabla 4.18
Evaluación sensorial del atributo textura para elegir la dosificación final del líquido de cobertura

Jueces	Muestras (escala hedónica)				
	M1	M2	M3	M4	M5
1	6	7	8	6	8
2	6	6	7	6	7
3	7	6	6	7	7
4	8	7	6	9	8
5	7	7	7	8	7
6	8	6	6	7	8
7	7	6	7	6	6
8	8	7	6	7	8
9	5	7	7	8	8
10	7	7	6	8	7
11	6	7	6	7	8
12	6	7	7	9	8
13	4	7	4	7	7
14	6	6	5	8	9
Promedio	6,50	6,64	6,29	7,36	7,57

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.8, se muestran los resultados promedio obtenidos de la evaluación sensorial del atributo textura de datos extraídos de la tabla 4.18 (Anexo C.9).

Figura 4.8
Resultados promedio del atributo textura para elegir la dosificación final del líquido de cobertura



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 4.8, la muestra M5 tiene mayor aceptación por los jueces para el atributo textura de 7,57 en escala hedónica; en comparación a las muestras M4 de 7,36; M2 de 6,64; M1 de 6,50 y M3 de 6,29, que son menores.

4.3.9.8. PRUEBA DE DUNCAN DEL ATRIBUTO TEXTURA PARA ELEGIR LA DOSIFICACIÓN FINAL DEL LÍQUIDO DE COBERTURA

En la tabla 4.19, se muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan de los datos extraídos de la tabla C.9.3 (Anexo C.9).

Tabla 4.19
Análisis estadístico de Duncan del atributo textura para elegir la dosificación de líquido de cobertura

Tratamientos	Análisis de los valores			Efectos
M5-M4	0,2140	<	0,67	No hay diferencia
M5-M4	0,9280	>	0,71	Si hay diferencia
M5-M1	1,0710	>	0,73	Si hay diferencia
M5-M3	1,2850	>	0,74	Si hay diferencia
M4-M2	0,7140	<	0,71	Si hay diferencia
M4-M1	0,8570	>	0,77	Si hay diferencia
M4-M3	1,0710	>	0,77	Si hay diferencia
M2-M1	0,1430	>	0,67	No hay diferencia
M2-M3	0,3570	<	0,71	No hay diferencia
M1-M3	0,2140	<	0,73	No hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.19, se observa para los tratamientos [M5-M4]; [M2-M1]; [M2-M3] y [M1-M3], no existe evidencia estadística; en comparación de los tratamientos [M5-M2]; [M5-M1]; [M5-M3]; [M4-M2]; [M4-M1]; y [M4-M3], si hay evidencia estadística, para un límite de confianza del 95%. Sin embargo, se tomó en cuenta la preferencia de los jueces por las muestras M5, M4 y M3, como las de mejor aceptación para el atributo textura.

De los resultados obtenidos de evaluación sensorial, la muestra M5, tiene mayor aceptación para los atributos color, sabor y textura; la muestra M1 tiene mayor aceptación en el atributo olor en comparación a las demás muestras. Por lo tanto, los catorce jueces no entrenados tienen mayor preferencia por la muestra M5 (25g de colorante, 50g de saborizante y 25s de inmersión en la solución) con mayor puntaje.

4.4. ANÁLISIS DEL DISEÑO FACTORIAL PARA EL PROCESO DE DOSIFICACIÓN DEL LÍQUIDO DE COBERTURA

Para el análisis estadístico del proceso de elaboración de cereal saborizado, se realiza en base a datos experimentales en la dosificación de colorante (15g a 25g), saborizante (40g a 52g) y el tiempo de inmersión (15s a 25s) del cereal saborizado,

obtenido en la etapa de extrusión. Tomando en cuenta como variable respuesta el contenido de humedad del producto terminado.

La tabla 4.20, muestra los resultados de las variables de dosificación el cereal saborizado, el diseño de 2^3 con dos niveles y dos réplicas. Tomando en cuenta el contenido de humedad en el producto terminado (Anexo D.2).

