

1.1 ANTECEDENTES

En la ciudad de Tarija existen diferentes panificadoras como ser: panadería Viena, Gloria, San Bernardo, Palacio de las Masas, etc., los cuales elaboran pan francés, tipo galleta, redondo con o sin queso, de miga, cauquitas, facturas y postres, etc. Así mismo, en los distintos mercados de la provincia Cercado, hay personas que se dedican a elaborar distintas variedades de panes, los cuales no contribuyen a una dieta alimentaría adecuada, especialmente para niños en etapa escolar.

La bollería industrial constituye una dulce tentación para niños y mayores, Cuatro son los ingredientes básicos que componen la bollería industrial: harina, grasa, azúcar y huevos. Son ellos los que determinan su composición energética y nutritiva (Unidos, 2007).

Las magdalenas son uno de los alimentos más tradicionales y consumidos, tanto en el desayuno como en la merienda e incluso pueden reemplazar al pan en el desayuno. Se trata de un postre de tradición francesa y que en la actualidad, es ya uno de los alimentos más conocidos en todo el mundo. Su sabor, es muy similar al bizcocho (Eroski, 2009).

Bolivia, aparece en el Reporte del Hambre 2008 como uno de los países con niveles “serios de hambre” según los datos que ofrece el Instituto de Investigación para las Políticas Internacionales de Alimentación. Esta situación debería ser el principal motivo para que el programa de desayuno escolar ofrezca un aporte sustantivo a la seguridad alimentaría de la población infantil que asiste a las escuelas públicas (Vargas, 2010).

El desayuno escolar en nuestro país debiera ser uno de los principales programas del sector educativo que supla las deficiencias alimentarias de la población infantil de las distintas escuelas públicas. Se necesita que el programa de desayuno escolar cuente

con una supervisión rigurosa en su calidad y su distribución. Debiendo ofrecer paralelamente opciones para fomentar y fortalecer la producción local en cada municipio y provincia (Vargas, 2010). Teniendo en cuenta la incorporación de micronutrientes específicamente para mejorar el aprendizaje y desarrollo en los niños en etapa escolar.

1.2 JUSTIFICACIÓN

- En el desarrollo integral de los niños en etapa escolar, es necesario contar con alimentos fortificados que coadyuven al crecimiento y aprendizaje. En este aspecto, se pretende formular una magdalena fortificada que permita mejorar esta problemática.
- Los desayunos escolares que se proveen en la provincia Cercado, por parte de las Juntas Escolares presentan deficiencias en la adquisición de panes especiales que satisfagan la ración diaria de nutrientes. En tal sentido, el presente proyecto pretende ofertar un producto para que sea incorporado en los desayunos escolares.
- Con el presente trabajo a nivel experimental, se quiere lograr la incorporación de dos micronutrientes (hierro y zinc); que aporten con la ración necesaria y adecuada para mejorar la dieta alimentaria en los niños en etapa escolar.
- Finalmente, se quiere que el presente proyecto contribuya a generar una corriente de interés para las Juntas Escolares, para que la dotación de los desayunos escolares en los colegios sea en función de las actividades que realizan los estudiantes y no solo por cumplir con el programa nutricional.

1.3 OBJETIVOS

Los objetivos planteados para el presente proyecto, son:

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

- ❖ Elaborar magdalenas (postre) fortificadas con hierro y zinc. Mediante el proceso de panificación, con el fin de obtener un producto nutritivo para niños en etapa escolar.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Determinar las características fisicoquímicas de la materia prima para conocer su composición nutricional.
- ❖ Determinar la composición de micronutrientes (hierro y zinc) en la mezcla de la masa, con el fin de establecer la cantidad necesaria adecuada.
- ❖ Establecer las condiciones del proceso de mezclado y amasado de la masa de las magdalenas, para obtener un producto suave y esponjoso.
- ❖ Determinar la composición porcentual necesaria de los ingredientes en la mezcla final, para establecer su dosificación.
- ❖ Determinar el tiempo y temperatura de cocción durante el proceso de horneado, para el producto terminado.
- ❖ Determinar la composición fisicoquímica, microbiológica y organoléptica del producto terminado.

- ❖ Determinar el balance de materia en el proceso de elaboración, para conocer las corrientes de entrada y salida.

1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los desayunos escolares que se proveen en las Unidades Escolares del Departamento de Tarija, no están cumpliendo con la dotación mínima nutricional para lo cual fue creado; ya que la porción de panes no satisfacen las necesidades en micro nutrientes que necesitan los niños en etapa escolar, como ser hierro y zinc.

Así mismo, no existe una política por parte del Municipio en recomendar a las Juntas Escolares que adquieran panes o postres enriquecidos con micronutrientes que sean necesarios para una mejor alimentación y por ende mejorar el desarrollo integral de los niños en etapa escolar.

Por otra parte, es necesario mencionar que las instituciones encargadas de realizar los controles y verificar si los desayunos escolares están cumpliendo con los requerimientos mínimos; en cuanto se refiere a la calidad alimenticia para niños en etapa escolar, no coadyuvan al cumplimiento de normas nutricionales para la dotación de productos alimenticios por parte de las Juntas Escolares; que se sean de calidad nutricional y en función de las actividades que realicen este grupo de estudio.

1.5 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál proceso de panificación a ser aplicado para elaborar magdalenas (postre) fortificado con hierro y zinc, con el fin de obtener un producto nutritivo para los niños en etapa escolar?

1.6. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS

Mediante la aplicación del proceso de transformación de harina: 31,50 % harina de trigo 0000; 18 % leche; 10,87 % mantequilla; 17,32 % azúcar; 19,15 % huevo; 2,20 % royal; 0,84 % esencia de vainilla; 0,09 % sulfato de hierro heptahidratado; 0,04 % sulfato de zinc heptahidratado y 0,01 % sal. Tiempo 20 minutos de horneado a 220 °C, se obtiene una magdalena enriquecida con hierro y zinc.

2.1 ORIGEN DE LAS MAGDALENAS

Cuenta la historia que una joven criada llamada Madeleine Paulmier, elaboró estos pastelitos para el rey de Polonia Stanislas Leszczyński, que tenía un palacio en Lorena. Aunque por tierras Francesas tienen forma de concha (Caballero, 2010).

La magdalena (madeleine), es un postre tradicional de la región de Lorena, en Francia, que se ha extendido por toda Francia, España y por consecuente: Iberoamérica. Las magdalenas tienen la forma de una pequeña concha, que se obtiene cociéndolas al horno en una placa metálica que tiene hoyos en forma de conchas. Hoy en día se suelen hacer en pequeños moldes de papel rizado. Tienen un gusto similar al bizcocho aromatizado con limón (Caballero, 2010).

Otras fuentes remontan su origen a la época de las peregrinaciones a Santiago de Compostela. Donde una joven llamada Magdalena les servía a los peregrinos unos pastelitos en forma de concha, símbolo de este peregrinaje. Las “magdalenas”, se extendieron a lo largo de los caminos de Santiago, lo que explica su tradicional implantación en España. Esta última historia explica la razón de lo arraigadas de las magdalenas en España y confirma que sus características “rugosidad” son para imitar la forma de las conchas (Diexpa, 2013).

2.1.1 TIPOS DE MAGDALENAS

Existen muchos tipos de magdalenas: caseras, estilo tradicional, rústicas, con aceite de oliva, integrales, valencianas, etc., las variedades son muy amplias y cada vez más aparecen nuevos tipos de magdalenas fruto de la investigación que se realiza en el mundo de la pastelería (Pastelería Bartol, 2011).

- **Magdalenas de aceite de oliva**: con un toque de aceite de oliva, le da un sabor y una textura realmente deliciosos y suaves. En la figura 2.1, se muestra una magdalena de aceite de oliva.

Figura 2.1
Magdalena de aceite de oliva



- **Magdalenas caseras**: elaboradas según el estilo casero tradicional; no necesitan de ningún acompañamiento sofisticado para conseguir un sabor y textura más apetecibles. En la figura 2.2, se muestra una magdalena casera.

Figura 2.2
Magdalena casera



- **Magdalenas integrales:** magdalenas realizadas con harina integral y azúcar morena, con funcionalidades y propiedades características, y de un delicioso sabor. En la figura 2.3, se muestra una magdalena integral.

Figura 2.3
Magdalena integral



- **Magdalenas rellenas:** consiste en agregar a la preparación habitual de magdalena, frutas en almíbar, pasas de frutas en pequeños trocitos, mermeladas o dulce de leche (Sevilla, 2013). En la figura 2.3, se muestra unas magdalenas rellenas con frutas en **almíbar, chocolate y mermelada.**

Figura 2.4
Magdalenas rellenas



- **Magdalenas de chocolate:** son aquellas a las que se incorpora cocoa en polvo, en la preparación (Sevilla, 2013). En la figura 2.5, se muestra una magdalena con chocolate.

Figura 2.5
Magdalena de chocolate



- **Magdalenas de nata:** este tipo de magdalenas consiste en agregar nata de leche a la preparación habitual de magdalena y al final espolvoréala con azúcar impalpable (Garces, 2013). En la figura 2.6, se muestra una magdalena con nata.

Figura 2.6
Magdalena de nata



2.1.2 CLASIFICACIÓN DE LAS MAGDALENAS SEGÚN SU ELABORACIÓN

Según algunos autores, dicen que las magdalenas pertenecen al grupo de la bollería industrial y otros al grupo de la repostería.

2.1.2.1 MAGDALENAS EN LA BOLLERÍA INDUSTRIAL

La bollería, es un término genérico que reagrupa el conjunto de los bollos (generalmente dulces) y las magdalenas pertenecen a este grupo porque llevan grasas o manteca (Eroski, 2009).

Se utiliza manteca que le da el sabor y aroma característicos; esta aporta principalmente grasas de tipo saturadas y colesterol, también vitaminas A y D (Buena Salud, 2012). Según la preparación de las magdalenas, pueden variar sus propiedades y características nutricionales. Este alimento, pertenece al grupo de los bollos (Los Alimentos, 2012).

2.1.2.2 MAGDALENAS EN LA REPOSTERÍA

La repostería, se basa en la preparación de platos o postres que sean dulces. En este sentido, podemos encontrar postres a base de diferentes tipos de masas (como los budines, los bizcochuelos, magdalenas, panqueques o las masas de pastel), así como también postres a base de cremas (natillas), o a base de frutas (helados y otras preparaciones frías). En la repostería el uso de materiales tales como la harina (usualmente de trigo), azúcar, huevos y aceite vegetal, es esencial (Definición abc, 2013). Se utiliza aceite vegetal para darle mayor suavidad y consistencia. Además, si se utiliza aceite, el aporte es de grasas insaturadas y vitamina E, y no hay aporte de colesterol (Buena Salud, 2012).

Las magdalenas son preparaciones de repostería habituales en la mayoría de las culturas. Su elaboración es sencilla. Se hornean pequeños bizcochos, en general en unos moldes de papel rizado que se adhieren a la masa y consiguen la forma característica de este postre. Otra opción es cocinarlos en moldes metálicos, de silicona o en forma de concha, ya que la pasta se adapta a diversos recipientes. Este alimento, dulce y tradicional, comparte características con otros bizcochos (Eroski, 2009).

2.2 INFORME NUTRICIONAL DE LAS MAGDALENAS

Las proporciones de los componentes de las magdalenas pueden variar según el tipo y la cantidad del alimento. Además, de otros factores que puedan intervenir en la modificación de sus nutrientes. En la tabla 2.1, se observa las propiedades nutricionales que aportan 100 g de magdalenas al organismo (Los Alimentos, 2012).

Tabla 2.1
Composición nutricional de las magdalenas

Nutrientes	Cantidades
Energía [Kcal]	353,00
Proteína [g]	7,80
Hidratos carbono [g]	49,30
Fibra [g]	2,70
Grasa total [g]	13,20
Colesterol [mg]	41,00
Agua [g]	27,00
Calcio [mg]	93,00
Hierro [mg]	2,72
Yodo [mg]	15,00
Magnesio [mg]	11,00
Zinc [mg]	0,30
Selenio [µg]	9,10
Sodio [mg]	281,00
Potasio [mg]	90,00

Fuente: Dietas, 2012

2.3 INGREDIENTES NECESARIOS PARA LA ELABORACIÓN DE MAGDALENAS

A continuación, se detallan los ingredientes necesarios para la elaboración de las magdalenas.

2.3.1 HARINA DE TRIGO

Se entiende por harina al polvo fino que se obtiene del cereal molido y de otros alimentos ricos en almidón. Aunque la más habitual es harina de trigo, la cual posee constituyentes aptos para la formación de masas (proteína–gluten), pues la harina y agua mezclados en determinadas proporciones, producen una masa consistente, tenaz, con ligazón entre sí, que en nuestra mano ofrece una determinada resistencia, a la que puede darse la forma deseada, y que resiste la presión de los gases producidos por la fermentación, para obtener el levantamiento de la masa y un adecuado desarrollo de volumen (Profichief, 2012).

El gluten se forma por hidratación e hinchamiento de proteínas de la harina: gliadina y glutenina. El hinchamiento del gluten posibilita la formación de la masa: unión, elasticidad y capacidad para ser trabajada, retención de gases y mantenimiento de la forma de las piezas (Profichief, 2012).

Las harinas se clasifican en:

- 00
- 000
- 0000
- pastas

Harinas para repostería (harina cuatro ceros 0000): también llamadas débiles o flojas, ya que contienen de un 7,5 a 9,5 % de proteína. Es más refinada y más blanca.

Al tener escasa formación de gluten sólo se utiliza en panes de molde y en pastelería (Boada, 2012).

Las harinas las flojas con levadura química, estas sirven para hacer bizcochos y magdalenas. Si usamos una harina de fuerza en una magdalena nos quedará duro como una piedra y nos servirá (Santa Rita, 2009). En tabla 2.2, se muestra la composición nutricional por cada 100 g de la harina de trigo tipo 0000.

Tabla 2.2
Composición nutricional de la harina de trigo tipo 0000

Nutrientes	Cantidades
Valor energético (Kcal)	347
Hidratos de carbono(g)	73,1
Proteínas(g)	10,36
Grasa (g)	0,76
Agua (g)	13
Fibra (g)	-
Ácido fólico	0,2
Calcio (mg)	16,6
Sodio (mg)	-
Hierro (mg)	3
Vitamina C (mg)	26
Fósforo (mg)	89
Tiamina o vitamina B1 (mg)	0,63
Riboflavina o vitamina B2 (mg)	0,13
Niacina (mg)	1,3

Fuente: Tibaldi, 2009

Harinas para pan (harina tres ceros 000): obtenida generalmente de los trigos fuertes o semi fuertes. Su contenido de proteínas va desde un 9 a 14 %, estas condiciones intermedias posibilitan la formación de gluten por lo que son ideales para la elaboración de pan (Boada, 2012).

Harinas para pastas: son llamadas también harinas extra fuertes, siendo aquellas que presentan un 14 % de proteína. Son usadas en productos que no necesitan

fermentación y por su alta concentración proteica forman una estructura rígida y resistente (Boada, 2012).

La harina es empleada en la elaboración de magdalenas, fundamentalmente para darle estructura al producto, permite la retención del gas proveniente de los agentes leudantes y la incorporación de aire en los batidos (Sweet Mania, 2012).

Se utiliza harina refinada cuatro ceros; ya que es el ingrediente que da la estructura y consistencia esponjosa a la masa de las magdalenas (Buena Salud, 2012).

2.3.2 AZÚCAR

Se denomina azúcar a la sacarosa, también llamada azúcar de mesa o común. La sacarosa es de color blanco transparente en forma de pequeños, con un olor a caramelo, un sólido cristalino esta formado por una molécula de glucosa y una de fructosa (Eroski, 2007). El azúcar es el producto obtenido de la remolacha azucarera o de la caña de azúcar. Químicamente, se compone casi en un 100 % de sacarosa. Su característica fundamental es que es muy soluble en agua, contiene vitaminas A, B1 y B2 (Cayo y col, 2009).

El azúcar se obtiene de un jugo que sale del tallo maduro de la caña de azúcar y la remolacha azucarera. Pasa por un proceso, en el que se cristaliza formando agujas puntiagudas. Según el grado de refinamiento que sufren, pertenecen a un tipo u otro de edulcorantes (Cayo y col, 2009).

Azúcar granulado es el tipo más común, utilizado para la mesa, para cocinar y para hornear. Es excelente para hornear, especialmente cuando se utiliza en masas que se baten, ya que la fricción de los gránulos incorpora aire a la mezcla (Verón, 2008).

El azúcar, es la responsable del sabor dulce y da suavidad; al ser batida con el huevo o la materia grasa colabora en la incorporación de aire y aumento del volumen de las magdalenas (Buena Salud, 2012).

2.3.3 MANTEQUILLA VEGETAL

Mantequilla es la sustancia grasa que se saca de la leche de vaca mediante el procedimiento de agitación, resultando una crema de color amarillo claro, es una grasa de origen animal (Euroresidentes, 2013).

Es el producto obtenido de la grasa de la leche o grasa de la crema la cual ha sido pasteurizada, sometida a maduración, fermentación o acidificación, batido pudiéndose o no adicionar con sal. No suele tener agregados adicionales salvo conservantes y colorantes permitidos para la industria (Abu, 2013).

Técnicamente la mantequilla es una emulsión del tipo “agua en aceite”, obtenida por batido de la crema, y que contiene no menos del 80 % de materia grasa y no más del 16 % de agua (Abu, 2013).

Además del sabor, suavizan la masa y dan volumen. La mantequilla es la mejor grasa que se usa en la repostería, ya que proporcionan un sabor exquisito. Las grasas sólidas, añaden aire a la masa cuando se baten con el azúcar, la leche, huevo y esto hace que las magdalenas adquieran consistencia y leven mejor y sean más apetecibles (Quintero, 2013).

2.3.4 HUEVO

Se obtiene de diferentes aves, siendo los más utilizados los procedentes de gallinas. Los huevos se obtienen industrialmente en tres formas: naturales o enteros, congelados, en polvo o deshidratados (INCE, 2010).

Yemas: Es la parte más nutritiva del huevo. Su color varía de amarillo a rojizo, en razón de la cantidad de materia nutritiva que contienen, tienen más estabilidad y consistencia; se pueden emplear solas o conjuntamente con las claras (INCE, 2010).

Claros: Constituyen la mayor parte del huevo. Se compone de materia albuminosa que le imparte sus propiedades gelatinizantes y de fácil coagulación. Las claras dan un batido más ligero que las yemas (INCE, 2010).

El huevo es uno de los ingredientes principales en el ámbito de la repostería. Sus propiedades como espesante, emulsionante y estabilizante hace que este presente en muchas de las elaboraciones de postres (Pastelería y Repostería, 2010).

Gracias a ellos los bizcochos y magdalenas adquieren volumen y estructura, actúa como elemento cohesionador de la masa, ayuda a la suavidad y sabor, proporciona agua o humedad (Cordero, 2011).

El huevo es fundamental para obtener una buena miga dar mayor emulsión, obtener una textura más esponjosa, además de permitir que las magdalenas se conserven más blandas durante más tiempo (INCE, 2010). En el cuadro 2.3, se muestra la composición nutricional por cada 50 g de porción comestible de huevo crudo.

Tabla 2.3
Composición nutricional del huevo crudo

Nutrientes	Cantidad
Valor energético	78 Kcal
Carbohidratos	0,20 g
Proteínas	6,00 g
Grasas totales	5,9, g
grasas saturadas	1,59 g
grasas monoinsaturadas	2,27 g
grasas poliinsaturadas	1,45 g
Colesterol	224,50 mg
Sodio	68,00 mg
Potasio	69,00 mg
Vitamina A	72,80 µg
Vitamina B1 (Tiamina)	0,10 mg
Vitamina B2 (Riboflavina)	0,26 mg
Niacina	0,1 mg
Acido Fólico (Vitamina B9)	24,44 µg
Vitamina B12 (Cobalamina)	0,67 µg
Calcio	28,00 mg
Hierro	1,25 mg
Zinc	0,60 mg
Fósforo	106 mg

Fuente: Nutrinfo, 2010

2.3.5 LECHE

Al hablar de leche se entiende única y exclusivamente la natural de vaca. La leche de vaca cruda es un líquido de color blanco amarillento que ha adquirido gran importancia en la alimentación humana (Eroski, 2011).

Leche Pasteurizada: Es aquella leche íntegra o entera, que ha sido sometida a un tratamiento térmico específico y por un tiempo determinado que asegura la total destrucción de los organismos patógenos que pueda contener y casi la totalidad de los organismos no patógenos, sin alterar en forma considerable su composición, sabor ni valor nutritivo (Eroski, 2011).

El uso de la leche en la repostería es de gran importancia porque constituye un ingrediente enriquecedor y mejorante de los productos en que se use; mejora el aroma, el sabor, y el color de la corteza debido a la caramelización de la lactosa (Sweet Mania, 2012).

La grasa de la leche inhibe o retarda algo la fermentación, pero hace a la masa bien flexible y elástica. Con ello se mejora el volumen, la miga resulta de poros pequeños y suaves. El agua de la leche sirve como líquido para formar la masa, para el hinchamiento de los constituyentes de la harina (proteína-gluten) y la posterior gelificación del almidón en el proceso de cocción, aumenta la conservación ya que retiene la humedad (Sweet Mania, 2012).

2.3.6 SAL

La sal común, es un compuesto muy conocido. Técnicamente, se llama cloruro de sodio. Cuando la sal se usa en cantidades adecuadas en las fórmulas, tiene las siguientes funciones: imparte un sabor agradable al producto, resalta el sabor de la harina y de los demás ingredientes, fortalece la estructura y consistencia de los productos, ejerce una acción controladora de la fermentación, actúa como un bactericida (INCE, 2010).

Ayuda a la absorción del agua y mejora el color y espesa la corteza. Además ejerce una función bactericida (INCE, 2010).

2.3.7 POLVO DE HORNEAR

El polvo de hornear también llamado levadura química, es un producto de color blanco y homogéneo. Los materiales leudantes más utilizados en la elaboración del polvo de hornear son el bicarbonato de sodio y el bicarbonato de amonio. Su efecto, es capaz de desprender gas bajo ciertas condiciones de humedad y temperatura. Por

su expansión, el dióxido de carbono que se desprende en forma de gas en la reacción sirve para incrementar el volumen del total de la mezcla; obteniendo un producto con buena porosidad una vez horneado (Grippio, 2013) esto ayuda a esponjar la mezcla y no reacciona hasta que no se hornea (Arguedas, 2008).

2.9.8 ESENCIA DE VAINILLA

La esencia de vainilla está presente en muchas recetas. Además, se combina con muchos sabores.

Se presenta líquida concentrado de color marrón oscuro y se usa en pastelería en postres y dulces, confitería y chocolatería, también bebidas. La esencia de vainilla o vainillina es un sustituto cumple la función de aromatizar; ya que les aporta un sabor extra y un aroma delicioso (Martínez, 2012).

2.9.10 ESENCIA DE LIMÓN

Esta esencia de limón, se utiliza para dar un resalte al sabor y aroma a limón a las masas dulces, como en este caso las magdalenas. Este producto se presenta líquida concentrado de color amarillento (Gourmet, 2011).

2.4 ALIMENTOS FUNCIONALES

Los alimentos funcionales son alimentos a los que se les ha adicionado un nutriente, una sustancia o un componente no nutriente, para producir algún efecto beneficioso en salud, permitiendo el desarrollo de una nueva función, distinta o complementaria, a las funciones ya conocidas para ese alimento (Castillo, 2012).

Debe recordarse que normalmente los alimentos contienen numerosos nutrientes (proteínas, hidratos de carbono, grasas, minerales, vitaminas) y otros componentes

que cumplen con variadas funciones, por lo tanto todos los alimentos son funcionales por definición (Castillo, 2012).

2.4.1 CLASIFICACIÓN DE LOS ALIMENTOS FUNCIONALES

Son alimentos que además de contener sus características nutricionales normales, cumplen una función específica, como es la del mejorar la salud y reducir el riesgo de adquirir enfermedades (Tarazona, 2009).

Para ello, se le adicionan componentes biológicamente activos; tales como minerales, vitaminas, ácidos grasos, fibra alimenticia o antioxidantes (Tarazona, 2009). Los alimentos funcionales, se clasifican (CONAL, 2006) en:

- a) Alimentos adicionados
- b) Alimentos fortificados
- c) Alimentos enriquecidos

a) Alimentos Adicionados de micronutrientes:

Se entiende por alimentos adicionados de micronutrientes a aquellos productos que se les ha agregado vitaminas y/o sustancias minerales, contenidos naturalmente o no en el alimento, con un aporte por porción entre (5-15) % de la ingesta diaria recomendada (CONAL, 2009).

Los alimentos adicionados, se rotularán con la denominación de venta del alimento convencional correspondiente seguida de la indicación “Adicionado con” y el porcentaje del mismo que cubre la ingesta diaria recomendada del alimento (CONAL, 2006).

b) Alimentos Fortificados en micronutrientes:

Se entiende por alimentos fortificados en micronutrientes, aquellos productos que se les ha agregado vitaminas y/o sustancias minerales naturalmente contenidos en el alimento, cuando el aporte por porción signifique un valor de la ingesta diaria recomendada superior al 15 % (CONAL, 2006).

Los alimentos fortificados en micronutrientes, se rotularán con la denominación de venta del alimento convencional correspondiente seguida de la indicación “Fortificado con” (CONAL, 2006).

c) Alimentos enriquecidos en micronutrientes:

Se entiende por alimentos enriquecidos aquellos a los que se han adicionado nutrientes esenciales (vitaminas, minerales, proteínas, aminoácidos esenciales y ácidos grasos esenciales) con el objeto de resolver deficiencias de la alimentación que se traducen en fenómenos de carencia colectiva (CONAL, 2006).

2.5 MICRONUTRIENTES ESENCIALES

Son nutrientes necesarios para el mantenimiento del organismo, más allá sean requeridos en pequeñas cantidades de miligramos o microgramo. Forman parte de este grupo las vitaminas y los minerales. Estos deben estar presentes en la alimentación diariamente. El déficit puede provocar enfermedades o disfunciones y el exceso, intoxicaciones. Por eso la dieta debe ser siempre equilibrada variada (Sanders, 2013).

Consideramos micronutrientes a los elementos esenciales cuya concentración en planta es menor a 0,10 % en peso seco. Actualmente, se consideran micronutrientes a los siguientes elementos: hierro, manganeso, calcio, zinc, cobre, boro, molibdeno, cloro, níquel, etc. (Sanders, 2013). Los niños requieren una gran cantidad de nutrientes que promueven el desarrollo y el crecimiento infantil (Carambula, 2011).

2.5.1 MICRONUTRIENTE ESENCIAL HIERRO

El hierro, es un micronutriente esencial que interviene en numerosos procesos bioquímicos y fisiológicos (Boccio et al, 2009).

Este micromineral u oligoelemento, interviene en la formación de la hemoglobina y de los glóbulos rojos, como así también en la actividad enzimática del organismo. Dado que participa en la formación de la hemoglobina, de más está decir que transporta el oxígeno en sangre y que es importante para el correcto funcionamiento de la cadena respiratoria (Licata, 2010).

2.5.1.1 CONSECUENCIAS EN LA SALUD POR LA FALTA DE HIERRO

La falta de hierro produce anemia, cuyas consecuencias son: debilidad, fatiga, cefaleas, disminución intelectual, etc. (Nutrición Fácil, 2010). Hay muchos tipos de anemia, como ser la anemia ferropénica, es una disminución en el número de glóbulos rojos en la sangre debido a una falta de hierro. Se obtiene hierro a través de ciertos alimentos y el cuerpo también recicla hierro proveniente de glóbulos rojos viejos (Medlineplus, 2012).

La deficiencia de hierro (muy poco hierro) puede ser causada (Medlineplus, 2012), por:

- Una alimentación pobre en este elemento (ésta es la causa más común).
- Incapacidad del cuerpo para absorber el hierro muy bien, aunque se esté consumiendo suficiente cantidad de este elemento.
- Pérdida de sangre lenta y prolongada, generalmente a través de los períodos menstruales o sangrado en el tubo digestivo.
- Crecimiento rápido (en el primer año de vida y en la adolescencia), cuando se necesita más hierro.

Dado que los niños, únicamente absorben alrededor del 10 % del hierro que consumen en los alimentos la mayoría de ellos necesita ingerir de (8-10) mg/día de este elemento. Los bebés lactantes necesitan menos porque el hierro, se absorbe 3 veces más cuando está en la leche materna (Medlineplus, 2012).

Los problemas de aprendizaje. El tomar hierro podría mejorar el pensamiento, aprendizaje y la memoria en los niños con niveles bajos de hierro (Medlineplus, 2012).

La insuficiencia cardiaca. Hasta cerca de un 20 % de las personas que tienen insuficiencia cardiaca tienen también bajos niveles de hierro en la sangre. Algunas investigaciones muestran que el dar hierro por vía intravenosa puede mejorar algunos síntomas de insuficiencia cardiaca. Pero todavía no se sabe si el tomar un suplemento de hierro por vía oral ayudaría (Medlineplus, 2012).

2.5.2 MICRONUTRIENTE ESENCIAL ZINC

El Zinc, un micronutriente fundamental para reforzar el sistema inmune, Presente en carnes rojas y blancas, aunque también en lácteos, cereales y pescados, el requerimiento de este nutriente varía según las edades y los momentos de la vida; El requerimiento diario va desde los 2 a 10 mg. diarios. Si se lo combina con determinados probióticos, la función protectora se potencializa (Diario Salud, 2010).

La ingesta de referencia en la dieta para el zinc (Licata, 2013):

✓ **Bebés:**

- 0-6 meses: 2* miligramos por día (mg/día)
- 7-12 meses: 3* mg/día

*Ingesta adecuada (IA).

- ✓ **Niños:**
 - 1-3 años: 3 mg/día
 - 4-8 años: 5 mg/día
 - 9-13 años: 8 mg/día
- ✓ **Adolescentes y adultos:**
 - Hombres de 14 años en adelante: 11 mg/día
 - Mujeres de 14-18 años: 9 mg/día
 - Mujeres de 19 años en adelante: 8 mg/día

La mejor manera de obtener los requerimientos diarios de vitaminas y minerales esenciales es consumir una dieta balanceada que contenga una variedad de alimentos.

El sistema inmune es la principal barrera con la que cuenta el organismo para defenderse de las infecciones externas. Sin embargo, este proceso complejo de mucosas, anticuerpos y glóbulos blancos, puede "flaquear" o debilitarse por ejemplo ante la falta de descanso, el sedentarismo, el estrés y una mala alimentación (Diario Salud, 2010).

Por eso, es fundamental que la dieta diaria incluya todos los nutrientes necesarios para gozar de una vida saludable. Entre éstos se cuenta el zinc, algo desconocido para aproximadamente un cuarto de la población mundial que presenta carencias de este mineral (Diario Salud, 2010).

2.5.2.1 PROBLEMAS DE SALUD POR FALTA DE ZINC

Entre las principales consecuencias de la carencia de zinc es posible mencionar el retraso en el crecimiento, las deficiencias inmunológicas, la hiposomía e hipogeusia (identificables básicamente por el descenso en el estado de ánimo), la tendencia a las diarreas crónicas y el retraso madurativo, evidenciable tanto en el crecimiento físico como en el desarrollo intelectual (Diario Salud, 2010).

Los efectos secundarios por la deficiencia o carencia de zinc ocasiona (Licata, 2013):

- Debilidad y manchas blancas en uñas
- Pérdida de los sentidos del gusto y olfato
- Pérdida del cabello
- Cicatrización lenta de heridas y lesiones en la piel

3.1 INTRODUCCIÓN

La parte experimental del presente trabajo de investigación “Elaboración de magdalenas enriquecidas con hierro y zinc”. 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. REQUERIMIENTO DE EQUIPOS, INSTRUMENTOS, UTENSILIOS Y MATERIAL DE LABORATORIO

Para realizar la parte experimental de la investigación, se utilizó diferentes materiales, utensilios y equipos del Laboratorio Taller de Alimentos (LTA).

3.2.1 EQUIPOS

Los equipos utilizados, se describen a continuación:

- **Batidora eléctrica manual:** se utilizó para el mezclado de la harina y todos los insumos (figura 3.1), con el propósito de tener una mezcla homogénea. En el cuadro 3.1, se detallan las especificaciones técnicas del equipo.

Cuadro 3.1
Especificaciones técnicas de la batidora eléctrica

Características	Detalles
Marca	MB
Industria	Argentina
Potencia	0,25 hp
Velocidad	1425 RPM

Fuente: Elaboración propia



- **Horno industrial:** se utilizó este equipo (figura 3.2), con el propósito de cocción de la masa de magdalenas. En el cuadro 3.2, se detallan las especificaciones técnicas del equipo.

Cuadro 3.2
Especificaciones técnicas del horno industrial

Características	Detalles
Marca	Horno compacto
Industria	Boliviana
Quemadores	Superior e inferior
2 Bandejas	45 cm * 45 cm

Fuente: Elaboración propia



- **Balanza analítica:** se utilizó para determinar las proporciones de peso de la materia prima e insumos (figura3.3). En el cuadro 3.3, se muestran las especificaciones técnicas del equipo.

Cuadro 3.3
Especificaciones técnicas de la balanza analítica

Características	Detalles
Marca	SUNVAR
Modelo	BB 40 – 214
Industria	Argentina
Capacidad	12 Kg

Fuente: Elaboración propia



- **Selladora eléctrica horizontal:** este equipo (figura 3.4), se utilizó para el sellado de las bolsas que contiene el producto final. En el cuadro 3.4, se muestran las especificaciones técnicas del equipo.

Cuadro 3.4
Especificaciones técnicas de la selladora horizontal eléctrica

Características	Detalles
Marca	Talleres Ramón S.L.
Industria	Española
Modelo	430
Potencia	0,75 Kw

Fuente: Elaboración propia



3.2.2 UTENSILIOS Y MATERIALES DE LABORATORIO

Los utensilios y materiales que se utilizó en la elaboración de magdalenas, se detallan en el cuadro 3.5.

Cuadro 3.5
Utensilios y materiales de laboratorio

Materiales	Capacidad	Tipo
Materiales de laboratorio		
Mortero completo	Pequeño	Porcelana
Probeta	Mediana	Vidrio
Espátula	Mediana	Plástico
Termómetro	(-10 – 360) °C	Vidrio (Hg)
Envases	(18x22) cm	Polietileno
Utensilios		
Fuente	Mediano	Aluminio
Fuentes	1 juego	Plástico
Bol	Mediano	Vidrio
Cuchara	Mediana	Acero inoxidable
Moldes	Pequeños	Papel
Moldes	Pequeños	Aluminio
Mesa	Mediana	Madera

Fuente: Elaboración propia

3.3 MATERIA PRIMA E INSUMOS

La materia prima e insumos que se utilizaron para la elaboración de magdalenas enriquecidas con hierro y zinc, se muestran en el cuadro 3.6.

Cuadro 3.6
Materia prima e insumos

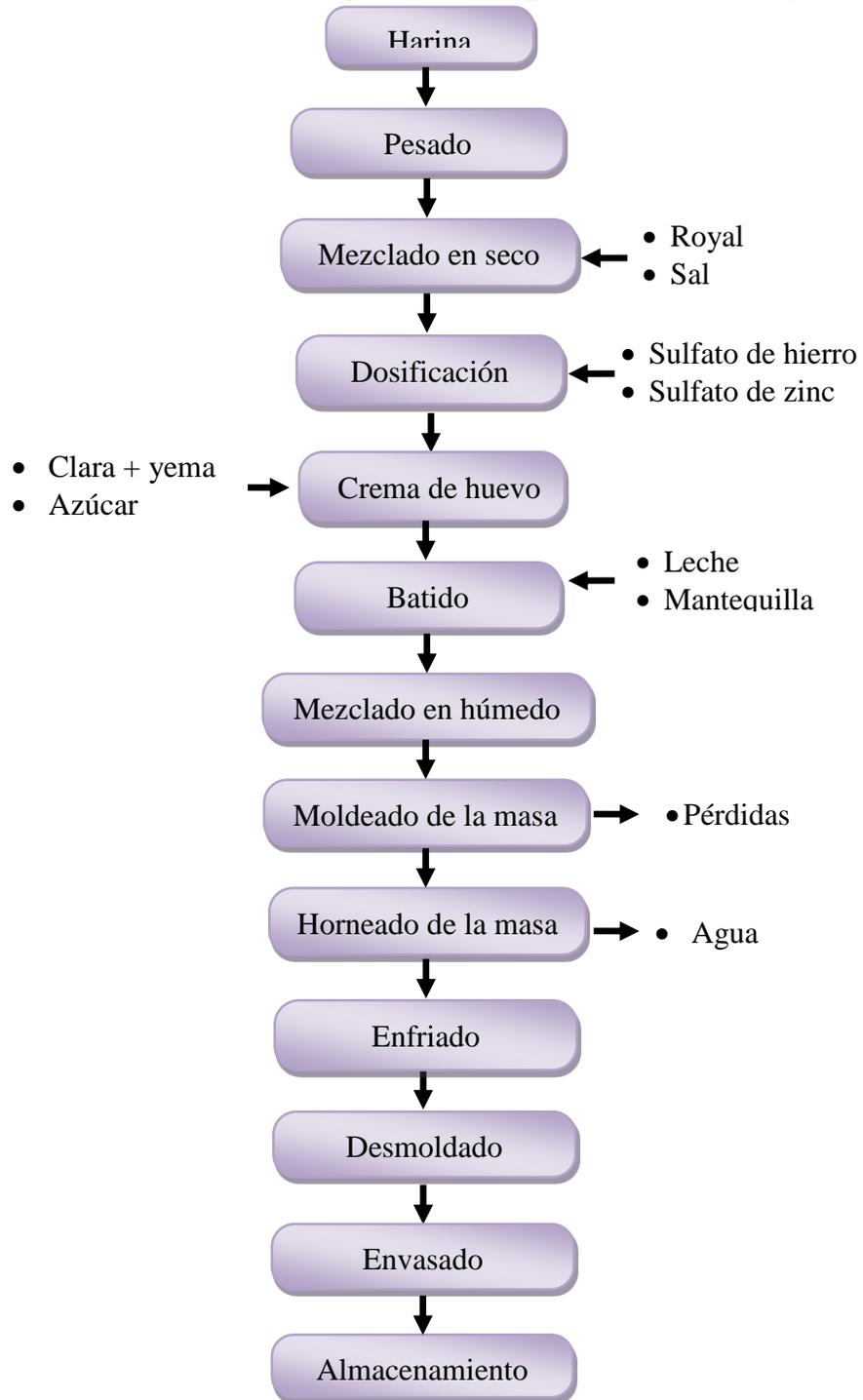
Ingredientes	Marca	Lugar
Mantequilla	Regia	Trinidad
Harina de trigo 0000	Blanca flor	Argentina
Leche	Ilolay	Argentina
Azúcar	Bermejo	Tarija
Huevos	Avícolas Tarija	Tarija
Polvo de hornear	Kris	La Paz
Sal	¡Qué saladita!	Tarija
Esencia de vainilla	Telchi	Tarija
Sulfato de hierro heptahidratado	Telchi	Santa Cruz
Sulfato de zinc heptahidratado	Telchi	Santa Cruz

Fuente: Elaboración propia

3.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE MAGDALENAS ENRIQUECIDAS CON HIERRO Y ZINC

En la figura 3.5, se muestra el diagrama modificado de bloques de la elaboración de magdalenas (Eroski, 2011) enriquecidas con hierro y zinc.

Figura 3.5
Proceso de elaboración magdalenas enriquecidas con hierro y zinc



Fuente: Elaboración propia

3.4.1 HARINA

La materia prima que se utilizó en el trabajo experimental es: harina trigo tipo 0000, la cual fue adquirida del Supermercado Urkupiña; en esta parte del proceso se verifica la calidad de la harina de forma objetiva y su fecha de vencimiento.

3.4.2 PESADO

El pesado, se realizó en una balanza analítica de precisión 0,01 g y con la ayuda de una cuchara se hizo el pesado de la materia prima y cada uno de los insumos en diferentes fuentes, previstas en la dosificación (figura 3.6).