Tabla 4.20
Matriz de resultados de las variables de dosificación del líquido de cobertura para el cereal de saborizado

Corridas	Combinaciones de tratamientos	Factores			Y ₁	Y ₂	Y _i
		TI	C	S			
1	1	-1	-1	-1	4,83	5,4	10,23
2	TI	1	-1	-1	5,01	5,2	10,2
3	C	-1	1	-1	5,45	5,3	10,8
4	TIC	1	1	-1	4,82	4,9	9,74
5	S	-1	-1	1	4,66	4,8	9,47
6	TIS	1	-1	1	4,67	4,9	9,56
7	CS	-1	1	1	6,4	6,3	12,7
8	TICS	1	1	1	4,62	7,0	11,7

Fuente: Elaboración propia

La tabla 4.21, muestra los resultados del análisis de varianza del diseño 2^3 , el desarrollo y método de resolución se detallan en el Anexo D.2.

Tabla 4.21
Análisis de la varianza para dosificación del cereal saborizado

Fuente de verificación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medio	Fisher calculado	Fisher tabulado
(FV)	(SC)	(GL)	(CM)	(Fcal)	(Ftab)
(1)	7,5578	15			
Factor TI	0,2575	1	0,2575	0,8444	5,32
Factor C	1,8023	1	1,8023	5,9092	5,32
Interacción TIC	0,2678	1	0,2678	0,8780	5,32
Factor S	0,369	1	0,369	1,2100	5,32
Interacción TIS	0,0014	1	0,0014	0,0046	5,32
Interacción CS	1,7095	1	1,7095	5,6051	5,32
Interacción TICS	0,0018	1	0,0018	0,0059	5,32
Error experimental	2,44	8	0,305		

Fuente: Elaboración propia

La tabla 4.21, muestra que el factor (C) “colorante “y la interacción (CS) “colorante-saborizante”, son significativos; ya que $F_{cal} > F_{tab}$ y se acepta la hipótesis planteada; pero el factor (T) “tiempo de inmersión,(S) ”saborizante”, (TIC), (TIS), (TICS) no son significativos en la dosificación para la elaboración de cereal saborizado; ya que $F_{cal} < F_{tab}$. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis planteada para un límite de confianza de 95%.

4.5. CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO (CEREAL SABORIZADO)

Para caracterizar el producto (cereal saborizado), se toma en cuenta las siguientes propiedades fisicoquímicas y microbiológicas.

4.5.1. ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DEL CEREAL SABORIZADO

La tabla 4.22, muestra los resultados del análisis fisicoquímico del producto terminado las cuales fueron realizadas en laboratorio “RIMH-APROTEC” de la ciudad de Tarija.

Tabla 4.22
Determinación de las propiedades fisicoquímicas de cereal saborizado

Parámetros	Unidad	Valores
Humedad	%	6,62
Carbohidratos	%	89,1
Materia grasa	%	0,36
Proteína total (Nx6,25)	%	4,77
Cenizas	%	0,31
Fibra	%	0,84
Valor energético	Cal/100g	378,72
Materia seca	mg/100g	95,38

Fuente: RIMH-APROTEC, 2011

Debido a la falta de normas tanto del “CODEX ALIMENTARIUS”, como también las normas bolivianas “IBNORCA”. Por lo tanto, en la tabla 4.22, se muestran los resultados obtenidos del cereal saborizado que posee un contenido de proteína total de 4,77%, carbohidratos 89,1%, materia grasa de 0,36%, fibra de 0,84% y un valor energético 378,72Kcal por cada 100g.

4.5.2. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL CEREAL SABORIZADO

La determinación de los análisis microbiológicos (tabla 4.23) en el producto “cereal saborizado”, fueron realizados en el laboratorio “RIMH-APROTEC” de la ciudad de Tarija.

Tabla 4.23
Determinación de las propiedades microbiológicas del cereal saborizado

Parámetros	Unidad	valores
Mohos	Ufc/g	800
Levaduras	Ufc/g	1500

Fuente: RIMH-APROTEC, 2011

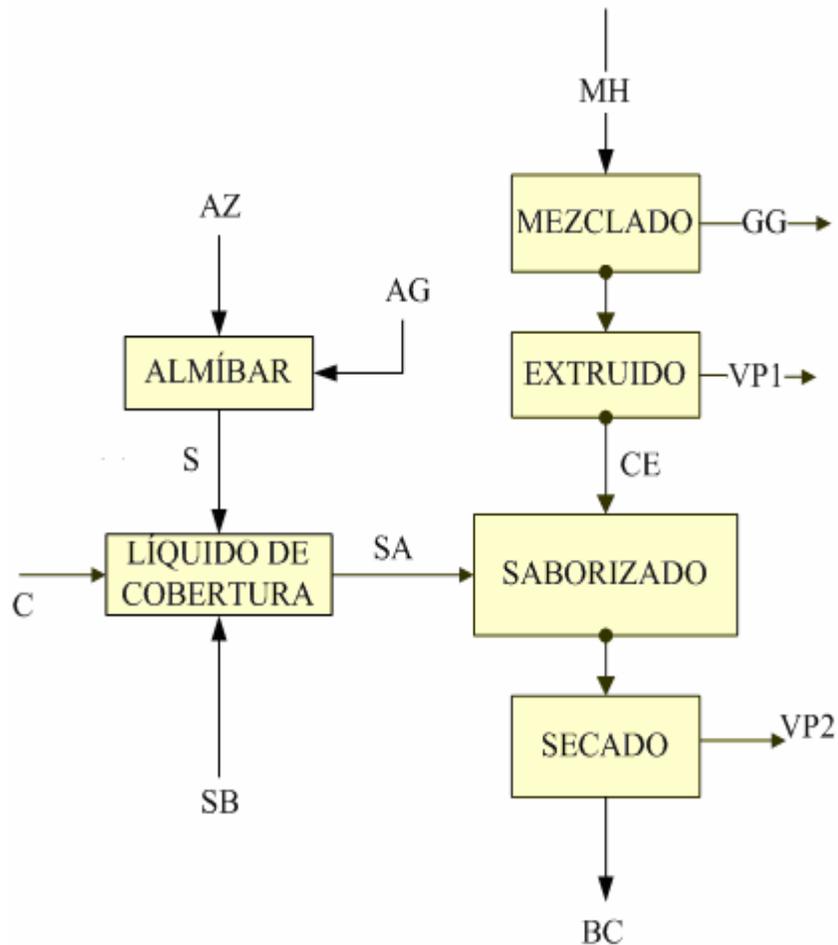
Debido a la falta de normas tanto del “CODEX ALIMENTARIUS”, como también las normas bolivianas “IBNORCA”. Por lo tanto, en la tabla 4.23, se muestran los

resultados obtenidos del cereal saborizado que posee presencia de mohos de 800 Ufc/g y una presencia de levaduras de 1500 Ufc/g.

4.6. BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE CEREAL SABORIZADO

El balance de materia para la elaboración de cereal saborizado se realizó en base a la figura 4.9.

Figura 4.9
Diagrama de bloques para la elaboración de cereal saborizado



Donde:

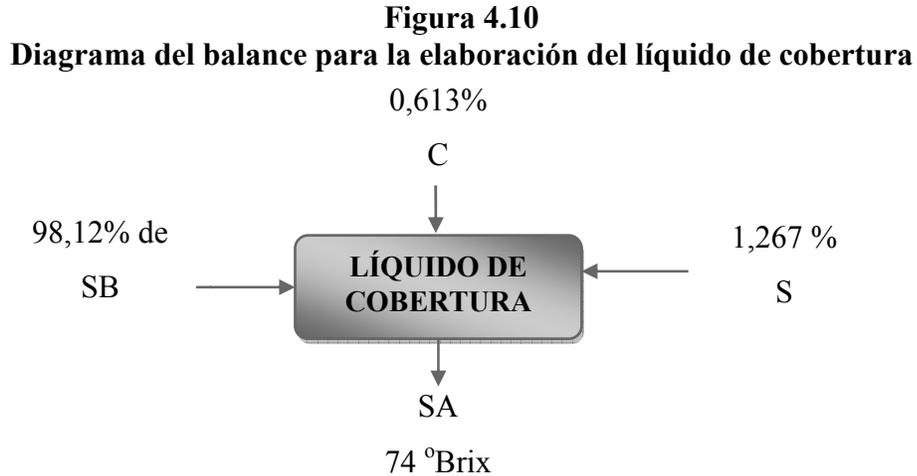
MH = Cantidad de la mezcla de harinas (kg)

GG = Cantidad de grano grueso (kg)

- VP1 = Cantidad de vapor de agua del extruido (kg)
- CE = Cantidad de cereal extruido (kg)
- SA = Cantidad de líquido de cobertura (kg)
- VP2 = Cantidad de vapor de agua del secado (kg)
- BC = Cantidad de cereal saborizado (kg)
- S = Cantidad de solución azucarada (kg)
- C = Cantidad de colorante (kg)
- SB = Cantidad de saborizante (kg)
- AZ = Cantidad de azúcar (kg)
- AG = Cantidad de agua (kg)

4.6.1. BALANCE DE MATERIA PARA EL LÍQUIDO DE COBERTURA EN LA ETAPA DE SABORIZADO

El balance de materia para la elaboración del líquido de cobertura, se realizó en base a la figura 4.10.



Datos:

Para la elaboración de la solución se prepara 1kg a 74 °Brix. Los siguientes porcentajes pueden representarse también como masa.

98,12% de solución azucarada

0,613% de colorante

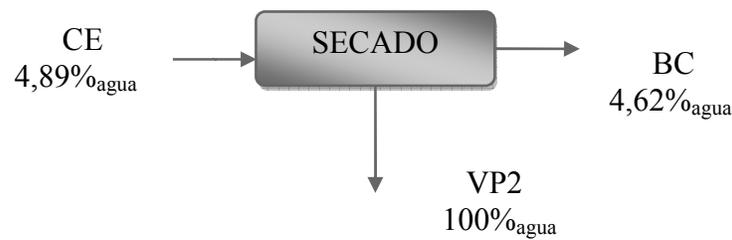
1,267 % de saborizante

4.6.2. BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE SECADO DEL CEREAL SABORIZADO

Habiendo obtenido los porcentajes de humedad, tanto del producto intermedio como del producto final en base a análisis realizados en los laboratorios “CEANID” (Anexo A), y “RIMH-APROTEC” (Anexo A), se realizó el siguiente balance tomando como base 100 g. de materia a procesar.

En la figura 4.11, se muestra el diagrama de bloque del balance de materia en la etapa de secado del cereal saborizado

Figura 4.11
Diagrama de bloque del balance de materia en la etapa de secado



Balance de general de materia en el proceso de secado

$$CE = PV_2 + BC \dots\dots\dots \text{Ecuación 4. 1}$$

Datos:

$$X_{\text{agua}}^{\text{CE}} = 0,0489$$

$$X_{\text{ss}}^{\text{CE}} = 0,9511$$

$$X_{\text{agua}}^{\text{BC}} = 0,0462$$

$$X_{\text{ss}}^{\text{BC}} = 0,9538$$

$$X_{\text{agua}}^{\text{PV}_2} = 1$$

$$CE = 100\text{g}$$

$$BC = ?$$

Balance de parcial de materia en el proceso de secado para el componente sólidos solubles (SS)

$$CEX_{SS}^{CE} = PV_2 X_{SS}^{VP2} + BCX_{SS}^{BC} \dots\dots\dots \text{Ecuación 4.2}$$