3.4.2 MEZCLADO EN SECO

El mezclado en seco consiste en utilizar un bol de vidrio (figura 3.7); en el cual se adiciona manualmente los insumos en proporciones porcentuales:

- Harina (25-30 %)
- Royal (2,5 %)
- Sal (0,10 %)

Luego, con la ayuda de una espátula de



plástico, se mezclan todos los ingredientes por un tiempo entre (5-8) minutos, hasta lograr una mezcla homogénea.

3.4.3 DOSIFICACIÓN

El proceso de dosificación, consiste en agregar a la mezcla en seco los ingredientes alimenticios (sólidos) en proporciones porcentuales:

- Sulfato de hierro heptahidratado grado alimenticio (0,07-0,09 %)
- Sulfato de zinc heptahidratado grado alimenticio (0,04-0,06 %)

Seguidamente, se continúa el mezclado hasta lograr la incorporación de ambos ingredientes por un tiempo de 3 minutos y se deja en reposo hasta la preparación de la crema.

3.4.4 CREMA DE HUEVO

El batido de la crema de huevo, consiste en utilizar una batidora eléctrica manual y en una fuente de plástico se colocan dos claras de huevo y se bate hasta punto nieve (figura 3.8). Posteriormente, se agrega gradualmente 17,32 % de azúcar con el fin de dar consistencia; y se continúa el batido por un tiempo de 15 minutos. Por último, se adiciona las yemas de huevo y se bate la crema durante 5 minutos, hasta lograr obtener una crema homogénea y esponjosa



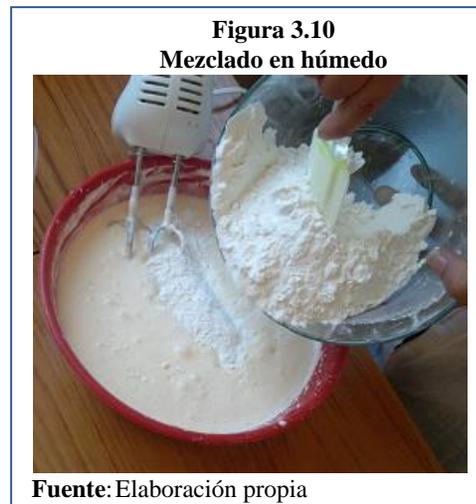
3.4.5 BATIDO DE LA CREMA

El batido de la crema, consiste en introducir la mantequilla vegetal en caliente (9,5-12) % a la crema de huevo (figura 3.9). Luego, se agrega entre (14-18) % de leche (líquida) para continuar batiendo hasta obtener una mezcla homogénea y líquida.



3.4.6 MEZCLADO EN HÚMEDO

El mezclado en húmedo, consiste en introducir la mezcla en seco en forma manual y con la ayuda de una espátula de plástico al recipiente que contiene el batido de crema (figura 3.10). Sin dejar de agitar la mezcla húmeda, hasta agotar la mezcla en seco y se continua batiendo por un tiempo de (15-20) minutos. Por último, se agrega la esencia de vainilla (5 ml) y se prosigue batiendo durante 5 minutos, hasta obtener una masa liviana y esponjosa.



3.4.7 MOLDEADO DE LA MASA

Para realizar el proceso de moldeado de la masa. Primero consiste, en colocar los moldes de aluminio para magdalenas sobre las bandejas de hornear; luego se cubren

estos moldes por dentro con papel manteca que tienen una capacidad aproximada de 50 g de masa.

Segundo, se carga la masa húmeda en una manga pastelera (capacidad 1 kg), con la ayuda de una espátula de plástico y por último; se procede a introducir la masa húmeda hasta $\frac{3}{4}$ del total de la capacidad del molde de papel. Dejando un espacio libre en los moldes (figura 3.11), con el fin de evitar el rebalse de la masa por efecto de cocimiento.



3.4.8 HORNEADO DE LA MASA

Para realizar el horneado, se procede a calentar previamente el horno industrial a GLP por un tiempo entre (35-40) minutos y ajustando la temperatura entre (180–200) °C.

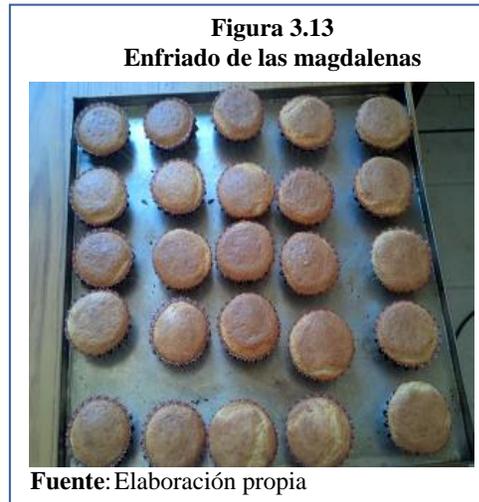
Una vez calentado del horno, se introduce la bandeja con los moldes que contienen la masa húmeda por un tiempo entre (15-20) minutos y se aumenta la temperatura del horno de 180 hasta 220 °C. Este proceso de



cocción (figura 3.12), tiene como finalidad eliminar el agua contenida en la masa por evaporación; hasta obtener un producto totalmente cocido de color dorado.

3.4.9 ENFRIADO Y DESMOLDADO

Una vez obtenido el producto del proceso en horneado, inmediatamente se retira la bandeja en caliente del horno y es llevada sobre la mesa de madera (figura 3.13) para su posterior enfriamiento a temperatura ambiente. Así de esta manera lograr el enfriado y exudación de las magdalenas para garantizar una mejor textura.



Posteriormente, se realiza el desmoldado manualmente y el cual consiste en retirar los moldes de papel manteca que contienen las magdalenas; de los moldes de aluminio, para ser llevados a una fuente de plástico (figura 3.14) y ser envasados.



3.4.10 ENVASADO

El proceso consiste en introducir manualmente las magdalenas previamente enfriadas en bolsas de polietileno y propileno ya preparadas las cuales tienen un tamaño de (15*20) cm y espesor de 90 micrones con el fin de proteger al alimento de la humedad y calor del medio ambiente; se las introducen de dos en dos (figura 3.15) para luego ser selladas con una maquina selladora eléctrica.



3.4.11 ALMACENAMIENTO

Ya envasadas las magdalenas en las bolsas, son introducidas en un caja de cartón mediano para luego ser llevadas a un estante de madera con el fin de ser almacenadas en un lugar aislado de la luz solar y a temperatura ambiente, por un tiempo determinado de dos semanas.

3.5 METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DE LOS RESULTADOS

La metodología utilizada para la obtención de resultados experimentales en el presente trabajo de investigación, se tomó en cuenta los siguientes aspectos:

3.5.1 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LA HARINA DE TRIGO 0000

El cuadro 3.7, se muestra el análisis fisicoquímico realizado en la harina de trigo 0000 en base a los parámetros, métodos y normas. Los cuales se realizaron en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID); dependiente de la UAJMS.

Cuadro 3.7
Análisis fisicoquímico de la harina de trigo 0000

Parámetros	Métodos	Normas
Humedad	Gravimetría	NB 074-74
Proteína total	Volumétrica	NB 076-74
Cenizas	Gravimetría	NB 075-74

Fuente: CEANID, 2013

3.5.2 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS EN LA MEZCLA HÚMEDA

El cuadro 3.8, se muestra en análisis fisicoquímico realizado en la masa de la mezcla húmeda para la elaboración de magdalenas enriquecidas con hierro y zinc. En base a los parámetros, métodos y normas. Los cuales se realizaron en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID); dependiente de la UAJMS y el Laboratorio de Aguas, Suelos, Alimentos y Análisis Ambiental (RIMH).

Cuadro 3.8
Análisis fisicoquímico de la masa en la mezcla húmeda

Parámetros	Métodos	Normas
Humedad	Gravimetría	NB 074-74
Proteína total	Volumétrica	NB 076-74
Cenizas	Gravimetría	NB 075-74
Carbohidratos	Cálculo	
Acidez Titulable	Potenciometría	SM 4500-H-B
Materia grasa	Gravimetría	NB 465-97
Fibra	Gravimetría	
Hierro*	Absorción atómica	SM 3500-FeB
Zinc*	Absorción atómica	SM 3500-Zn-B
Valor Energético	Cálculos	

Fuente: RIMH, 2013: * CEANID, 2013

3.5.3 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL PRODUCTO TERMINADO

El cuadro 3.9, se muestra el análisis fisicoquímico realizado en el producto terminado (magdalenas enriquecidas con hierro y zinc) en base a los parámetros, métodos y normas. Los cuales se realizaron en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID), dependiente de la UAJMS y el Laboratorio de Aguas, Suelos, Alimentos y Análisis Ambiental (RIMH).

Cuadro 3.9
Análisis fisicoquímico del producto terminado

Parámetros	Métodos	Normas
Humedad	Gravimetría	NB 074-74
Proteína total	Volumétrica	NB 076-74
Cenizas	Gravimetría	NB 075-74
Acides titulable	Potenciometría	SM 4500-H-B
Carbohidratos	Cálculo	
Materia grasa	Gravimetría	NB 465-97
Fibra	Gravimetría	
Hierro *	Absorción atómica	SM 3500-FeB
Zinc*	Absorción atómica	SM 3500-Zn-B
Valor Energético	Cálculo	

Fuente: RIMH, 2013; * CEANID, 2013

3.5.4 PROPIEDADES MICROBIOLÓGICAS DEL PRODUCTO TERMINADO

El cuadro 3.10, se muestra los análisis microbiológicos realizados en el producto terminado (magdalenas enriquecidas con hierro y zinc) en base a los parámetros, métodos y normas utilizados. Los cuales se realizaron en el Laboratorio de Aguas, Suelos, Alimentos y Análisis Ambiental (RIMH).

Cuadro 3.10
Análisis microbiológicos del producto terminado

Parámetros	Métodos	Normas
Coliformes totales	NMP/g	NB 32005
Coliformes fecales	NMP/g	NB 32005
Mohos y Levaduras	Recuento en placa	NB 32006

Fuente: RIMH, 2013

3.6 EVALUACIÓN SENSORIAL DE ALIMENTOS

El análisis sensorial es una disciplina muy útil para conocer las propiedades organolépticas de los alimentos, así como de productos de la industria farmacéutica, cosméticos, etc., por medio de los sentidos (Enciso, 2012).

Se define la evaluación sensorial como “la disciplina científica utilizada para evocar, medir analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias, que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído” (Hernández, 2005).

Otro concepto que se le da a la evaluación sensorial, es la caracterización y análisis de aceptación o rechazo de un alimento por parte del catador o consumidor, de acuerdo a las sensaciones experimentadas desde el mismo momento que lo observa y después que lo consume. Es necesario tener en cuenta que esas percepciones dependen del individuo del espacio y tiempo principalmente (Hernández, 2005).

3.6.1 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA LA SELECCIÓN DEL PROTOTIPO DE MAGDALENAS

Para la selección del prototipo de magdalenas, se realizó una evaluación sensorial en escala hedónica; utilizando un test (Anexo B) y compuesta por 28 jueces no entrenados para determinar los atributos de color, sabor, aroma, textura y apariencia.

3.6.2 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA LA SELECCIÓN FINAL DEL PROTOTIPO DE MAGDALENAS

Para la selección final del prototipo de magdalenas, se realizó una evaluación sensorial en escala hedónica; utilizando un test (Anexo B) y compuesta por 24 jueces no entrenados para determinar los atributos de sabor y aroma.

3.6.3 EVALUACIÓN SENSORIAL EN EL PROCESO DE DOSIFICACIÓN

Para determinar las condiciones de dosificación en proceso de la mezcla húmeda, se realizó una evaluación sensorial en escala hedónica; utilizando un test (Anexo B) y compuesta por 25 jueces no entrenados para determinar los atributos de color, sabor, aroma, textura y apariencia.

3.6.4 EVALUACIÓN SENSORIAL EN EL PROCESO DE HORNEADO

Para determinar las condiciones de horneado en proceso de horneado, se realizó una evaluación sensorial en escala hedónica; utilizando un test (Anexo B) y compuesta por 23 jueces no entrenados para determinar los atributos de color, textura y apariencia.

3.7 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño de experimentos hace referencia a una serie de técnicas estadísticas de investigación que permiten establecer diferencias o relaciones entre las variables de un problema a través de métodos científicos, buscando comprobar o rechazar hipótesis para la toma de decisiones (Cordero, 2010).

3.7.1 DISEÑO FACTORIAL

Diseño factorial, es 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 permita tomar acciones y decisiones que mejoren el desempeño del proceso (Flores, 2011).

Uno de los objetivos particulares más importantes que en general tiene un diseño factorial, es determinar una combinación de niveles de los factores en la cual el

desempeño del proceso sea mejor que en las condiciones de operación actuales, es decir, encontrar nuevas condiciones de operación que eliminen o disminuyan cierto problema de calidad en la variable de salida. Los factores pueden ser de tipo cualitativo (maquinas, tipo de material, operador, presencia o ausencia de una operación previa, etc.) o de tipo cuantitativo (temperatura, humedad, velocidad, presión, etc.) (Flores, 2011).

Existen varios casos especiales del diseño factorial general que resultan importantes porque. Se usan ampliamente en el trabajo de investigación, y porque constituyen la base para otros diseños de gran valor práctico (Ferré, 2013).

El más importante de estos casos especiales ocurre cuando se tienen k factores, cada uno con dos niveles. Estos niveles pueden ser cuantitativos como sería el caso de dos valores de temperatura presión o tiempo. También pueden ser cualitativos como sería el caso de dos máquinas, dos operadores, los niveles "superior" e "inferior" de un factor, o quizás, la ausencia o presencia de un factor (Ferré, 2013).

Una réplica completa de tal diseño requiere que se recopilen $2 \times 2 \times \dots \times 2 = 2^k$ observaciones y se conoce como diseño general 2^k (Ferré, 2013). El diseño factorial utilizada en el trabajo experimental, se muestra en la ecuación 3.1.

$$2^k \quad (\text{Ecuación. 3.1})$$

Donde

2 = número de niveles

k = número de variables

3.7.2 DISEÑO FACTORIAL EN EL PROCESO DE DOSIFICACIÓN DE MAGDALENAS

En el cuadro 3.11, se muestra el diseño factorial de la matriz de las variables (harina, leche y mantequilla) para el proceso de dosificación de magdalenas. Se utilizó el diseño factorial de 2^3 , según la ecuación 3.1

Cuadro 3.11

Diseño factorial de las variables para el proceso de dosificación de magdalenas

Corridas	Combinación de tratamientos	Variables			Interacciones				Total
		H	M	L	H-M	H-L	M-L	H-M-L	
1	(1)	-	-	-	+	+	+	-	Y ₁
2	H	+	-	-	-	-	+	+	Y ₂
3	M	-	+	-	-	+	-	+	Y ₃
4	H-M	+	+	-	+	-	-	-	Y ₄
5	L	-	-	+	+	-	-	+	Y ₅
6	H-L	+	-	+	-	+	-	-	Y ₆
7	M-L	-	+	+	-	-	+	-	Y ₇
8	H-M-L	+	+	+	+	+	+	+	Y ₈

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

H = Porcentaje de Harina

M = Porcentaje de Mantequilla

L = Porcentaje de Leche

La variable respuesta a ser medida será: el contenido de humedad del producto. En el cuadro 3.12, se muestran los niveles de variación de las variables en el proceso de dosificación de las magdalenas.

Cuadro 3.12
Niveles de variación en el proceso de dosificación

Factores	Nivel Inferior (%)	Nivel Superior (%)
Harina	25(-)	35 (+)
Mantequilla	7 (-)	12 (+)
Leche	14,5 (-)	19,5 (+)

Fuente: Elaboración propia

3.7.3 DISEÑO FACTORIAL EN EL PROCESO DE HORNEADO

En el cuadro 3.13, se muestra el diseño factorial de la matriz de las variables (temperatura y tiempo) para el proceso de horneado de magdalenas. Se utilizó el diseño factorial de 2^2 , según la ecuación 3.1.

Cuadro 3.13
Diseño factorial de la matriz de variables para el proceso de horneado

Corridas	Combinación de tratamientos	Variables		Interacciones	Total
		T	t	T-t	
1	(1)	-	-	+	Y ₁
2	T	+	-	-	Y ₂
3	t	-	+	-	Y ₃
4	T-t	+	+	+	Y ₄

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

T: Temperatura de horneado (°C)

t: tiempo de horneado (min.)

La variable respuesta a ser medida será: el contenido de humedad del producto. En el cuadro 3.14, se muestra los niveles de variación de las variables en el proceso de horneado de magdalenas.

Cuadro 3.14
Niveles de variación en el proceso de horneado

Factores	Nivel Inferior (%)	Nivel Superior (%)
Temperatura	200 (-)	220 (+)
Tiempo	15 (-)	20 (+)

Fuente: Elaboración propia

4.1 CARACTERÍSTICAS DE LA MATERIA PRIMA

Las características de la materia prima, se realizaron tomando en cuenta las propiedades fisicoquímicas de la harina de trigo 0000.

4.1.1 ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE LA HARINA DE TRIGO 0000

Los resultados del análisis fisicoquímico de la harina de trigo 0000, se muestra en la tabla 4.1. El mismo que se realizó en 100 g de muestra (Anexo A) en el CEANID; dependiente de la Universidad Juan Misael Saracho.

Tabla 4.1
Análisis fisicoquímico de la harina 0000

Parámetros	Valor	Unidad
Humedad	11,86	%
Proteína total	9,30	%
Cenizas	3,09	%

Fuente: CEANID, 2013

Como se puede observar en el cuadro 4.1, los resultados obtenidos de las propiedades fisicoquímicas de la harina de trigo tipo 0000; presenta un contenido de humedad de 11,86 %, proteínas total 9,30 % y cenizas del 3,09 %.

4.1.2 ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE LA MEZCLA HÚMEDA

En la tabla 4.2 se muestra los resultados obtenidos de la composición fisicoquímico de la mezcla húmeda que se obtuvo durante el proceso de elaboración de magdalenas enriquecidas con hierro y zinc, dicho análisis se realizó en 100 g de muestra (Anexo A) en el Laboratorio de Aguas, Suelos, Alimentos y Análisis Ambiental (RIMH); y el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID); dependiente de UAJMS.

Tabla 4.2
Análisis fisicoquímico de la mezcla húmeda

Parámetros	Valor	Unidad
Humedad	%	39,95
Proteína total	%	15,19
Cenizas	%	3,68
Carbohidratos	%	10,69
Acidez titulable	%	0,08
Materia grasa	%	28,69
Fibra	%	1,80
Hierro *	mg/100g	7,23
Zinc *	mg/100g	7,23
Valor energético	Cal/100g	361,75

Fuente: RIMH, 2013: * CEANID, 2013

Como se puede observar en el cuadro 4.2, los resultados obtenidos de las propiedades fisicoquímicas de la mezcla húmeda, presenta un contenido de humedad del 39,95 %, proteína total 15,19 %, cenizas 3,68 %, carbohidratos 10,69 %, acidez titulable 0,08%, materia grasa 28,69 %, fibra del 1,80 %, hierro 7,23 mg/100g, zinc 7,23 mg/100g y valor energético de 361,75 Cal/100g.

4.2 CARACTERIZACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA LA ELABORACIÓN DE MAGDALENAS

Para realizar la selección de un prototipo, consistió en tomar en cuenta dos tipos de muestras (M4 y M1) de la panadería “Palacio de las Masas” y “Las Delicias” del mercado local de la ciudad de Tarija, que elaboran este tipo de producto y cuya codificación, es la siguiente:

- ✓ Muestra M1 = Magdalenas del Palacio de las Masas
- ✓ Muestra M4 = Magdalenas de Las Delicias

Así mismo, se decidió elaborar dos muestras de magdalenas a nivel experimental con receta a producto terminado M2 (Quiros, 2010) y M3 (Pérez, 2010); y cuya codificación, es la siguiente:

- ✓ Muestra M2 = Magdalenas con esencia de vainilla
- ✓ Muestra M3 = Magdalenas con esencia y ralladura de limón

Para tal efecto, se procedió a la realizar una evaluación sensorial; mediante un test de escala hedónica de nueve puntos. Para lo cual, se utilizó 28 jueces no entrenados quienes calificaron los atributos de color, sabor, aroma, textura y apariencia.

4.2.1 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO COLOR PARA LA SELECCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MAGDALENA

En la tabla 4.3, se muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial del atributo color en escala hedónica para la selección del prototipo de magdalena; obtenidas de la tabla C-1.1 (Anexo C-1).

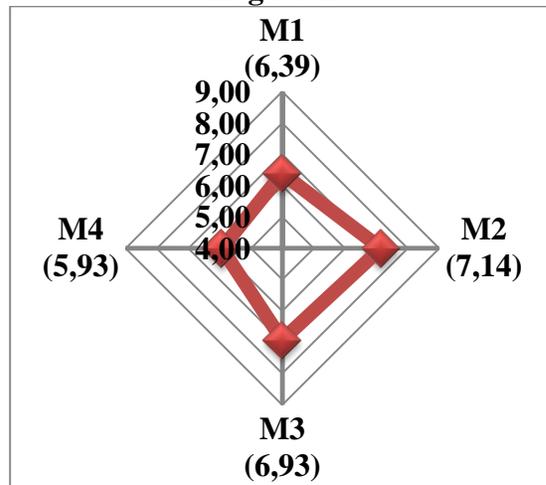
Tabla 4.3
Resultados del atributo color para la selección del prototipo de magdalena

Jueces	Muestras (Escala hedónica)			
	M1	M2	M3	M4
1	5	8	9	5
2	7	8	8	5
3	6	8	4	6
4	6	8	6	5
5	7	9	8	4
6	8	9	7	6
7	6	8	7	6
8	8	9	9	7
9	6	8	5	4
10	6	8	8	6
11	7	6	8	2
12	6	6	7	6
13	6	8	7	6
14	8	6	8	7
15	6	7	8	6
16	6	5	5	6
17	6	7	7	6
18	5	8	9	6
19	6	8	8	8
20	5	8	7	6
21	2	5	5	2
22	6	9	8	7
23	8	7	6	7
24	8	5	5	5
25	9	5	4	6
26	8	5	6	9
27	6	7	7	9
28	6	5	8	8
Promedio	6,39	7,14	6,93	5,93

Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 4.1, se muestran los valores promedios (tabla 4.3) de la evaluación sensorial realizada para el atributo color en la selección del prototipo de magdalena.

Gráfica 4.1
Valores promedios del atributo color para la selección del prototipo de magdalenas



Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 4.1, se observa que la muestra M2 es la que tiene el puntaje promedio más alto por los jueces con 7,14; mientras M3 (6,93), M1 (6,39) y M4 (5,93), que son menores en escala hedónica.

4.2.1.1 PRUEBA DE DUNCAN DEL ATRIBUTO COLOR PARA LA SELECCIÓN DEL PROTOTIPO DE MAGDALENA

En la tabla 4.4, se observa el análisis de la prueba de Duncan para el atributo color en la selección del prototipo de magdalena que fueron extraídos de la tabla C-1.6 (Anexo C-1).

Tabla 4.4
Prueba de Duncan del atributo color para la selección del prototipo de magdalena

Tratamientos	Análisis de los valores	Significancia
M2 – M3	0,21 < 0,942	No hay diferencia significativa
M2 – M1	0,75 < 0,980	No hay diferencia significativa
M2 – M4	1,21 > 1,008	Si hay diferencia significativa
M3 – M1	0,54 < 0,942	No hay diferencia significativa
M3 – M4	1,00 > 0,980	Si hay diferencia significativa
M1 – M4	0,46 < 1,008	No hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar en la tabla 4.4, existen diferencias entre los tratamientos M2–M4, M3–M4; que son significativas. Sin embargo, para los tratamientos M2-M3, M2–M1, M3–M1 y M1–M4 no existe diferencias significativas, para un límite de confianza del 99 %. Pero analizando la preferencia de los jueces, por la muestras M2 (7,14) y M3 (6,93) de mayor puntaje en escala hedónica, como la mejor opción.

4.2.2 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO AROMA PARA LA SELECCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MAGDALENA

En la tabla 4.5, se muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial del atributo aroma en escala hedónica para la selección del prototipo de magdalena; obtenidas de la tabla C-1.7 (Anexo C-1).

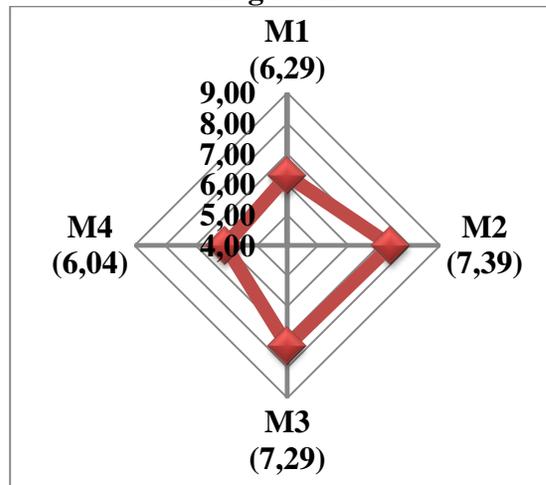
Tabla 4.5
Resultados del atributo aroma para la selección del prototipo de magdalena

Jueces	Muestras (Escala hedónica)			
	M1	M2	M3	M4
1	8	8	6	5
2	7	8	8	5
3	6	8	4	8
4	7	9	7	5
5	6	9	7	5
6	5	8	7	6
7	5	6	7	5
8	7	9	8	7
9	4	8	7	6
10	6	7	9	8
11	6	8	7	7
12	7	8	8	6
13	7	7	8	6
14	7	7	8	5
15	7	6	8	6
16	5	6	8	5
17	6	7	8	6
18	6	8	8	7
19	7	9	8	3
20	7	8	8	7
21	3	7	7	5
22	7	8	9	6
23	6	5	6	8
24	7	8	7	5
25	9	5	5	6
26	5	5	8	8
27	7	8	8	8
28	6	7	5	5
Promedio	6,29	7,39	7,29	6,04

Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 4.2, se muestran los valores promedios (tabla 4.5) de la evaluación sensorial realizada para el atributo aroma en la selección del prototipo de magdalena.

Gráfica 4.2
Valores promedios del atributo aroma para la selección del prototipo de magdalenas



Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 4.2, se observa que la muestra M2 es la que tiene puntaje promedio más alto por los jueces con 7,39; mientras M3 (7,29), M1 (6,29) y M4 (6,04), que son menores en escala hedónica.

4.2.2.1 PRUEBA DE DUNCAN DEL ATRIBUTO AROMA PARA SELECCIÓN DEL PROTOTIPO DE MAGDALENA

En la tabla 4.6, se observa el análisis de la prueba de Duncan para el atributo aroma en la selección del prototipo de magdalena que fueron extraídos de la tabla C-1.12 (Anexo C-1).

Tabla 4.6
Prueba de Duncan del atributo aroma para la selección del prototipo de magdalena

Tratamientos	Análisis de los valores	Efectos
M2 - M3	0,107 < 0,848	No hay diferencia significativa
M2 - M1	1,107 > 0,883	Si hay diferencia significativa
M2 - M4	1,357 > 0,908	Si hay diferencia significativa
M3 - M1	1,000 > 0,848	Si hay diferencia significativa
M3 - M4	1,250 > 0,883	Si hay diferencia significativa
M1 - M4	0,250 < 0,908	No hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar en la tabla 4.6, existen diferencias entre los tratamientos M2–M3, M2–M4, M3–M1, M3–M4; que son significativos. Sin embargo, para los tratamientos M2-M3 y M1–M4 no existe diferencia significativa, para un límite de confianza del 99 %. Pero analizando la preferencia de los jueces, por las muestras M2 (7,39) y M3 (7,29) de mayor puntaje en escala hedónica, como la mejor opción.

4.2.3 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO SABOR PARA LA SELECCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MAGDALENA

En la tabla 4.7, se muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial del atributo sabor en escala hedónica para la selección del prototipo de magdalena; obtenidas de la tabla C-1.13 (Anexo C-1).

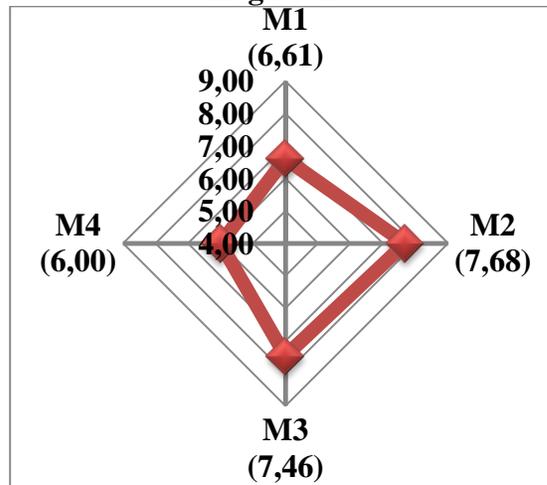
Tabla 4.7
Resultados del atributo sabor para la selección del prototipo de magdalena

Jueces	Muestras (Escala hedónica)			
	M1	M2	M3	M4
1	8	9	6	5
2	6	8	8	5
3	6	8	4	6
4	7	9	6	5
5	7	9	8	4
6	9	9	7	6
7	6	7	8	7
8	7	9	8	7
9	4	8	8	4
10	8	7	9	7
11	5	8	8	7
12	6	7	6	6
13	6	8	8	7
14	8	6	9	5
15	8	7	8	6
16	6	8	8	6
17	6	6	8	6
18	5	9	8	7
19	8	9	8	5
20	6	8	8	7
21	3	7	7	6
22	7	8	9	6
23	6	7	7	6
24	7	8	8	4
25	9	6	6	6
26	7	5	8	8
27	8	7	8	7
28	6	8	5	7
Promedio	6,61	7,68	7,46	6,00

Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 4.3, se muestran los valores promedios (tabla 4.7) de la evaluación sensorial realizada para el atributo sabor en la selección del prototipo de magdalena.

Gráfica 4.3
Valores promedios del atributo sabor para la selección del prototipo de magdalenas



Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 4.3, se observa que la muestra M2 es la que tiene el puntaje promedio más alto por los jueces con 7,68; mientras M3 (7,46), M1 (6,61) y M4 (6,00), que son menores en escala hedónica.

4.2.3.1 PRUEBA DE DUNCAN DEL ATRIBUTO SABOR PARA LA SELECCIÓN DEL PROTOTIPO DE MAGDALENA

En la tabla 4.8, se observa el análisis de la prueba de Duncan para el atributo sabor en la selección del prototipo de magdalena que fueron extraídos de la tabla C-1.18 (Anexo C-1).

Tabla 4.8
Prueba de Duncan del atributo sabor para la selección del prototipo de magdalena

Tratamientos	Análisis de los valores	Efectos
M2 - M3	0,214 < 0,553	No hay diferencia significativa
M2 - M1	1,071 > 0,575	Si hay diferencia significativa
M2 - M4	1,679 > 0,592	Si hay diferencia significativa
M3 - M1	0,857 > 0,553	Si hay diferencia significativa
M3 - M4	1,464 > 0,575	Si hay diferencia significativa
M1 - M4	0,607 > 0,592	Si hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar en la tabla 4.8, existen diferencias entre los tratamientos M2–M4, M3–M1, M3–M4 y M1–M4, que son significativas. Sin embargo, para los tratamientos M2-M3 no existe diferencias significativas, para un límite de confianza del 99 %. Pero analizando la preferencia de los jueces, por las muestras M2 (7,68) y M3 (7,46) de mayor puntaje en escala hedónica, como la mejor opción.

4.2.4 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO TEXTURA PARA LA SELECCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MAGDALENA

En la tabla 4.9, se muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial del atributo textura en escala hedónica para la selección del prototipo de magdalena; obtenidas de la tabla C-1.19 (Anexo C-1).

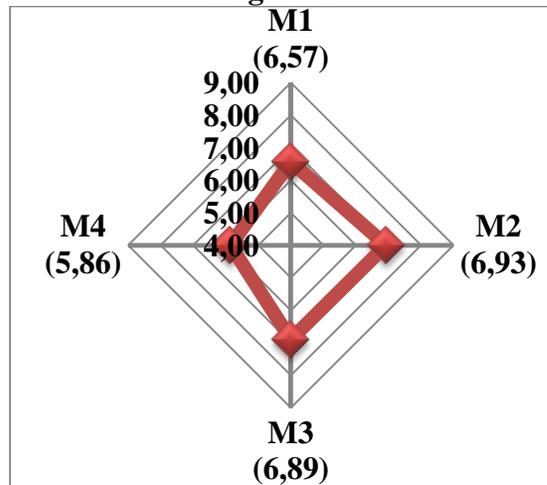
Tabla 4.9
Resultados del atributo textura para la selección del prototipo de magdalena

Jueces	Muestras (Escala hedónica)			
	M1	M2	M3	M4
1	8	7	6	9
2	8	8	7	7
3	6	8	4	6
4	6	8	7	6
5	7	9	8	4
6	6	9	7	6
7	6	8	7	6
8	6	9	8	6
9	5	8	6	4
10	7	8	8	7
11	4	8	7	4
12	7	6	7	6
13	5	7	8	7
14	7	5	8	5
15	6	7	8	5
16	6	7	6	5
17	8	6	6	7
18	7	8	8	7
19	8	8	9	3
20	6	8	8	6
21	3	3	5	3
22	7	8	8	6
23	9	5	8	5
24	6	5	4	4
25	9	3	4	8
26	8	5	6	8
27	8	6	7	8
28	5	7	8	6
Promedio	6,57	6,93	6,89	5,86

Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 4.4, se muestran los valores promedios (tabla 4.9) de la evaluación sensorial realizada para atributo textura en la selección del prototipo de magdalena.

Gráfica 4.4
Valores promedios del atributo textura para la selección del prototipo de magdalenas



Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 4.4, se observa que la muestra M2 es la que tiene el puntaje promedio más alto por los jueces con 6,93; mientras M3 (6,89), M1 (6,87) y M4 (5,86), que son menores en escala hedónica.

4.2.4.1 PRUEBA ESTADÍSTICA DEL ATRIBUTO TEXTURA PARA LA SELECCIÓN DEL PROTOTIPO DE MAGDALENA

En la tabla 4.10, se observa el análisis de varianza de las muestras para el atributo textura en la selección del prototipo de magdalena que fueron extraídas de la tabla C-1.21 (Anexo C-1).

Tabla 4.10
Análisis de varianza del tributo textura para la selección del prototipo de magdalena

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab
Total	263,563	111			
Muestras	20,741	3	6,914	3,652	4,60
Jueces	83,813	27	3,104	1,640	4,05
Error	159,009	81	1,893		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.10, se observa el análisis de varianza para las muestras del atributo textura en la selección del prototipo de magdalena, donde $F_{cal} < F_{tab}$ ($3,652 < 4,60$) para los tratamientos. Por lo tanto, no existe diferencia significativa y se acepta la hipótesis planteada para una $p < 0,01$. Pero analizando la preferencia de los jueces, por las muestras M2 (6,93) y M3 (6,89) de mayor puntaje promedio en escala hedónica, como la mejor opción.

4.2.5 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO APARIENCIA PARA LA SELECCIÓN DEL PROTOTIPO DE MAGDALENA

En la tabla 4.11, se muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial del atributo apariencia en escala hedónica para la selección del prototipo de magdalena; obtenidas de la tabla C-1.22 (Anexo C-1).

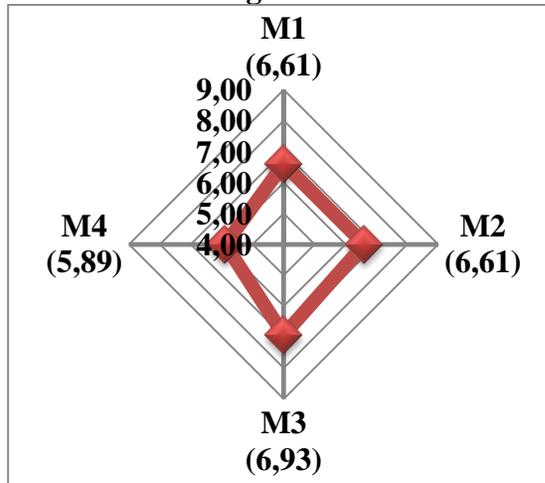
Tabla 4.11
Resultados del atributo apariencia para la selección del prototipo de magdalena

Jueces	Muestras (Escala hedónica)			
	M1	M2	M3	M4
1	5	4	6	9
2	6	7	7	7
3	9	5	4	6
4	9	3	7	6
5	8	4	8	4
6	8	5	7	6
7	7	9	7	6
8	3	5	8	6
9	6	8	6	4
10	9	8	8	7
11	6	8	7	4
12	6	6	7	6
13	4	5	8	7
14	6	7	8	5
15	7	5	9	6
16	7	7	6	5
17	7	6	6	7
18	6	7	8	7
19	7	6	9	3
20	5	8	8	6
21	8	9	5	3
22	5	8	8	6
23	9	9	8	5
24	7	9	4	4
25	6	9	4	8
26	6	8	6	8
27	7	5	7	8
28	6	5	8	6
Promedio	6,61	6,61	6,93	5,89

Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 4.5, se muestran los valores promedios (tabla 4.11) de la evaluación sensorial realizada para el atributo apariencia en la selección del prototipo de magdalena.

Gráfica 4.5
Valores promedios del atributo apariencia para la selección del prototipo de magdalenas



Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 4.5, se observa que la muestra M3 tienen el puntaje promedio más alto por los jueces con 6,93; muestras M2 (6,61), M3 (6,61) y M4 (5,89), que son menores en escala hedónica.

4.2.5.1 PRUEBA ESTADÍSTICA DEL ATRIBUTO APARIENCIA PARA LA SELECCIÓN DEL PROTOTIPO DE MAGDALENA

En la tabla 4.12, se observa el análisis de varianza de las muestras para el atributo apariencia en la selección del prototipo de magdalena que fueron extraídos de la tabla C-1.24 (Anexo C-1).

Tabla 4.12
Análisis de varianza del tributo apariencia para la selección del prototipo de magdalena

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados Medios (CM)	Fcal	Ftab
Total	279,991	111			
Tratamiento	16,098	3	5,366	1,950	4,60
Jueces	32,741	27	1,213	0,441	4,05
Error	231,152	81	2,752		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.12, se observa el análisis de varianza para las muestras del atributo apariencia en la selección del prototipo de magdalena, donde $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,950 < 4,60$) para los tratamientos. Por lo tanto, no existe diferencia significativa y se acepta la hipótesis planteada para un $p < 0,01$. Pero analizando la preferencia de los jueces, por las muestras M3 (6,93) y M2 (6,61) de mayor puntaje en escala hedónica, como la mejor opción.

Analizando los resultados obtenidos para los atributos apariencia y textura, se pudo observar que no existe significancia estadística; pero no así para los atributos color, sabor y aroma; ya que existe diferencia estadística significativa para $p < 0,01$. Por lo tanto, se decidió tomar en cuenta la preferencia de los jueces por las muestras M2 (con esencia de vainilla) y M3 (con esencia de limón) como la mejor opción. Sin embargo, se observó que algunos jueces percibieron un intenso sabor a limón en la muestra M3.

4.3 CARACTERIZACIÓN PARA LA SELECCIÓN FINAL DEL PROTOTIPO DE MAGDALENA

Para la selección final del prototipo de magdalena a nivel experimental, se decidió tomar en cuenta las muestras M2 (con esencia de vainilla) y M3 (sin ralladura de limón) e incorporando una nueva muestra N1 (Marull, 2013) sin esencia y con receta a producto terminado. Cuya nueva codificación, es la siguiente:

- ✓ Muestra N1 = Magdalenas sin esencia
- ✓ Muestra N2 = Magdalenas con esencia de vainilla (M2)
- ✓ Muestra N3 = Magdalenas con esencia de limón (M3)

Para tal efecto, se procedió a realizar una evaluación sensorial; a través de un test de escala hedónica de nueve puntos. Para lo cual, se utilizó 24 jueces no entrenados quienes calificaron los atributos sabor y aroma.