Nota: el valor de X_{SS}^{VP2} es igual a cero, por lo tanto la ecuación 4.2, queda reducida a:

$$CEX_{SS}^{CE} = BCX_{SS}^{BC} \dots\dots\dots \text{Ecuación 4.3}$$

Despejando BC tenemos:

$$BC = \frac{CEX_{SS}^{BC}}{X_{SS}^{BC}} \dots\dots\dots \text{Ecuación 4.4}$$

Remplazando valores tenemos que:

$$BC = \frac{100 \times 0,9511}{0,9538} = 99,716 \text{g de cereal saborizado}$$

De la ec.2 despejamos VP2

$$CE + BC = PV_2 \dots\dots\dots \text{Ecuación 4.5}$$

$$PV_2 = CE - BC =$$

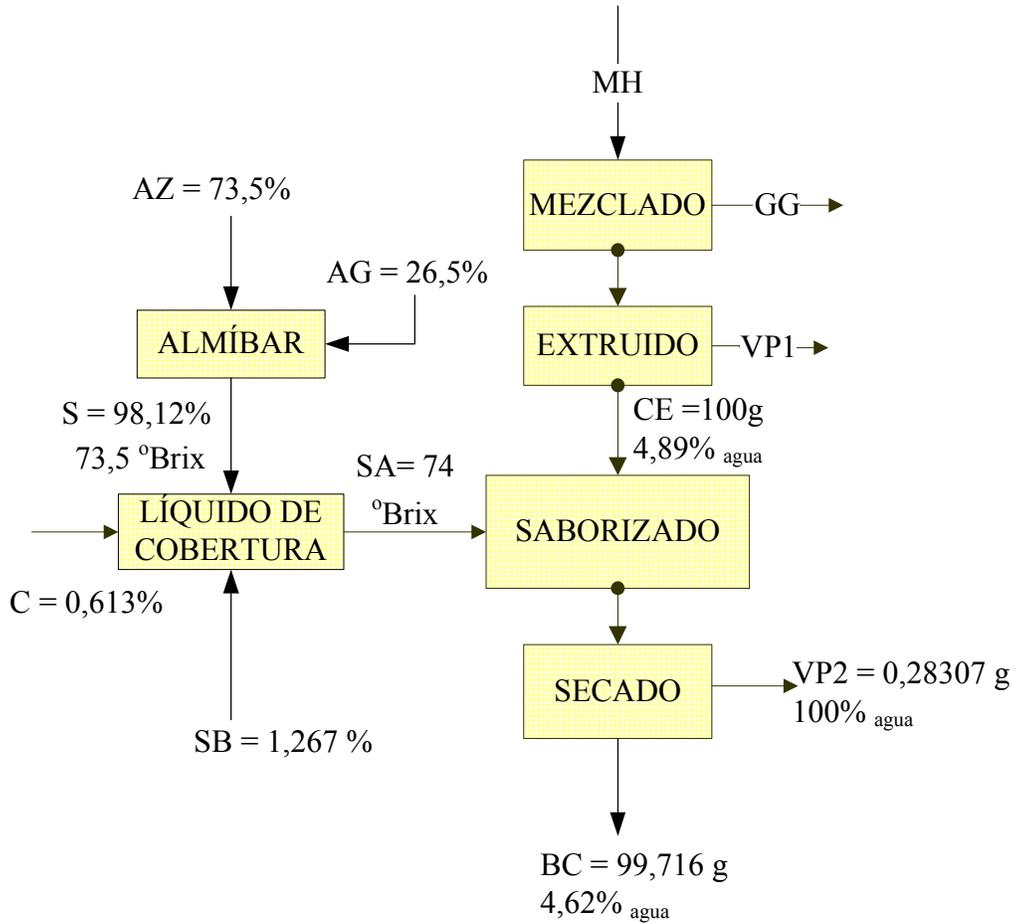
$$PV_2 = 0,28307 \text{g de agua evaporada}$$

Del balance de materia obtenemos un valor de 0,28307g de agua evaporada durante el proceso de secado y 99,716g de cereal seco. Los resultados pueden interpretarse también como rendimiento.