4.3.1 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO SABOR PARA LA SELECCIÓN FINAL DEL PROTOTIPO DE MAGDALENA

En la tabla 4.13, se muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial del atributo sabor en escala hedónica para la selección final del prototipo de magdalena; obtenidas de la tabla C-2.1 (Anexo C-2).

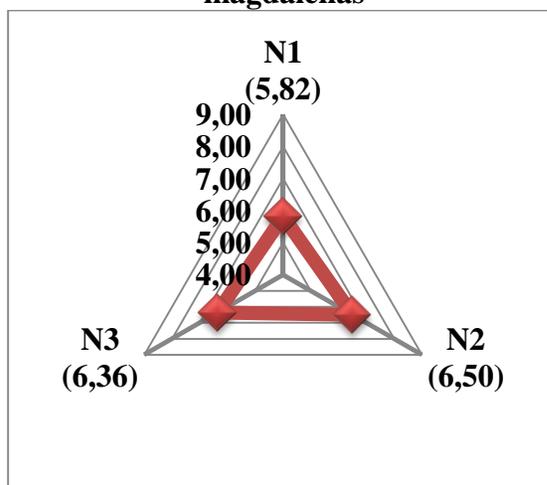
Tabla 4.13
Resultados del atributo sabor para la selección final del prototipo de magdalena

Jueces	Muestras (Escala hedónica)		
	N1	N2	N3
1	8	7	8
2	7	7	7
3	6	7	5
4	6	7	6
5	6	7	7
6	8	7	9
7	6	7	8
8	6	8	7
9	8	8	8
10	6	6	6
11	8	7	8
12	5	8	4
13	8	6	8
14	6	8	9
15	6	8	7
16	6	8	7
17	7	8	9
18	9	9	8
19	7	9	7
20	7	9	9
21	7	8	8
22	6	8	6
23	7	7	8
24	7	8	9
Promedio	5,82	6,50	6,36

Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 4.6, se muestran los valores promedios (tabla 4.13) de la evaluación sensorial realizada para el atributo sabor en la selección final del prototipo de magdalena.

Gráfica 4.6
Valores promedios del atributo sabor para la selección final del prototipo de magdalenas



Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 4.6, se observa que la muestra N2 es la que tiene el puntaje promedio más alto según los jueces con 6,50; mientras N3 (6,36) y N1 (5,82) que son menores en escala hedónica.

4.3.1.1 PRUEBA ESTADÍSTICA DEL ATRIBUTO SABOR PARA LA SELECCIÓN FINAL DEL PROTOTIPO DE MAGDALENA

En la tabla 4.14, se observa el análisis de varianza de las muestras para el atributo sabor en la selección final del prototipo de magdalena que fue extraído de la tabla C-2.3 (Anexo C-2).

Tabla 4.14
Análisis de varianza del tributo sabor para la selección final del prototipo de magdalena

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab
Total	85,986	71			
Tratamiento	8,361	2	4,181	5,527	5,66
Jueces	41,319	23	1,796	2,375	5,17
Error	36,306	46	0,756		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.14, se observan en análisis de varianza para las muestras del atributo sabor en la selección final del prototipo de magdalena, donde $F_{cal} < F_{tab}$ ($5,527 < 5,66$) para los tratamientos. Por lo tanto, no existe diferencia significativa y se acepta la hipótesis planteada para un $p < 0,01$. Pero analizando la preferencia de los jueces, por la muestra N2 con (6,50) de mayor puntaje promedio en escala hedónica, como la mejor opción.

4.3.2 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO AROMA PARA LA SELECCIÓN FINAL DEL PROTOTIPO DE MAGDALENA

En la tabla 4.15, se muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial del atributo aroma en escala hedónica para la selección final del prototipo de magdalena; obtenidas de la tabla C-2.4 (Anexo C-2).

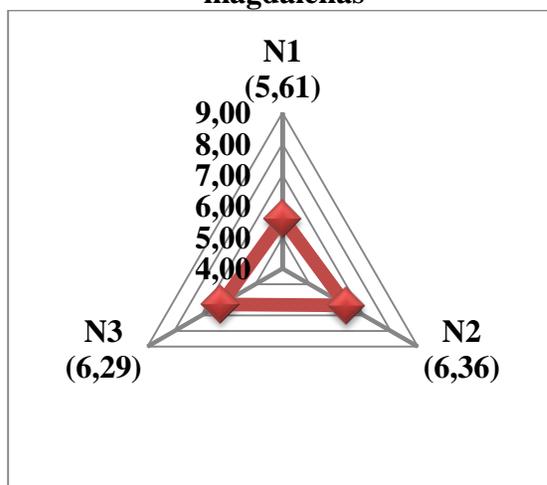
Tabla 4.15
Resultados del atributo aroma para la selección final del prototipo de magdalena

Jueces	Muestras (Escala hedónica)		
	N1	N2	N3
1	6	8	9
2	6	8	8
3	7	9	8
4	7	8	6
5	9	9	8
6	8	7	7
7	7	7	9
8	7	7	7
9	5	6	8
10	5	6	8
11	7	8	8
12	6	5	8
13	5	7	4
14	7	7	8
15	6	8	8
16	6	8	7
17	6	8	6
18	7	7	8
19	8	8	8
20	8	7	8
21	6	7	4
22	4	6	8
23	7	8	6
24	7	7	9
Promedio	5,61	6,36	6,29

Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 4.7, se muestran los valores promedios (tabla 4.15) de la evaluación sensorial realizada para el atributo sabor en la selección final del prototipo de magdalena.

Gráfica 4.7
Valores promedios del atributo aroma para la selección final del prototipo de magdalenas



Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 4.7, se observa que la muestra N2 es la que tiene el puntaje promedio más alto por los jueces con 6,36; mientras N3 (6,29) y N1 (5,61) que son menores en escala hedónica.

4.3.2.1 PRUEBA ESTADÍSTICA DEL ATRIBUTO AROMA PARA LA SELECCIÓN FINAL DEL PROTOTIPO DE MAGDALENA

En la tabla 4.16, se observa el análisis de varianza de las muestras para el atributo aroma en la selección final del prototipo de magdalena que fue extraído de la tabla C-2.6 (Anexo C-2).

Tabla 4.16
Análisis de varianza del tributo aroma para la selección final del prototipo de magdalena

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab
Total	104,319	71			
Tratamiento	11,194	2	5,597	5,358	5,66
Jueces	42,986	23	1,869	1,789	5,17
Error	50,139	46	1,045		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.16, se observa el análisis de varianza para las muestras del atributo aroma en la selección final del prototipo de magdalena, donde $F_{cal} < F_{tab}$ ($5.358 < 5,66$) para los tratamientos. Por lo tanto, no existe diferencia significativa y se acepta la hipótesis planteada para un $p < 0,01$. Pero analizando la preferencia de los jueces, por la muestra N2 con (6,27) de mayor puntaje promedio en escala hedónica, como la mejor opción.

Analizando los resultados obtenidos para los atributos sabor y aroma, se pudo observar que no existe significancia estadística para $p < 0,01$ y cualquiera de las muestras pueden ser elegida al azar. Por lo tanto, se decidió tomar en cuenta la preferencia de los jueces por la muestra N2 (con esencia de vainilla) como la mejor opción para realizar la dosificación porcentual en las magdalenas.

4.4 CARACTERIZACIÓN DE LAS VARIABLES DEL DISEÑO EXPERIMENTAL EN EL PROCESO DE DOSIFICACIÓN DE MAGDALENA

Una vez seleccionada el prototipo de magdalena (N2), se procedió a realizar el diseño experimental en la dosificación porcentual en las magdalenas. El cual consistió en elaborar ocho muestras a nivel experimental, donde se hizo variar composición en porcentaje de harina, leche y mantequilla para la muestra N2. Cuya nueva codificación, se muestra a continuación:

- ✓ Muestra P1: 25% de harina, 7% de mantequilla y 14,5% de leche.
- ✓ Muestra P2: 35% de harina, 7% de mantequilla y 14,5% de leche.
- ✓ Muestra P3: 25% de harina, 12% de mantequilla y 14,5% de leche.
- ✓ Muestra P4: 35% de harina, 12% de mantequilla y 14,5% de leche.
- ✓ Muestra P5: 25% de harina, 7% de mantequilla y 19,5% de leche.
- ✓ Muestra P6: 35% de harina, 7% de mantequilla y 19,5% de leche.
- ✓ Muestra P7: 25% de harina, 12% de mantequilla y 19,5% de leche.
- ✓ Muestra P8: 35% de harina, 12% de mantequilla y 19,5% de leche.

En tal situación, se procedió a realizar una evaluación sensorial; mediante un test de escala hedónica de nueve puntos. Utilizando 25 jueces no entrenados, quienes calificaron los atributos de color, sabor, aroma, textura y apariencia.

4.4.1 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO COLOR EN EL PROCESO DE DOSIFICACIÓN DE MAGDALENA

En la tabla 4.17, se muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial del atributo color en escala hedónica en el proceso de dosificación de magdalenas; obtenidas de la tabla C-3.1 (Anexo C-3).

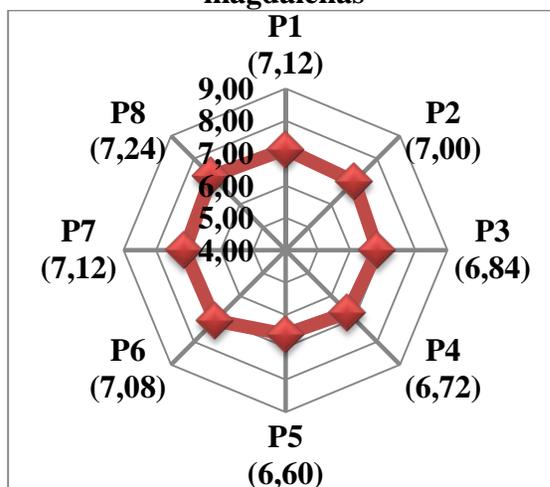
Tabla 4.17
Resultados del atributo color en el proceso de dosificación de magdalena

Jueces	Muestras (Escala hedónica)							
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
1	8	7	6	7	7	7	7	8
2	9	7	7	8	6	8	7	5
3	4	8	4	7	7	7	6	6
4	7	6	7	8	7	8	8	9
5	5	7	8	5	6	6	6	6
6	9	7	4	7	8	7	8	8
7	9	7	7	7	8	8	9	7
8	7	7	8	7	7	7	9	7
9	8	8	8	6	7	8	7	8
10	6	6	5	5	5	5	6	7
11	8	6	7	5	6	8	8	6
12	7	8	4	7	6	5	5	7
13	7	5	7	7	6	6	5	8
14	7	7	5	8	8	7	8	7
15	7	6	8	6	8	8	9	9
16	6	8	7	7	6	7	5	8
17	8	7	8	9	7	7	7	8
18	7	7	7	5	6	7	6	5
19	8	7	8	6	6	9	8	7
20	8	5	7	5	6	7	7	8
21	7	7	8	7	6	7	8	6
22	7	8	7	7	8	8	9	8
23	7	7	8	8	8	8	7	9
24	7	9	8	8	5	7	6	7
25	5	8	8	6	5	5	7	7
Promedio	7,12	7,00	6,84	6,72	6,60	7,08	7,12	7,24

Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 4.8, se muestran los valores promedios (tabla 4.17) de la evaluación sensorial realizada para el atributo color en el proceso de dosificación de magdalenas.

Gráfica 4.8
Valores promedios del atributo color en el proceso de dosificación de
magdalenas



Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 4.8, se observan que las muestras P8 (7,24); P1 (7,12); P7 (7,12); P6 (7,08) y P2 (7,00) tienen el puntaje promedio más alto en comparación con las muestras P3 (6,84); P4 (6,72) y P5 (6,60), que son menores en escala hedónica.

4.4.1.1 PRUEBA ESTADÍSTICA DEL ATRIBUTO COLOR EN EL PROCESO DE DOSIFICACIÓN DE MAGDALENAS

En la tabla 4.18, se observa el análisis de varianza de las muestras para el atributo color en el proceso de dosificación de magdalenas que fueron extraídas de la tabla C-3.3 (Anexo C-3).

Tabla 4.18
Análisis de varianza del atributo color en el proceso de dosificación de
magdalena

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados Medios (CM)	Fcal	Ftab
Total	262,755	199			
Tratamiento	8,675	7	1,239	1,199	3,50
Jueces	73,13	24	3,047	2,947	2,74
Error	180,95	168	1,034		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.18, se observa el análisis de varianza para las muestras del atributo color en el proceso de dosificación de magdalenas, donde $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,199 < 3,50$) para los tratamientos. Por lo tanto, no existe diferencia significativa y se acepta la hipótesis planteada para un $p < 0,01$. Pero analizando la preferencia de los jueces, por la muestra P8 con (7,24) de mayor puntaje promedio en escala hedónica, como la mejor opción.

4.4.2 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO AROMA EN EL PROCESO DE DOSIFICACIÓN DE MAGDALENAS

En la tabla 4.19, se muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial del atributo aroma en escala hedónica en el proceso de dosificación de magdalena; obtenidas de la tabla C-3.4 (Anexo C-3).

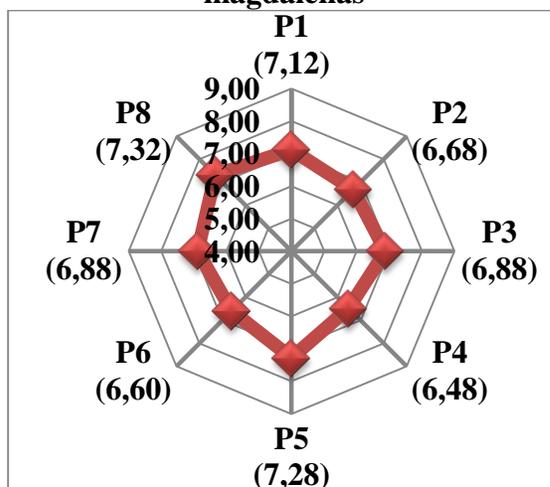
Tabla 4.19
Resultados del atributo aroma en el proceso de dosificación de magdalena

Jueces	Muestras (Escala hedónica)							
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
1	9	8	6	7	8	7	6	6
2	7	8	8	6	7	5	8	8
3	8	7	5	7	7	6	7	7
4	8	6	8	6	6	7	7	9
5	5	5	7	5	7	8	7	6
6	8	6	7	6	8	7	6	8
7	8	7	6	7	7	6	6	7
8	7	7	5	6	8	7	7	8
9	8	7	7	8	8	8	8	8
10	5	4	5	5	6	5	6	7
11	8	6	9	4	7	8	7	7
12	6	7	5	5	7	4	6	5
13	6	7	7	6	8	5	6	6
14	7	7	5	7	7	7	7	8
15	8	6	7	6	9	7	7	7
16	7	8	8	7	7	7	7	7
17	7	8	8	7	7	6	6	8
18	7	6	8	7	7	5	6	7
19	8	8	9	7	7	9	8	6
20	8	5	6	7	6	6	7	8
21	8	7	5	5	7	6	6	8
22	6	9	9	8	8	8	9	9
23	7	5	7	7	9	8	9	7
24	6	7	8	8	8	7	7	7
25	6	6	7	8	6	6	6	9
Promedio	7,12	6,68	6,88	6,48	7,28	6,60	6,88	7,32

Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 4.9, se muestran los valores promedios (tabla 4.19) de la evaluación sensorial realizada para el atributo aroma en el proceso de dosificación de magdalenas.

Gráfica 4.9
Valores promedios del atributo aroma en el proceso de dosificación de
magdalenas



Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 4.9, se observan que las muestras P8 (7,32); P5 (7,28) y P1 (7,12) tienen el puntaje promedio más alto en comparación con las muestras P7 (6,88); P3 (6,88); P2 (6,68); P6 (6,60) y P4 (6,48), que son menores en escala hedónica.

4.4.2.1 PRUEBA ESTADÍSTICA DEL ATRIBUTO AROMA EN EL PROCESO DE DOSIFICACIÓN DE MAGDALENAS

En la tabla 4.20, se observa el análisis de varianza de las muestras para el atributo aroma en el proceso de dosificación de magdalenas que fueron extraídas de la tabla C-3.6 (Anexo C-3).

Tabla 4.20
Análisis de varianza del tributo aroma en el proceso de dosificación de
magdalena

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados Medios (CM)	Fcal	Ftab
Total	249,195	199			
Tratamiento	17,115	7	2,445	2,678	3,50
Jueces	72,32	24	3,013	3,301	2,74
Error	159,76	168	0,913		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.20, se observa el análisis de varianza para las muestras del atributo aroma en el proceso de dosificación de magdalenas, donde $F_{cal} < F_{tab}$ ($2,678 < 3,50$) para los tratamientos. Por lo tanto, no existe diferencia significativa y se acepta la hipótesis planteada para un $p < 0,01$. Pero analizando la preferencia de los jueces, por la muestra P8 con (7,32) de mayor puntaje promedio en escala hedónica, como la mejor opción.

4.4.3 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO SABOR EN EL PROCESO DE DOSIFICACIÓN DE MAGDALENAS

En la tabla 4.21, se muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial del atributo sabor en escala hedónica en el proceso de dosificación de magdalenas; obtenidas de la tabla C-3.7 (Anexo C-3)

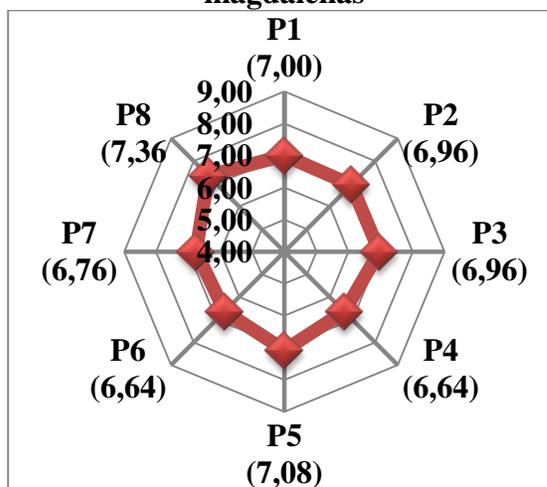
Tabla 4.21
Resultados del atributo sabor en el proceso de dosificación de magdalena

Jueces	Muestras (Escala hedónica)							
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
1	7	7	7	8	8	7	6	6
2	8	7	6	8	7	7	8	7
3	6	8	7	8	7	7	6	7
4	8	8	7	7	8	8	8	9
5	6	5	8	7	6	5	6	8
6	7	8	8	7	7	7	6	8
7	8	8	6	7	8	6	5	9
8	6	7	8	7	8	7	8	8
9	7	8	7	7	8	8	8	9
10	5	4	5	5	5	6	7	8
11	9	7	9	5	7	6	6	6
12	7	8	4	5	6	5	4	6
13	6	5	7	7	7	4	5	6
14	7	8	8	8	8	8	8	9
15	6	6	8	7	7	9	9	8
16	8	8	7	6	6	7	8	5
17	8	8	9	8	7	6	6	8
18	7	6	8	7	6	5	6	7
19	7	6	4	7	8	9	7	6
20	7	5	6	5	6	7	7	9
21	8	6	6	6	7	6	6	7
22	7	7	5	5	8	7	9	7
23	5	8	7	7	7	8	8	8
24	9	9	8	6	9	7	6	9
25	6	7	9	6	6	4	6	4
Promedio	7,00	6,96	6,96	6,64	7,08	6,64	6,76	7,36

Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 4.10, se muestran los valores promedios (tabla 4.21) de la evaluación sensorial realizada para el atributo sabor en el proceso de dosificación de magdalenas.

Gráfica 4.10
Valores promedios del atributo sabor en el proceso de dosificación de
magdalenas



Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 4.10, se observan que las muestras P8 (7,36); P5 (7,08) y P1 (7,00) tienen el puntaje promedio más alto en comparación con las muestras P2 (6,96); P3 (6,96); P7 (6,76); P4 (6,64) y P6 (6,64), que son menores en escala hedónica.

4.4.3.1 PRUEBA ESTADÍSTICA DEL ATRIBUTO SABOR EN EL PROCESO DE DOSIFICACIÓN DE MAGDALENAS

En la tabla 4.22, se observa el análisis de varianza de las muestras para el atributo sabor en el proceso de dosificación de magdalenas; que fue extraída de la tabla C-3.9 (Anexo C-3).

Tabla 4.22
Análisis de varianza del atributo sabor en el proceso de dosificación de
magdalena

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados Medios (CM)	Fcal	Ftab
Total	303,875	199			
Tratamiento	10,275	7	1,468	1,254	3,50
Jueces	88,75	24	3,698	3,159	2,74
Error	204,85	168	1,171		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.22, se observa el análisis de varianza para las muestras del atributo sabor en el proceso de dosificación de magdalena, donde $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,254 < 3,50$) para los tratamientos. Por lo tanto, no existe diferencia significativa y se acepta la hipótesis planteada para $p < 0,01$. Pero analizando la preferencia de los jueces, por la muestra P8 con (7,36) de mayor puntaje promedio en escala hedónica, como la mejor opción.

4.4.4 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO TEXTURA EN EL PROCESO DE DOSIFICACIÓN DE MAGDALENAS

En la tabla 4.23, se muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial del atributo textura en escala hedónica en el proceso de dosificación de magdalenas; obtenidas de la tabla C-3.10 (Anexo C-3)

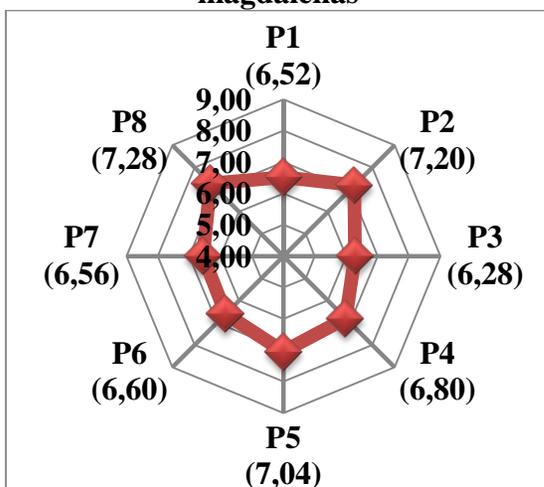
Tabla 4.23
Resultados del atributo textura en el proceso de dosificación de magdalena

Jueces	Muestras (Escala hedónica)							
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
1	7	7	8	8	8	7	6	6
2	8	9	6	7	6	5	8	7
3	6	8	4	8	8	7	6	6
4	7	6	7	8	7	9	8	9
5	6	8	5	5	7	7	7	8
6	8	9	7	5	7	6	6	8
7	8	8	6	7	6	7	8	6
8	6	7	7	7	8	8	8	8
9	7	8	7	6	7	7	6	8
10	5	4	5	5	6	4	5	6
11	7	6	8	6	7	6	6	8
12	6	8	3	7	6	4	5	6
13	5	8	6	8	6	4	4	9
14	6	8	6	8	8	8	8	9
15	6	7	5	7	8	9	8	7
16	6	8	7	8	8	7	6	5
17	7	8	9	9	7	6	7	8
18	6	5	6	8	5	6	6	7
19	6	6	5	7	9	7	8	6
20	7	6	5	6	7	7	7	7
21	6	8	7	7	6	6	6	7
22	7	9	8	6	8	8	9	8
23	6	7	6	7	7	6	7	9
24	6	7	8	5	8	7	4	7
25	8	5	6	5	6	7	5	7
Promedio	6,52	7,20	6,28	6,80	7,04	6,60	6,56	7,28

Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 4.11, se muestran los valores promedios (tabla 4.23) de la evaluación sensorial realizada para el atributo textura en el proceso de dosificación de magdalenas.

Gráfica 4.11
Valores promedios del atributo textura en el proceso de dosificación de magdalenas



Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 4.11, se observa que la muestra P8 es la que tiene el puntaje promedio más alto según los jueces con 7,28; mientras P2 (7,20), P5 (7,04), P4 (6,80), P6 (6,60), P7 (6,56), P1 (6,52) y P3 (6,28), que son menores en escala hedónica.

4.4.4.1 PRUEBA ESTADÍSTICA DEL ATRIBUTO TEXTURA EN EL PROCESO DE DOSIFICACIÓN DE MAGDALENAS

En la tabla 4.24, se observa el análisis de varianza de las muestras para el atributo textura en el proceso de dosificación de magdalenas que fueron extraídas de la tabla C-3.12 (Anexo C-3).

Tabla 4.24
Análisis de varianza del atributo textura en el proceso de dosificación de magdalena

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados Medios (CM)	Fcal	Ftab
Total	305,755	199			
Tratamiento	22,315	7	3,188	2,638	3,50
Jueces	71,970	24	2,999	2,482	2,74
Error	211,470	168	1,208		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.24, se observa el análisis de varianza para las muestras del atributo textura en el proceso de dosificación de magdalenas, donde $F_{cal} < F_{tab}$ ($2,638 < 3,50$) para los tratamientos. Por lo tanto, no existe diferencia significativa y se acepta la hipótesis planteada para un $p < 0,01$. Pero analizando la preferencia de los jueces por la muestra P8 con (7,28) de mayor puntaje promedio en escala hedónica, como la mejor opción.

4.4.5 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO APARIENCIA EN EL PROCESO DE DOSIFICACIÓN DE MAGDALENAS

En la tabla 4.25, se muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial del atributo apariencia en escala hedónica en el proceso de dosificación de magdalenas; obtenidas de la tabla C-3.14 (Anexo C-3).

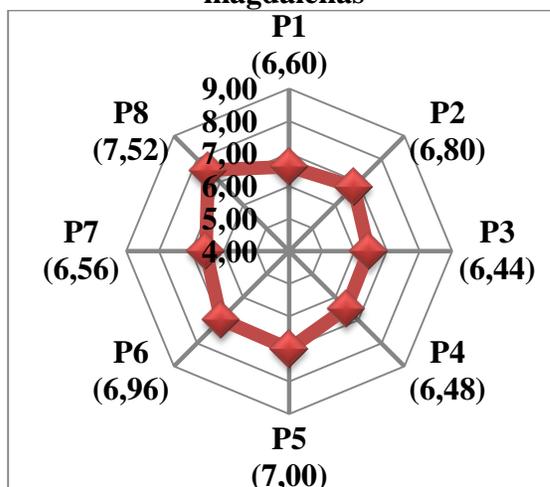
Tabla 4.25
Resultados del atributo apariencia en el proceso de dosificación de magdalena

Jueces	Muestras (Escala hedónica)							
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
1	8	8	7	7	8	8	5	8
2	9	6	7	8	7	7	8	7
3	4	8	5	7	8	7	7	7
4	6	7	6	8	6	7	7	9
5	5	6	8	5	6	8	6	9
6	8	7	7	6	8	7	7	8
7	9	8	7	7	8	7	7	8
8	6	7	7	7	8	7	9	8
9	6	6	6	6	8	8	6	9
10	4	4	4	5	5	6	6	8
11	7	7	8	6	7	8	8	7
12	6	7	4	7	6	6	6	7
13	6	7	7	8	6	5	3	8
14	8	7	5	5	7	8	7	7
15	7	6	6	7	7	8	8	9
16	6	8	6	7	8	6	3	7
17	8	7	6	8	7	6	7	7
18	7	7	7	7	7	6	6	6
19	8	7	8	6	6	7	7	8
20	8	8	5	6	7	6	8	8
21	6	7	6	6	7	8	7	6
22	7	6	7	6	8	8	9	8
23	6	7	6	7	8	8	8	8
24	5	7	7	5	6	7	4	8
25	5	5	6	5	6	5	5	6
Promedio	6,60	6,80	6,32	6,48	7,00	6,96	6,56	7,64

Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 4.12, se muestran los valores promedios (tabla 4.25) de la evaluación sensorial realizada para el atributo apariencia en el proceso de dosificación de magdalenas.

Gráfica 4.12
Valores promedios del atributo apariencia en el proceso de dosificación de
magdalenas



Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 4.12, se observan que las muestras P8 (7,64) y P5 (7,00) tienen el puntaje promedio más alto en comparación con las muestras P6 (6,96); P2 (6,80); P1 (6,60); P7 (6,56); P4 (6,48) y P3 (6,32), que son menores en escala hedónica.

4.4.5.1 PRUEBA ESTADÍSTICA DEL ATRIBUTO APARIENCIA EN EL PROCESO DE DOSIFICACIÓN DE MAGDALENAS

En la tabla 4.26, se observa el análisis de varianza de las muestras para el atributo apariencia en el proceso de dosificación de magdalenas que fueron extraídas de la tabla C-3.16 (Anexo C-3).

Tabla 4.26
Análisis de varianza del tributo apariencia en el proceso de dosificación de
magdalena

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados Medios (CM)	Fcal	Ftab
Total	256,595	199			
Tratamiento	22,835	7	3,262	3,397	3,50
Jueces	65,72	24	2,738	2,852	2,74
Error	168,04	168	0,960		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.26, se observa el análisis de varianza para las muestras del atributo apariencia en el proceso de dosificación de magdalenas, donde $F_{cal} < F_{tab}$ ($3,397 < 3,50$) para los tratamientos. Por lo tanto, no existe diferencia significativa y se acepta la hipótesis planteada para un $p < 0,01$. Pero analizando la preferencia de los jueces por la muestra P8 con (7,64) de mayor puntaje promedio en escala hedónica, como la mejor opción.

Analizando los resultados obtenidos de los atributos color, sabor, aroma, textura y apariencia, se puede observar que no existe diferencia estadística entre las muestras para $p < 0,01$. Por lo tanto, se decidió tomar en cuenta la preferencia de los jueces por la muestras P8 (35% harina-12% mantequilla-19,5% leche), como la mejor opción para realizar la dosificación de los micronutrientes; ya que tienen el puntaje más alto en los atributos evaluados.

4.4.6 DISEÑO EXPERIMENTAL EN EL PROCESO DE DOSIFICACIÓN DE MAGDALENAS

Para realizar el diseño experimental en el proceso de dosificación, se tomó en cuenta la muestra del prototipo final (N2), de la cual se hizo variar los niveles de los factores (tabla 3.10) de la composición porcentual: harina de trigo 0000 (25-35) %, mantequilla (7-12) % y leche (14,5-19,5)%. Obteniéndose ocho muestras a nivel experimental, en la cual se mantuvo constante la cantidad de insumos (huevo, azúcar, royal, sal y vainilla).

La tabla 4.27, muestra el diseño factorial (tabla 3.9) en el proceso de dosificación de magdalenas de los resultados (contenido de humedad); extraídos de la tabla D-1.3 (Anexo D-1).

Tabla 4.27
Diseño factorial en el proceso de dosificación de magdalenas

Corridas	Combinación del tratamiento	Factores			Réplica I	Réplica II	Respuestas
		H	M	L			Yi
1	(1)	-1	-1	-1	18,05	17,30	35,35
2	H	+1	-1	-1	22,69	18,00	40,69
3	M	-1	+1	-1	19,81	19,00	38,81
4	H-M	+1	+1	-1	20,06	17,50	37,56
5	L	-1	-1	+1	21,22	17,90	39,12
6	H-L	+1	-1	+1	21,18	16,30	37,48
7	M-L	-1	+1	+1	17,75	17,70	35,45
8	H-M-L	+1	+1	+1	22,50	18,90	41,40

Fuente: Elaboración propia

En base a los resultados obtenidos en la tabla 4.27, se procedió a realizar el análisis estadístico del diseño factorial.

4.4.6.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL DISEÑO FACTORIAL EN EL PROCESO DE DOSIFICACIÓN DE MAGDALENAS

En la tabla 4.28, muestra análisis estadístico del diseño factorial 2^3 para el proceso de dosificación de magdalenas; tomando en cuenta las variables del proceso (harina de trigo 0000, mantequilla y leche) en función del contenido de humedad; extraídos de la tabla D-1.4 (Anexo D-1).

Tabla 4.28
Análisis de varianza del diseño 2³ en el proceso de dosificación de magdalenas

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab
Total	55,915	15			
Factor H	4,4100	1	4,4100	0,9097	5,32
Factor M	0,0210	1	0,0210	0,0043	5,32
Factor L	0,0625	1	0,0625	0,0129	5,32
Interacción H-M	0,0676	1	0,0676	0,0139	5,32
Interacción H-L	0,0030	1	0,0030	0,0006	5,32
Interacción M-L	0,0004	1	0,0004	0,0001	5,32
Interacción H-M-L	12,567	1	12,567	2,5922	5,32
Error	38,784	8	4,848		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.28, se observa que $F_{cal} < F_{tab}$ para los factores en el proceso de dosificación: H (porcentaje harina de trigo 0000), M (porcentaje de mantequilla), L (porcentaje de leche) e interacciones H-M, H-L, M-L y H-M-L. Siendo estadísticamente no significativos entre las variables analizadas; para un nivel de significancia del 99%.

Analizando los factores tomados en cuenta en el proceso de dosificación para la elaboración de magdalenas, se puede concluir que las variables no influyen directamente en el proceso de dosificación; en función de los porcentajes asignados a nivel experimental en el diseño factorial para $p < 0,01$.

4.5 CARACTERIZACIÓN DE LAS VARIABLES DEL DISEÑO EXPERIMENTAL PARA EL PROCESO DE HORNEADO DE MAGDALENAS

Para la caracterización de las variables del diseño experimental en el proceso de horneado de magdalenas, se tomó en cuenta la muestra P8, donde se hizo variar el tiempo entre (15–20) minutos y temperatura de (220–240) °C de cocción de

magdalenas. El cual consistió en elaborar cuatro muestras a nivel experimental. Para lo cual, se procedió a etiquetarlas de la siguiente manera:

- ✓ Muestra Q1= temperatura (220) + tiempo (15 minutos)
- ✓ Muestra Q2= temperatura (220) + tiempo (20 minutos)
- ✓ Muestra Q3= temperatura (200) + tiempo (15 minutos)
- ✓ Muestra Q4= temperatura (200) + tiempo (20 minutos)

Para tal efecto, se procedió a la realización de una evaluación sensorial; mediante un test de escala hedónica de nueve puntos. Para lo cual, se utilizó 23 jueces no entrenados; quienes calificaron los atributos de color, textura y apariencia.

4.5.1 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO COLOR EN EL PROCESO DE HORNEADO DE MAGDALENAS

En la tabla 4.29, se muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial del atributo color en escala hedónica en el proceso de horneado de magdalenas; obtenidas de la tabla C-4.1 (Anexo C-4).

Tabla 4.29
Resultados del atributo color en el proceso de horneado de magdalena

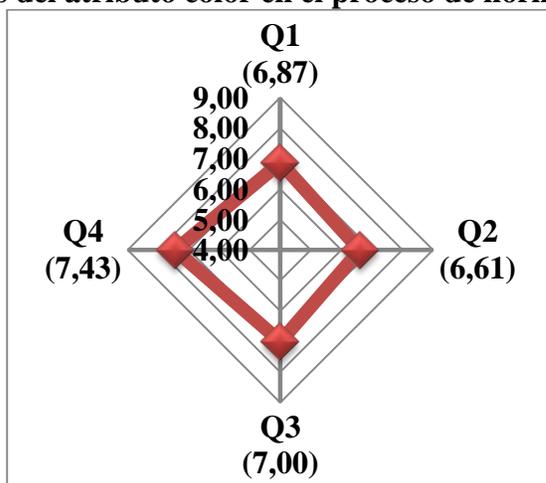
Jueces	Muestras (Escala hedónica)			
	Q1	Q2	Q3	Q4
1	7	7	8	8
2	7	5	5	8
3	8	6	7	7
4	9	7	8	7
5	6	7	6	8
6	7	7	7	8
7	7	7	8	8
8	8	7	8	8
9	9	7	7	8
10	7	7	7	8
11	7	7	7	8
12	5	6	7	7
13	7	6	7	8
14	5	6	8	7
15	5	7	7	7
16	5	6	8	7
17	7	6	5	7
18	6	6	7	6
19	7	6	6	8
20	8	7	8	7
21	8	8	8	8
22	6	6	6	6
23	7	8	6	7
Promedio	6,87	6,61	7,00	7,43

Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 4.13, se muestran los valores promedios (tabla 4.29) de la evaluación sensorial realizada para el atributo color en el proceso de horneado de magdalenas.

Gráfica 4.13

Valores promedios del atributo color en el proceso de horneado de magdalenas



Fuente: Elaboración propia

En esta gráfica 4.13, se observa que la muestra Q4 es la que tiene el puntaje promedio más alto según los jueces con 7,43; mientras Q3 (7,00), Q1 (6,87) y Q2 (6,61), que son menores en escala hedónica.

4.5.1.1 PRUEBA ESTADÍSTICA DEL ATRIBUTO COLOR EN EL PROCESO DE HORNEADO DE MAGDALENAS

En la tabla 4.30, se observa el análisis de varianza de las muestras para el atributo color en el proceso de horneado que fueron extraídas de la tabla C-4.3 (Anexo C-4).

Tabla 4.30

Análisis de varianza del atributo color en el proceso de horneado de magdalena

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados Medios (CM)	Fcal	Ftab
Total	79,957	91			
Tratamiento	8,217	3	2,739	4,634	4,82
Jueces	30,957	22	1,407	2,381	4,10
Error	40,783	66	0,591		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.30, se observa el análisis de varianza para las muestras del atributo color en el proceso de horneado de magdalenas, donde $F_{cal} < F_{tab}$ ($4,634 < 4,82$) para los

tratamientos. Por lo tanto, no existe diferencia significativa y se acepta la hipótesis planteada para un $p < 0,01$. Pero analizando la preferencia de los jueces por la muestra P8 con (7,64) de mayor puntaje promedio en escala hedónica, como la mejor opción.

4.5.2 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO TEXTURA EN EL PROCESO DE HORNEADO DE MAGDALENAS

En la tabla 4.31, se muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial del atributo textura en escala hedónica en el proceso de horneado de magdalenas; obtenidas de la tabla C-4.4 (Anexo C-4).

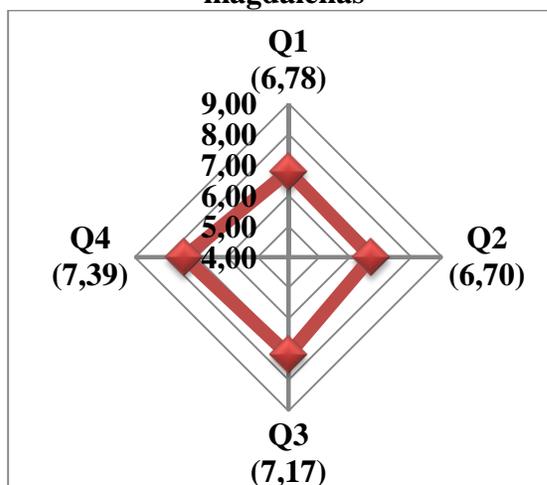
Tabla 4.31
Resultados del atributo textura en el proceso de horneado de magdalena

Jueces	Muestras (Escala hedónica)			
	Q1	Q2	Q3	Q4
1	7	7	7	7
2	6	6	6	8
3	7	6	7	8
4	8	7	8	8
5	7	6	6	8
6	6	7	7	8
7	8	8	9	8
8	7	7	8	8
9	8	7	8	8
10	6	7	6	8
11	5	5	7	6
12	7	7	6	8
13	7	6	7	8
14	6	7	8	8
15	6	5	7	6
16	6	5	7	5
17	5	6	7	8
18	7	8	8	8
19	8	8	7	8
20	7	7	8	8
21	8	7	7	7
22	7	8	7	6
23	7	7	7	5
Promedio	6,78	6,70	7,17	7,39

Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 4.14, se muestran los valores promedios (tabla 4.31) de la evaluación sensorial realizada para el atributo textura en el proceso de horneado de magdalenas.

Gráfica 4.14
Valores promedios del atributo textura en el proceso de horneado de magdalenas



Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 4.14, se observa que la muestra Q4 es la que tiene el puntaje promedio más alto según los jueces con 7,39; mientras Q3 (7,17), Q1 (6,78) y Q2 (6,70), que son menores en escala hedónica.