4.6.3. RESUMEN DEL BALANCE DE MATERIA EN PROCESO DE ELABORACIÓN DE CEREAL SABORIZADO

En la figura 4.12, se muestra el resumen del balance de materia del proceso de elaboración de cereal saborizado.

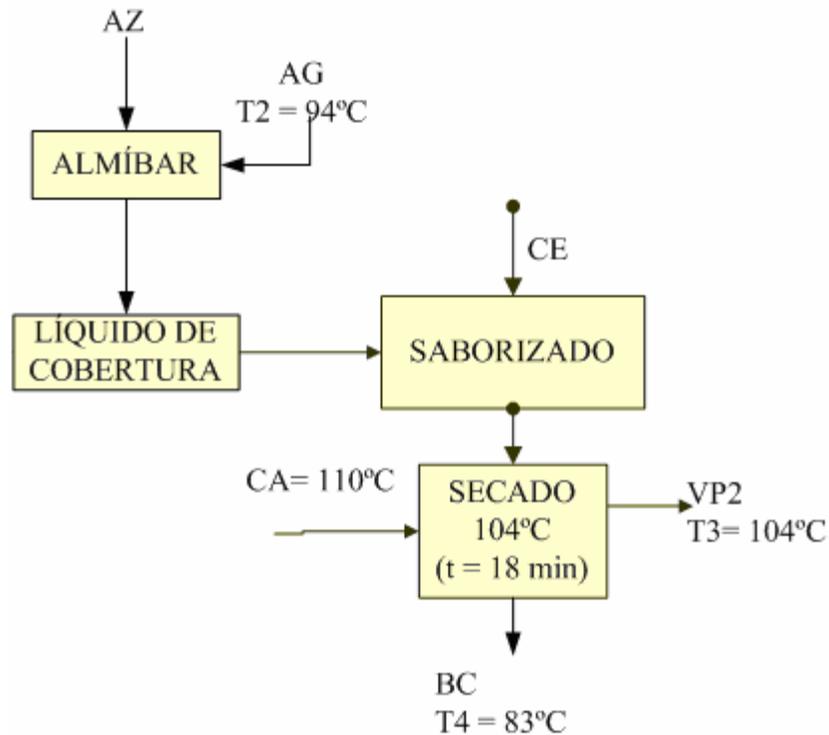
Figura 4.12
Resumen del balance de materia del proceso de elaboración de cereal saborizado



4.7. BALANCE DE ENERGÍA EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE CEREAL SABORIZADO

La figura 4.13, muestra el diagrama de bloques del balance de energía en el proceso de elaboración de cereal saborizado. En este caso, se tomó en cuenta la etapa de saborizado (líquido de cobertura) y secado.

Figura 4.13
Diagrama de bloques del balance de energía en la elaboración de cereal extruido



Donde:

- T1 = temperatura inicial del agua °C
- T2 = temperatura final del agua °C
- T3 = temperatura de salida del vapor °C
- CA = cantidad de aire caliente m³/s

4.7.1. BALANCE DE ENERGÍA EN LA ELABORACIÓN DEL LÍQUIDO DE COBERTURA

En los cálculos siguientes, se obtiene la energía necesaria para calentar 1kg de agua desde 23°C hasta 94°C que es la temperatura de ebullición del agua a 1290 msnm. Según Valiente (1994), la capacidad calorífica del agua, es de 4,187 KJ/Kg °C.

La figura 4.14 muestra el diagrama de bloque del balance de energía en el proceso de elaboración del líquido de cobertura.