4.5.2.1 PRUEBA ESTADÍSTICA DEL ATRIBUTO TEXTURA EN EL PROCESO DE HORNEADO DE MAGDALENAS

En la tabla 4.32, se observa el análisis de varianza de las muestras para el atributo textura en el proceso de horneado que fueron extraídas de la tabla C-4.6 (Anexo C-4).

Tabla 4.32
Análisis de varianza del atributo textura en el proceso de horneado de magdalena

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab
Total	80,989	91			
Tratamientos	7,424	3	2,475	4,766	4,82
Jueces	37,739	22	1,715	3,304	4,10
Error	35,826	66	0,519		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.32, se observa el análisis de varianza para las muestras del atributo textura en el proceso de horneado de magdalenas, donde $F_{cal} < F_{tab}$ ($4,766 < 4,82$) para los tratamientos. Por lo tanto, no existe diferencia significativa y que se acepta la hipótesis planteada para un $p < 0,01$. Pero analizando la preferencia de los jueces, por la muestra Q4 con (7,39) de mayor puntaje promedio en escala hedónica, como la mejor opción.

4.5.3 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO APARIENCIA EN EL PROCESO DE HORNEADO DE MAGDALENAS

En la tabla 4.33, se muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial del atributo apariencia en el proceso de horneado de magdalenas; obtenidas de la tabla C-4.7 (Anexo C-4).

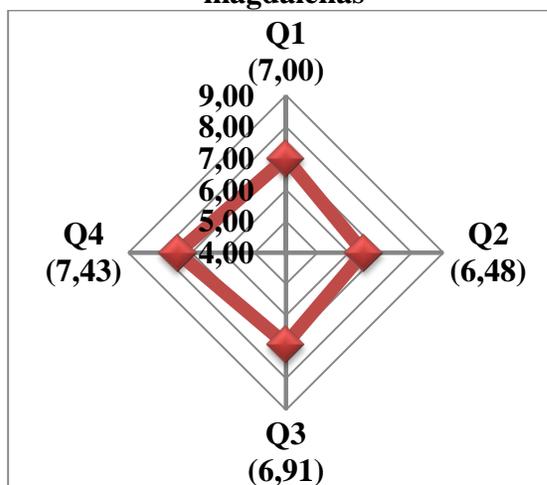
Tabla 4.33
Resultados del atributo apariencia en el proceso de horneado de magdalena

Jueces	Muestras (Escala hedónica)			
	Q1	Q2	Q3	Q4
1	8	7	8	9
2	8	8	8	8
3	8	8	8	7
4	8	7	7	8
5	4	5	6	7
6	6	5	5	6
7	5	4	7	8
8	7	6	7	8
9	7	7	6	8
10	7	7	6	8
11	3	2	4	5
12	7	7	6	7
13	8	7	7	8
14	8	7	9	8
15	9	8	8	8
16	7	7	8	7
17	7	6	6	8
18	9	7	8	8
19	7	6	7	8
20	7	5	6	8
21	7	6	6	8
22	5	8	8	6
23	9	9	8	5
Promedio	7,00	6,48	6,91	7,43

Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 4.14, se muestran los valores promedios (tabla 4.33) de la evaluación sensorial realizada para el atributo apariencia en el proceso de horneado de magdalenas.

Gráfica 4.14
Valores promedios del atributo apariencia en el proceso de horneado de magdalenas



Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 4.14, se observa que la muestra Q4 es la que tiene el puntaje promedio más alto según los jueces con 7,43; mientras Q1 (7,00), Q3 (6,91) y Q2 (6,48), que son menores en escala hedónica.

4.5.3.1 PRUEBA ESTADÍSTICA DEL ATRIBUTO APARIENCIA EN EL PROCESO DE HORNEADO DE MAGDALENAS

En la tabla 4.32, se observa el análisis de varianza de las muestras para el atributo apariencia en el proceso de horneado de magdalenas que fueron extraídas de la tabla C-4.9 (Anexo C-4).

Tabla 4.32
Análisis de varianza del atributo apariencia en el proceso de horneado de magdalena

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados Medios (CM)	Fcal	Ftab
Total	169,826	91			
Tratamiento	10,609	3	3,536	4,252	4,82
Jueces	101,826	22	4,628	5,565	4,1
Error	57,391	66	0,832		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.32, se observa el análisis de varianza para las muestras del atributo apariencia en el proceso de horneado, donde $F_{cal} < F_{tab}$ ($4,252 < 4,82$) para los tratamientos. Por lo tanto, no existe diferencia significativa y se acepta la hipótesis planteada para un $p < 0,01$. Pero analizando la preferencia de los jueces por la muestra Q4 con (7,43) de mayor puntaje en escala hedónica, como la mejor opción.

Analizando los resultados obtenidos para los atributos color, textura y apariencia, se puede observar que no existe diferencia estadística significativa para $p < 0,01$ y cualquiera de las muestras pueden ser elegida. Por lo tanto, se decidió tomar en cuenta la preferencia de los jueces por las muestras Q4 (220 °C–20 minutos), como la mejor opción; ya que tienen el puntaje más alto en los atributos sensoriales.

4.5.4 DISEÑO EXPERIMENTAL EN EL PROCESO DE HORNEADO DE MAGDALENAS

Para realizar el diseño experimental en el proceso de horneado, se tomó en cuenta la muestra P8, para lo cual se hizo variar los niveles (tabla 3.12) de temperatura entre (200-220) °C y tiempos entre (15-20) minutos. Obteniendo cuatro muestras a nivel experimental.

La tabla 4.33, muestra el diseño factorial (tabla 3.11) en el proceso de horneado de magdalenas de los resultados (contenido de humedad); extraídos de la tabla D-2.1 (Anexo D-2).

Tabla 4.33
Diseño factorial en el proceso de horneado de magdalenas

Corridas	Combinación del tratamiento	Factores			Réplica I	Réplica II	Respuestas
		H	M	L			Yi
1	(1)	-1	-1	-1	27,75	28,84	56,59
2	T	+1	-1	-1	31,80	29,14	60,94
3	t	-1	+1	-1	27,42	31,49	58,91
4	T-t	+1	+1	-1	33,10	29,87	62,97

Fuente: Elaboración propia

En base a los resultados obtenidos en la tabla 4.33, se procedió a realizar el análisis estadístico del diseño factorial.

4.5.4.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL DISEÑO FACTORIAL EN EL PROCESO DE HORNEADO DE MAGDALENAS

En la tabla 4.34, muestra el analisis estadistico del diseño factorial 2^2 para el proceso de horneado de magdalenas; tomando en cuenta las variables del proceso (temperatura y tiempo) en funcion del contenido de humedad; extraidas de la tabla D-2.2 (Anexo D-2),

Tabla 4.34
Analisis de varianza del diseño 2^2 en el proceso de horneado de magdalenas

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab
Total	28,85	7			
Factor T	8,841	1	8,8410	2,006	21,20
Factor t	2,365	1	2,3653	0,537	21,20
Interacción T-t	0,011	1	0,011	0,002	21,20
Error	17,63	4	4,408		

Fuente: Elaboracion propia

En la tabla 4.34, se observa que $F_{cal} < F_{tab}$ para los factores en el proceso de horneado: T (temperatura), t (tiempo) e interacciones T-t. Siendo estadísticamente no significativos entre las variables analizadas, para un nivel de significancia del 99%.

Analizando los factores tomados en cuenta en el proceso de horneado para la elaboración de magdalenas, se puede concluir que las variables (tiempo y temperatura) no influyen directamente en el proceso de horneado; en función a los valores asignados a nivel experimental en el diseño factorial para $p < 0,01$.

4.6 CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO TERMINADO

Para caracterizar las magdalenas enriquecidas con hierro y zinc, se tomó en cuenta tres parámetros los cuales, se muestran a continuación.

4.6.1 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL PRODUCTO TERMINADO

En la tabla 4.35, se muestra los resultados obtenidos del análisis de las propiedades físicoquímicas del producto terminado (magdalenas enriquecidas con hierro y zinc); dicho análisis se realizó en 100g de muestra (Anexo A) en el Laboratorio de Aguas, Suelos, Alimentos y Análisis Ambiental (RIMH); y Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID); dependiente de UAJMS.

Tabla 4.35
Análisis físicoquímico del producto terminado

Parámetros	Unidad	Valor
Humedad	%	27,66
Proteína total	%	16,54
Materia seca	%	72,34
Cenizas	%	3,39
Acides titulable	%	0,07
Materia grasa	%	26,58
Fibra	%	1,90
Carbohidratos	%	23,93
Hierro*	mg/100g	16,5
Zinc*	mg/100g	16,5
Valor energético	Cal/100g	401,12

Fuente: RIMH, 2013; * CEANID, 2013

Como se puede observar en la tabla 4.35, los resultados obtenidos del análisis de las propiedades físicoquímicas del producto terminado (magdalenas enriquecidas con hierro y zinc), presenta un contenido de humedad del 27,66%, proteína total 16,54%, cenizas 3,39%, carbohidratos 23,93%, acidez titulable 0,07%, materia grasa 26,58%, fibra del 1,90%, materia seca 72,34%, hierro 16,5 mg/100g, zinc 7,23 mg/100g y valor energético de 401,12 Cal/100g.

4.6.2 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL PRODUCTO TERMINADO

En la tabla 4.36, se muestra los resultados obtenidos del análisis microbiológico del producto terminado (magdalenas enriquecidas con hierro y zinc); dicho análisis se realizó en 100g de muestra (Anexo A) en el Laboratorio de Aguas, Suelos, Alimentos y Análisis Ambiental (RIMH).

Tabla 4.36
Análisis microbiológicos del producto terminado

Parámetros	Unidad	Valor
Coliformes totales	NMP/g	0,00E+00
Coliformes fecales	NMP/g	1,00E+00
Mohos	UFC/g	5,00E+00
Levaduras	UFC/g	8,00E+00

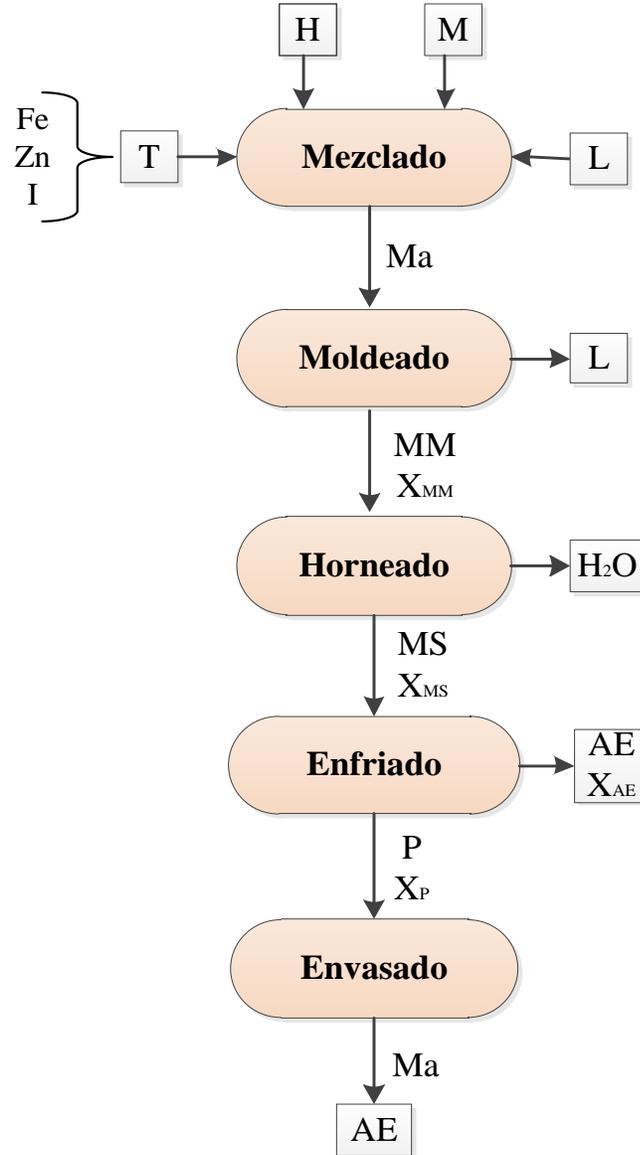
Fuente: RIMH, 2013

Como se puede observar en la tabla 4.36, los resultados obtenidos del análisis microbiológico del producto terminado (magdalenas enriquecidas con hierro y zinc), no presenta coliformes totales de 0,00E+00 NMP/g, coliformes fecales 1,00E+00 NMP/g, mohos 5,00E+00 UFC/g y levaduras 8,00E+00 UFC/g.

4.7 BALANCE DE MATERIA EN LA ELABORACIÓN DE MAGDALENAS ENRIQUECIDAS CON HIERRO Y ZINC

En el balance de materia para la elaboración de magdalenas enriquecidas con hierro y zinc, se realizó tomando en cuenta el diagrama de bloques, como se muestra en la figura 4.1, para una cantidad de 1kg de masa.

Figura 4.1
Diagrama de bloques del balance de materia para la elaboración de magdalenas enriquecidas con hierro y zinc



Fuente: Elaboración propia

Dónde:

H = cantidad de harina de trigo 0000

M = cantidad de mantequilla

L = cantidad de leche

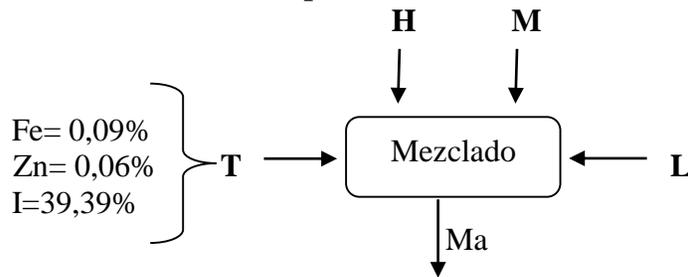
I = cantidad parcial de insumo

- T= cantidad total de insumos
- Ma= cantidad de masa
- P = cantidad de pérdidas en el moldeado
- MM= cantidad de masa moldeada
- H₂O= cantidad de agua evaporada
- MS= cantidad de magdalenas después del horneado
- AE= cantidad de agua evaporada en el enfriado
- P= producto terminado
- PE= producto envasado
- X_{MM}= fracción húmeda en la masa
- X_{H₂O}= fracción húmeda del vapor de agua
- X_{MS}= fracción húmeda en las magdalenas (Anexo A-5)

4.7.1 BALANCE DE MATERIA PARA EL PROCESO DE MEZCLADO DE LA MATERIA PRIMA E INSUMOS

En la figura 4.2, se muestra el balance de materia para el proceso de mezclado de materia prima e insumos; tomando en cuenta una base de cálculo de 1 kg de masa.

Figura 4.2
Balance de materia en el proceso de mezclado de materia prima e insumos



Balance general de materia para el proceso de mezclado

$$H + M + L + T = Ma \quad \text{Ecuación (4.1)}$$

Para realizar el balance de materia en el proceso de mezclado, se tomó en cuenta la relación porcentual de la dosificación en la elaboración de magdalenas.

Dónde:

$$H= 31,57 \% \quad M=10,89 \% \quad L=18\% \quad T=39,54 \% \quad Ma=1000 \text{ g}$$

$$H= 1000 \text{ g} * 0,3157= 315,7 \text{ g}$$

$$M= 1000\text{g} * 0,1089 = 108,9 \text{ g}$$

$$L= 1000\text{g} * 0,18 = 180 \text{ g}$$

$$T= 1000 \text{ g} * 0,3954 = 395,4 \text{ g}$$

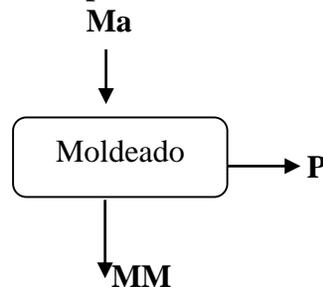
Reemplazando los datos en la ecuación (4.1):

$$315,7 \text{ g} + 108,9 \text{ g} + 180 \text{ g} + 395,5 \text{ g} = \mathbf{1000 \text{ g}}$$

4.7.2 BALANCE DE MATERIA PARA EL PROCESO DE MOLDEADO DE LA MASA

En la figura 4.3, se muestra el balance de materia para el proceso de moldeado de la masa; para lo cual se tomó en cuenta la cantidad de masa obtenida en el mezclado y las pérdidas en el moldeado.

Figura 4.3
Balance de materia en el proceso de moldeado de la masa



Balance general de materia para el proceso de moldeado:

$$Ma= MM + P \quad \text{Ecuación (4.2)}$$

Para realizar el balance de materia en el proceso de moldeado, se tomó en cuenta los datos obtenidos en las pruebas preliminares en la elaboración de magdalenas.

Dónde: $Ma = 1000\text{g}$ $P = 7,28\%$ $MM = ?$

$$P = 1000\text{g} * 0,0728 = 72,8 \text{ g}$$

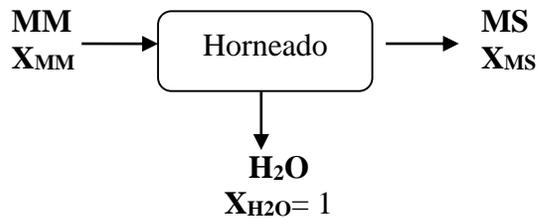
Despejando MM de la ecuación (4.2) tenemos:

$$MM = Ma - P \quad \Longrightarrow \quad MM = 1000\text{g} - 72,8\text{g}$$
$$MM = 927,2\text{g}$$

4.7.3 BALANCE DE MATERIA PARA EL PROCESO DE HORNEADO DE LA MASA

En la figura 4.4, se muestra el balance de materia para el proceso de horneado de la masa de magdalenas; para lo cual se tomó en cuenta la cantidad de agua evaporada, contenido de humedad de la masa y del producto cocido.

Figura 4.4
Balance de materia en el proceso de horneado de la masa



Balance general de la material en el proceso de horneado:

$$MM = MS + H_2O \quad \text{Ecuación (4.3)}$$

Para realizar el balance de materia en el proceso de horneado, se tomó en cuenta los datos obtenidos en las pruebas preliminares en la elaboración de magdalenas.

Dónde: $MM = 927,2 \text{ g}$ $H_2O = 12,91\%$ $MS = ?$

$$H_2O = 927,2 \text{ g} * 0,1291 = 119,70 \text{ g}$$

Remplazando y despejando MS en la ecuación (4.3):

$$MS = MM - H_2O \quad \Longrightarrow \quad MS = 927,2\text{g} - 119,70\text{g}$$
$$MS = 807,50\text{g}$$

Balance parcial de material en base húmeda en el proceso de horneado:

$$MM X_{MM} = MS X_{MS} + H_2O X_{H_2O} \quad \text{Ecuación (4.4)}$$

Despejando X_{MS} de la ecuación (4.4):

$$X_{MS} = \frac{MM X_{MM} - H_2O X_{H_2O}}{MS} \quad \text{Ecuación (4.5)}$$

Remplazando los datos en la ecuación (4.5):

$$X_{MS} = \frac{927,2g * 0,3995 - 119,70g * 1}{807,50g}$$

$$X_{MS} = 0,3104 \quad \Longrightarrow \quad X_{MS} = 31,04\%$$

Porcentaje de agua evaporada en el proceso de horneado:

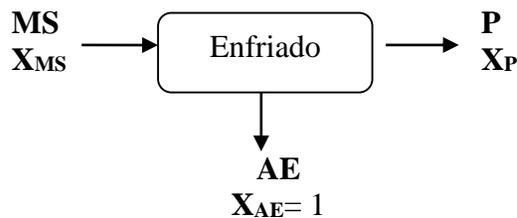
$$\% H_2O_{Evap} = \frac{807,50g * 100}{927,2g}$$

$$\% H_2O_{Evap} = 12,91$$

4.7.4 BALANCE DE MATERIA PARA EL PROCESO DE ENFRIADO DE MAGDALENAS

En la figura 4.5, se muestra el balance de materia para el proceso de enfriado de las magdalenas; para lo cual se tomó en cuenta la cantidad de agua evaporada, contenido de humedad de la masa y del producto cocido.

Figura 4.5
Balance de materia en el proceso de enfriado de magdalenas



Balance general de materia en el proceso de enfriado:

$$MS = AE + P \quad \text{Ecuación (4.6)}$$

Para realizar el balance de materia en el proceso de moldeado, se tomó en cuenta los datos obtenidos en las pruebas preliminares en la elaboración de magdalenas.

Remplazando y despejando P en la ecuación (4.6):

$$P = MS - AE \quad \text{Ecuación (4.7)}$$

Para calcular la cantidad de sólido seco del alimento, se tomó en cuenta la expresión matemática (4.7), citada por (Valiente, 1994).

$$SS = S_1 (1 - X_S) \quad \text{Ecuación (4.8)}$$

Dónde:

SS= cantidad de producto seco

S₁= cantidad de alimento húmedo

X_S= fracción del contenido de humedad del alimento

Ordenando la ecuación (4.8) en función a la figura 4.5, tenemos:

$$SS = MS (1 - X_{MS}) \quad \text{Ecuación (4.9)}$$

Por lo tanto: $SS = 807,50g (1 - 0,277)$

$$SS = 556,85 \text{ g}$$

Para calcular la cantidad de agua evaporada en el enfriado de magdalenas, se utiliza la expresión matemática (4.10), citada por Valiente en 1994.

$$WE = SS (W_1 - W_2) \quad \text{Ecuación (4.10)}$$

Dónde:

WE= cantidad de agua evaporada (g)

W₁= contenido de humedad en base seca del producto horneado (g agua/g aire)

W₂= contenido de humedad en base seca de la masa (g agua/g sólido seco)

Remplazando en la ecuación (4.10) tenemos:

$$AE = SS (X_P - X_{MS}) \quad \text{Ecuación (4.11)}$$

Dónde:

X_{MS}= 0,277 g agua/g sólido seco

X_P= 0,299 g agua/g sólido seco

Por tanto:

$$AE = 556,85 \text{ g} * (0,299 - 0,277)$$

AE= 6,35 g de agua evaporada en el proceso de enfriado

Remplazando a la ecuación (4.7) con los datos obtenidos tenemos:

$$P = 807,50\text{g} - 6,35\text{g} \quad \Longrightarrow \quad P = 801,15\text{g}$$

Porcentaje de agua evaporada en el proceso de enfriado:

$$\% \text{H}_2\text{O}_{\text{Evap}e} = \frac{6,35\text{g} \cdot 100}{807,50\text{g}}$$

$$\% \text{H}_2\text{O}_{\text{Evap}e} = 0,78$$

Porcentaje total agua evaporada en el proceso de horneado y enfriado:

$$\% \text{TH}_2\text{O}_{\text{Evap}} = \% \text{H}_2\text{O}_{\text{Evap}h} + \% \text{H}_2\text{O}_{\text{Evap}e}$$

$$\% \text{TH}_2\text{O}_{\text{Evap}} = 12,91 + 0,78$$

$$\% \text{TH}_2\text{O}_{\text{Evap}} = \mathbf{13,69\%}$$

4.7.5 NÚMERO DE UNIDADES OBTENIDAS DE MAGDALENAS ENRIQUECIDAS CON HIERRO Y ZINC

Para calcular el número de unidades obtenidas de magdalenas enriquecidas con hierro y zinc, se tomó en cuenta la ecuación (4.12) y el peso neto del envase que es de 90g.

$$N \text{ de unidades} = \frac{\text{producto final}}{\text{peso neto por envase}} \quad \text{Ecuación (4.12)}$$

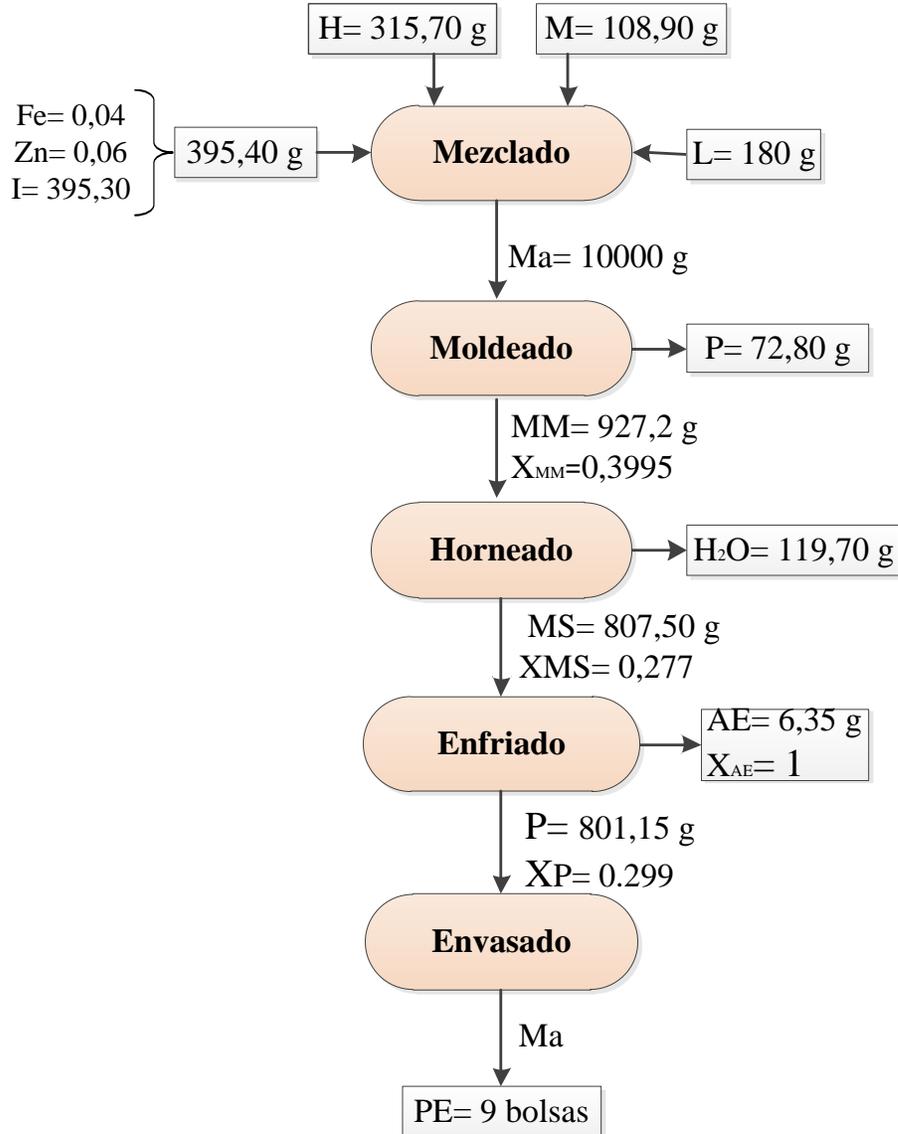
$$N \text{ de unidades} = \frac{801,15\text{g}}{90\text{g}}$$

N de unidades = 9 bolsas de magdalenas enriquecidas con hierro y zinc.

4.8 RESUMEN DEL BALANCE DE MATERIA PARA LA ELABORACIÓN DE MAGDALENAS ENRIQUECIDAS CON HIERRO Y ZINC

En la figura 4.6, se muestran los resultados obtenidos del balance de materia para la elaboración de magdalenas enriquecidas con hierro y zinc a nivel experimental.

Figura 4.6
Resumen del balance de materia para la elaboración de magdalenas enriquecidas con hierro y zinc



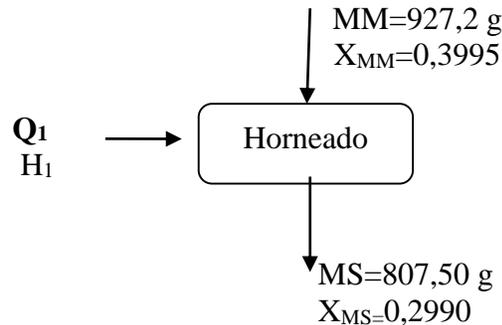
Fuente: Elaboración propia

4.9 BALANCE DE ENERGÍA EL LA ELABORACIÓN DE MAGDALENAS ENRIQUECIDAS CON HIERRO Y ZINC

En el balance de energía para la elaboración de magdalenas enriquecidas con hierro y zinc, se lo realizó en el proceso de horneado, para una cantidad de 927,20 g de masa cruda.

En la figura 4.7, se muestra el balance de energía en el proceso de horneado de la masa para la elaboración de magdalenas enriquecidas con hierro y zinc.

Figura 4.7
Balance de energía en el proceso de horneado de la masa



Para calcular la cantidad de calor total en el horneado, los factores tomados en cuenta son: calor para calentar el horno, calor para calentar los moldes y bandeja, calor para la cocción de la masa y calor de vaporización.

4.9.1 CANTIDAD DE CALOR NECESARIO PARA CALENTAR EL HORNO

El calentamiento del horno, se realizó a una temperatura inicial del aire de 21 °C hasta una temperatura final de 180 °C. La ecuación (4.13), describe el proceso del calor sin reacción química (Valiente, 1994).

$$Q_{Ac} = m_{aire} * Cp_{aire} * (\Delta T) \quad \text{Ecuación (4.13)}$$

Dónde:

Q_{Ac} = cantidad de calor de aire (Kcal)

m_{aire} = masa del aire (Kg)

Cp_{aire} = capacidad calorífica del aire= 0,2389 Kcal/Kg °C (Lomas, 2002)

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

Para determinar la masa de aire dentro del horno, se utilizan las ecuaciones (4.14) y (4.15), según (Cañadas y col, 2000).

$$V = a * b * c \quad \text{Ecuación (4.14)}$$

$$\delta = \frac{m}{v} \quad \text{Ecuación (4.15)}$$

Dónde:

V= volumen del aire

a= ancho= 0,57 m

b= base= 0,48 m

c= altura= 0,40 m

δ = densidad del aire= 1,3 Kg/ m³ (Lomas, 2002)

m= masa del aire

Remplazando los datos en la ecuación (4.13), tenemos:

$$V = 0,57 \text{ m} * 0,48 \text{ m} * 0,40 \text{ m} \quad \Longrightarrow \quad V = \mathbf{0,109 \text{ m}^3}$$

De la ecuación (4.14), despejamos m, y tenemos la Ecuación 4.16:

$$m = \delta * V \quad \text{Ecuación (4.16)}$$

Remplazando tenemos:

$$m = 1,3 \text{ Kg/ m}^3 * 0,109 \text{ m}^3 \quad \Longrightarrow \quad m = \mathbf{0,1417 \text{ Kg}}$$

Los datos que se obtuvieron los remplazamos en la ecuación 4.12, tenemos:

$$Q_{Ac} = 0,1417 \text{ Kg} * 0,2389 \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{C} * (180 - 21) ^\circ\text{C}$$

$$\mathbf{Q_{Ac} = 5,382 \text{ Kcal}}$$

4.9.2 CANTIDAD DE CALOR NECESARIO PARA CALENTAR LA BANDEJA Y MOLDES

Para realizar el balance de energía, se toma en cuenta el calor necesario para calentar la bandeja y moldes, para lo cual se utiliza la ecuación (4.13) y se ordena para obtener la ecuación (4.17).

$$Q_{L-m} = m_L * C_{pL} (T_f - T_i) + C_{p_m} m_m * (T_f - T_i) \quad \text{Ecuación (4.17)}$$

Dónde:

Q_{L-m} = cantidad de calor de la bandeja y moldes

m_L = cantidad de masa de la bandeja= 0,72 Kg

C_{pL} = capacidad calorífica de la bandeja

m_m = cantidad de masa de los moldes= 0,45 Kg

C_{pm} = capacidad calorífica de los moldes

T_f = temperatura final

T_i = temperatura inicial

La bandeja es de hierro: Su C_{pL} = 0,113 Kcal/Kg°C, según (Coronel, 2013).

Los moldes son de aluminio: Su C_{pm} = 0,217 Kcal/Kg°C, según (Coronel, 2013).

Remplazando datos en la ecuación (4.19) tenemos:

$$Q_L = 0,72 \text{ Kg} * 0,113 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C} * (200-21)^\circ\text{C} + 0,45 \text{ Kg} * 0,217 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C} * (200-21)^\circ\text{C}$$

$$Q_{L-m} = \mathbf{32,04 \text{ Kcal}}$$

4.9.3 CANTIDAD DE CALOR NECESARIO PARA LA COCCIÓN DE LA MASA

El calor necesario para la cocción de la masa, se determina con la ecuación (4.18), según (Orcés y col, 2003).

$$Q_{mg} = m_{mg} * C_{p_{mg}} * (T_f - T_i) + m_v \lambda \quad \text{Ecuación (4.18)}$$

Dónde:

Q_{mg} = cantidad de calor de las magdalenas

m_{mg} = cantidad de masa de las magdalenas= 927,2g= 0,9272 Kg

$C_{p_{mg}}$ =capacidad calorífica de las magdalenas

T_f = temperatura final

T_i = temperatura inicial

m_v = cantidad de masa evaporada=119,70g=0,1197

λ = calor de vaporización= 637,4 Kcal/Kg según (Coronel, 2013)

Como no conocemos la capacidad calorífica de las magdalenas, entonces se utilizó la ecuación (4.19) para su obtención, según (Alvarado y col, 2001).

$$C_{p_{mg}} = 1130,44 + 30,56 * h \quad \text{Ecuación (4.19)}$$

Dónde:

h= fracción del contenido de humedad de magdalenas

Remplazando datos en la ecuación 4.18, tenemos:

$$C_{p_{mg}} = 1130,44 + 30,56 * 0,2990$$

$$C_{p_{mg}} = 1139,92 \text{ J/Kg}^\circ\text{K}$$

$$C_{p_{mg}} = 0,2723 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

Con los datos obtenidos remplazamos en la ecuación 4.17:

$$Q_{mg} = m_{mg} * C_{p_{mg}} * (T_f - T_i) + m_v \lambda$$

$$Q_{mg} = 0,9272 \text{ Kg} * 0,2723 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C} * (200 - 21)^\circ\text{C} + 0,1197 \text{ Kg} * 637,4 \text{ Kcal/kg}$$

$$Q_{mg} = 115,49 \text{ Kcal}$$

4.9.4 CANTIDAD DE CALOR DE VAPORIZACIÓN EN EL PROCESO DE HORNEADO DE LA MASA

Para determinar el calor de vaporización en el proceso de horneado, se calculó utilizando la ecuación (4.20) citada por (Valiente, 1994), esto es solo válido a presión constante, en este caso el cambio de entalpia es un sistema será igual al calor.

$$Q_{vap} = m_{aire} * C_{p_{aire}} * (\Delta T) \quad \text{Ecuación (4.20)}$$

Dónde:

Q_{vap} = cantidad de calor (Kcal)

m_{aire} = masa de aire (Kg)

$C_{p_{aire}}$ = capacidad calorífica del aire (Kcal/Kg °C)

(ΔT) = variación de la temperatura (°C)

Otra forma de expresar la ecuación (4.21) es la siguiente:

$$\Delta E = Q_{vap} = m_{aire} * C_{p_{aire}} * (\Delta T) \quad \text{Ecuación (4.21)}$$

Esta ecuación es válida para sistemas abiertos, donde no existe acumulación de aire, la misma debe estar en función de sus entalpias iniciales y finales.

$$Q_{vap} = m_{aire} * C_{p_{aire}} * (\Delta T) = Q_{vap} = m_{aire} * (H_{final} - H_{inicial}) \quad \text{Ecuación (4.22)}$$

Las ecuaciones (4.21) y (4.22) se las expresa de la siguiente manera:

$$Q_{\text{vap}} = m_{\text{aire}} (\Delta H) \quad \text{Ecuación (4.23)}$$

Remplazando valores a la ecuación (4.22) y las entalpías de la tabla 4.37, tenemos lo siguiente:

$$Q_{\text{vap}} = 0,1417 \text{ Kg} (686,8 - 606,35) \text{ Kcal/Kg}$$

$$Q_{\text{vap}} = \mathbf{31,43 \text{ Kcal}}$$

4.9.5 CANTIDAD TOTAL DE CALOR EN EL PROCESO DE HORNEADO DE LA MASA

El calor total es la sumatoria de todos los calores calculados, como se muestra en la ecuación (4.25).

$$Q_T = Q_{Ac} + Q_{mg} + Q_{L-m} + Q_{\text{vap}} \quad \text{Ecuación (4.25)}$$

$$Q_T = 5,382 \text{ Kcal} + 32,04 \text{ Kcal} + 115,49 \text{ Kcal} + 11,43 \text{ Kcal}$$

$$Q_T = \mathbf{204,63 \text{ Kcal}}$$

5.1 CONCLUSIONES

- ✚ Según los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico de la harina de trigo 0000, tiene un contenido de humedad del 11,86 %, proteína total 9,30 % y cenizas 3,09%.
- ✚ De acuerdo a los resultados del análisis fisicoquímico de la mezcla húmeda, tiene un contenido de humedad del 39,95%, proteína total 15,19%, cenizas 3,68%, carbohidratos 10,69%, acides titulable 0,08%, materia grasa 28,69%, fibra 1,80%, hierro 7,23 mg/100g, zinc 7,23 mg/100g y un valor energético de 361,75 Cal/100g.
- ✚ Realizado evaluación sensorial para la selección del prototipo de magdalena, se puede concluir que la muestra M2 es la que tiene mayor puntaje en escala hedónica para los atributos de color (7,14), sabor (7,68), aroma (7,39), textura (6,93) y apariencia (6,61).
- ✚ Según evaluación sensorial realizada para la selección final del prototipo de magdalena. Se puede concluir que los jueces prefieren la muestra N2, ya que tiene mayor puntaje en escala hedónica para los atributos sabor (6,50) y aroma (6,36).
- ✚ Se realizó una evaluación sensorial en el proceso de dosificación, donde los atributos evaluados fueron color (7,24), sabor (7,36), aroma (7,32), textura (7,28) y apariencia (7,64). Se estableció que los jueces prefieren la muestra P8 (30 % de harina-19 % de leche-14,5 % de mantequilla) para $p < 0,01$.
- ✚ Realizado el diseño factorial 2^3 en el proceso de dosificación, se puede establecer que los factores H (harina de trigo 0000), L (leche) y M (mantequilla) y sus interacciones, no influyen de manera directa en el proceso

de dosificación; es decir, que los niveles de variación porcentuales tomados en cuenta no son significativos $p < 0,01$.

- ✚ Realizado la evaluación sensorial para establecer el tiempo y temperatura de horneado, donde los atributos evaluados fueron color (7,43), textura (7,39) y apariencia (7,43); la muestra con mayor preferencia por los jueces es la muestra Q4 (tiempo= 20 minutos; temperatura= 220 °C) para $p < 0,01$.
- ✚ Realizado el diseño factorial 2^2 en el proceso de horneado, donde se establece que los factor t (tiempo), (T) temperatura y sus interacciones no influyen de manera directa en el proceso de horneado; es decir, que los niveles de variación porcentuales tomados en cuenta no son significativos.
- ✚ Según los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico en el producto terminado podemos concluir que presenta un contenido del 27,66%, proteína total 16,54%, cenizas 3,39%, carbohidratos 23,93%, acidez titulable 0,07%, materia grasa 26,58%, fibra del 1,90%, materia seca 72,34%, hierro 16,5 mg/100g, zinc 7,23 mg/100g y valor energético de 401,12 Cal/100g.
- ✚ De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis microbiológico se establece que no presenta coliformes totales de 0,00E+00 NMP/g, coliformes fecales 1,00E+00 NMP/g, mohos 5,00E+00 UFC/g y levaduras 8,00E+00 UFC/g.

5.2 RECOMENDACIONES

- ✚ Se recomienda a las panaderías de la provincia Cercado la incorporación de micro-minerales (hierro y zinc) en los distintos productos que elaboran; con el fin de mejorar la calidad nutricional de los niños.

- ✚ Se recomienda al Municipio de Tarija, realizar acuerdos con los Centros de Madres que proveen desayuno escolar a diferentes colegios; la incorporación de magdalenas enriquecidas con hierro y zinc, con el propósito de disminuir la deficiencia nutricional en los niños en etapa escolar.

- ✚ Sugerir a las Guarderías de niños, Centros Pan, Centros Pidi del Departamento de Tarija; la incorporación de este tipo de producto (Magdalena enriquecidas con hierro y zinc) en su dieta alimentaria, para coadyuvar al crecimiento y desarrollo del aprendizaje.