Figura 4.14
Diagrama del balance de energía para la elaboración del líquido de cobertura



Según Valiente (1994) la ecuación 4.6, muestra el balance general de energía para la elaboración del líquido de cobertura.

$$\cancel{AG} (\cancel{EP_1} + \cancel{EC_1} + H_1) + \cancel{Q} - \cancel{\tau} = \cancel{AG} (\cancel{EP_2} + \cancel{EC_2} + H_2) + \cancel{d/d\theta}(U\rho V) \dots \dots \dots \text{Ecuación 4.6}$$

$$AG H_1 + Q = AG H_2 \dots \dots \dots \text{Ecuación 4.7}$$

$$Q = AG (H_1 + H_2) \dots \dots \dots \text{Ecuación 4.8}$$

Como: $AH = Cp (T_2 - T_1)$ entonces la ecuación 4.8 queda de la siguiente manera:

$$Q = AG Cp (T_2 - T_1) \dots \dots \dots \text{Ecuación 4.9}$$

Datos:

$$T_1 = 23 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 94 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Cp_{\text{agua}} = 4,187 \text{ KJ/Kg } ^\circ\text{C}$$

$$M_{\text{agua}} = 1\text{kg}$$

Remplazando valores en la ecuación 4.9 tenemos:

$$Q_{\text{agua}} = 1\text{kg} \times 4,187 \text{ KJ/kg } ^\circ\text{C} \times (94 - 23) \text{ } ^\circ\text{C}$$

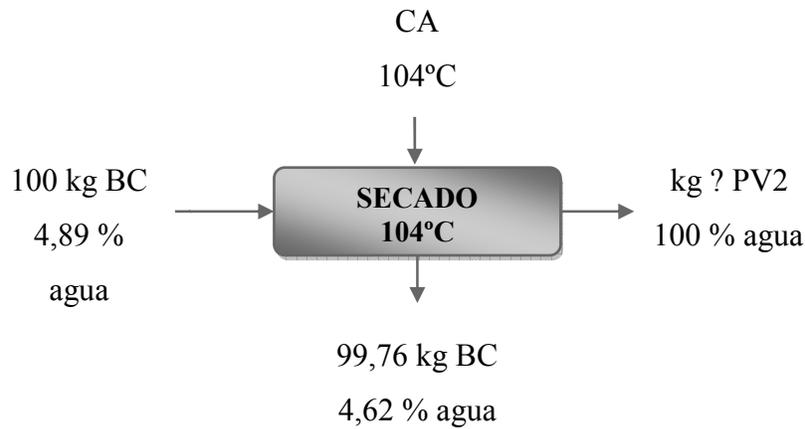
$$Q_{\text{agua}} = 297,277 \text{ KJ} = 71,34648 \text{ Kcal}$$

Por lo tanto tenemos que, para calentar 1kg de agua se necesita 71,34648 Kcal.

4.7.2. BALANCE DE ENERGÍA EN EL PROCESO DE SECADO DEL CEREAL SABORIZADO

La figura 4.15 muestra el diagrama de bloque del balance de energía en el proceso de secado.

Figura 4.15
Diagrama de bloque del balance de energía del proceso de secado



Según Valiente (1994) para el balance de energía se puede aplicar la ecuación 4.10.

$$Q_{\text{agua}} = M_{\text{alimento}} C_{p_{\text{alimento}}} (\Delta)_{\text{alimento}} + M_{\text{agua}} \lambda_{\text{agua}} \dots\dots\dots \text{Ecuación 4.10}$$

Según (Sing y col, 1998) para el cálculo de C_p del alimento, se aplica la ecuación 4.11 y el λ_{vap} del agua a 104°C es de 2683,8 kJ/kg.

$$C_{p_{\text{alimento}}} = m_{\text{agua}} 4,187 + m_{\text{proteina}} 1,549 + m_{\text{grasa}} 1,675 + m_{\text{glúcidos}} 1,424 + m_{\text{ceniza}} 0,837 \left| \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \right. \dots\dots\dots \text{Ecuación 4.11}$$

Los porcentajes en masa de cada componente presente en el cereal son obtenidos de la tabla 4.22.

Donde:

m = porcentaje en masa de cada componente en el alimento

$$m_{\text{agua}} = 0.062\text{g}$$

$$m_{\text{proteina}} = 0.0477\text{g}$$

$$m_{\text{grasa}} = 0.0036\text{g}$$

$$m_{\text{glúcidos}} = 0.891\text{g}$$

$$m_{\text{ceniza}} = 0.077\text{g}$$

Los porcentajes en masa de cada componente presente en el cereal son obtenidos de la tabla 4.22

Por lo tanto:

$$C_{p_{BC}} = 0,371 \frac{\text{Kj}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}}$$

Reemplazando los datos obtenidos en la ecuación 4.10, obtenemos el calor necesario para evaporar 0,28307g (0,00028307kg) de agua.

$$Q = 0,1\text{Kg} \cdot 0,371 \frac{\text{Kj}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} (104 - 23)^{\circ}\text{C} + 0,00038307\text{Kg} \cdot 2683,8 \frac{\text{Kj}}{\text{kg}}$$

$$Q = 4,0332\text{Kj} = 0,968\text{Kcal}$$

Como se puede observar en los resultados obtenidos de balance de energía en el secador el calor necesario para evaporar 0,28307g de agua, es de 0,968Kcal.

5.1. CONCLUSIONES

- En la caracterización del análisis fisicoquímico de la materia prima (mezcla de harinas), se observa que presenta 2,27% de fibra, 0,74% de cenizas, 77,74% de hidratos de carbono, 7,58% de proteína total, 10,82 % de humedad, 0,85% de materia grasa y 348,93 Kcal/100g de valor energético
- De los resultados obtenidos en la dosificación de insumos para elaborar el líquido de cobertura inicial, se pudo establecer a través de una evaluación sensorial que la muestra de mayor aceptación de los jueces, es la muestra M7(25g de colorante, 50g de saborizante y 15s de inmersión en la solución) con una aceptación en escala hedónica 7,29 del atributo color, 7,21 olor, 7,5 sabor y 7,86 textura del total de las ocho muestras (M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7 y M8) analizadas a nivel experimental.
- De los resultados obtenidos en la dosificación de insumos para elaborar el líquido de cobertura final, se pudo establecer a través de una evaluación sensorial que la muestra de mayor aceptación de los jueces, es la muestra M5 (25g de colorante, 50g de saborizante y 25s de inmersión en la solución) con una aceptación en escala hedónica 6,86 de color; 7,36 de sabor y 7,57 para el atributo textura del total de las cinco muestras (M1=M1, M2=M4, M3=M6, M4=M7 y M5=M8) analizadas a nivel experimental.
- De los resultados del análisis del diseño factorial 2^3 de las variables del proceso de dosificación del líquido de cobertura; determina que el factor (C) “colorante “y la interacción (CS) “colorante-saborizante”, son significativos, $F_{tab} > F_{cal}$; pero el factor (T)”tiempo de inmersión,(S) ”saborizante”, (TIC), (TIS), (TICS) no son significativos en la dosificación para la elaboración de cereal saborizado; ya que $F_{tab} < F_{cal}$. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis planteada para un límite de confianza de 95%.

- Realizado el análisis fisicoquímico del cereal saborizado, se observa que presenta un contenido en 0,84% de fibra, 89,1% hidratos de carbono, 4,77% proteína total, 6,62% de humedad, 0,36% de materia grasa, 0,74% de cenizas y 378,72Kcal/100g de valor energético
- En cuanto al análisis microbiológico realizado al producto, presentó; mohos 800 Ufc/g y levaduras de 1500 Ufc/g.

5.1. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar pruebas a nivel experimental utilizando como soluto miel de caña para el preparado del líquido de cobertura; con el fin de disminuir la dependencia del azúcar y disminuir costos de elaboración.
- Se recomienda no utilizar chocolate en barra, debido a que trae complicaciones en el proceso de secado; ya que este tipo de chocolate no se adhiere uniformemente en la superficie del cereal y se funde por encima de los 40°C.
- Se recomienda realizar pruebas de laboratorio de estabilidad microbiológica y organoléptica durante el tiempo de almacenamiento, con la finalidad de establecer el tiempo de vida útil del cereal saborizado.