

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



**“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA FORTIFICACIÓN CON
HIERRO EN UN PROTOTIPO DE BEBIDA A BASE DE GRANADA
(*Punica granatum L.*) EDULCORADO CON STEVIA (*Stevia
rebaudiana Bertoni*)”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
QUÍMICO**

ETHEL MIRELLA ATIQUIPA VENTOCILLA

ANGIE ISABEL TORRES BAQUERIZO

Callao, 2022

PERÚ

PRÓLOGO DEL JURADO

La presente tesis fue Sustentada por los Bachilleres **ETHEL MIRELLA ATQUIPA VENTOCILLA Y ANGIE ISABEL TORRES BAQUERIZO** ante el **JURADO DE SUSTENTACIÓN DE TESIS** conformado por los siguientes Profesores Ordinarios:

Ing. Dr. CARLOS ALEJANDRO ANCIETA DEXTRE	Presidente
Ing. Mg. POLICARPO AGATÓN SUERO IQUIAPAZA	Secretaria
Lic. Dr. NÉSTOR MARCIAL ALVARADO BRAVO	Vocal
Ing. Mg. FERNANDO HIPÓLITO LAYZA BERMÚDEZ	Suplente
Ing. Mg. BENIGNO HERÁCLIDES HILARIO ROMERO	Asesor

Tal como está asentado en el Libro N° 1 de Tesis Folio N° 88 y Acta N° 87 de fecha 23 de abril del 2022 para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico en la Modalidad de Titulación de Tesis con Ciclo de Tesis de conformidad establecido por el Reglamento de Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 099-2021-CU de fecha 30 de junio de 2021.

DEDICATORIA

A la memoria de mi hermana Gina Atiquipa Ventocilla, quien siempre forjó en mí el deseo de superación profesional y personal. A mis padres, y familia en general por ser un soporte y a la vez empuje durante mi etapa formativa.

Ethel Mirella Atiquipa Ventocilla

Dedico este trabajo a mi abuelita Marcelina Cervantes, a mis padres, hermanos y toda mi familia que me apoyaron de manera incondicional en cada etapa de mi vida.

Angie Isabel Torres Baquerizo

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios por guiar nuestros pasos a lo largo de nuestras vidas. A nuestra casa de estudios, la Universidad Nacional del Callao, por permitirnos formarnos profesionalmente y a los profesores que compartieron sus conocimientos y consejos durante nuestra etapa universitaria. Igualmente, nuestros agradecimientos a nuestro asesor Ing. Mg. Benigno Hilario, profesor de la facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Callao, y a la Ing. Mabel Luna por sus observaciones acertadas y el tiempo dedicado durante la elaboración de la tesis. Así como también a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de la presente tesis.

ÍNDICE

TABLA DE CONTENIDO	4
RESUMEN.....	7
ABSTRACT	8
INTRODUCCIÓN	9
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	10
1.2. Formulación del problema	10
1.2.1. Problema general	10
1.2.2. Problemas específicos	11
1.3. Objetivos.....	11
1.3.1. Objetivo general	11
1.3.2. Objetivos específicos	11
1.4. Limitantes de la investigación.....	11
1.4.1. Teórica	11
1.4.2. Temporal	11
1.4.3. Espacial.....	12
II. MARCO TEÓRICO.....	13
2.1. Antecedentes.....	13
2.1.1. Antecedentes internacionales	13
2.1.2. Antecedentes nacionales	15
2.2. Bases teóricas	18
2.2.1. Fortificación de alimentos.....	18
2.2.2. Bebida funcional.....	22
2.2.3. Néctar de fruta.....	23

2.2.4. Hierro	24
2.2.5. Granada	40
2.2.6. Stevia (Stevia rebaudiana Bertoni).....	44
2.3. Conceptual	47
2.4. Definición de términos básicos.	48
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES	51
3.1. Hipótesis.....	51
3.1.1. Hipótesis general.....	51
3.1.2. Hipótesis específicas.....	51
3.2. Definición conceptual de variables	51
3.2.1. Operacionalización de variable	52
IV. DISEÑO METODOLÓGICO	53
4.1. Tipo y diseño de investigación.....	53
4.2. Método de investigación	55
4.3. Población y Muestra	61
4.4. Lugar de estudio y período desarrollado	62
4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.....	62
4.6. Análisis y procesamiento de datos	64
V. RESULTADOS	65
5.1. Resultados descriptivos.....	65
5.1.1. Análisis Sensorial	65
5.1.2. Análisis Físicoquímicos	68
5.2. Resultados inferenciales.....	71
5.3. Otros resultados estadísticos	71
5.3.1. Análisis Sensorial	71
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	81

6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados.....	81
6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares	82
6.3. Responsabilidad ética de acuerdo con los reglamentos vigentes	86
CONCLUSIONES	87
RECOMENDACIONES.....	88
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	89
ANEXOS	92

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de aditivos de hierro.....	30
Tabla 2 Características de compuestos de hierro usados en la fortificación de alimentos.....	32
Tabla 3 Composición media de la granada	42
Tabla 4 Composición nutricional de la parte comestible	43
Tabla 5 Composición de la Stevia.....	47
Tabla 6 Operacionalización de las variables.....	51
Tabla 7 Representación de los tratamientos.....	54
Tabla 8 Representación del diseño factorial	54
Tabla 9 Escala hedónica.....	63
Tabla 10 Evaluación sensorial para el atributo olor.....	65
Tabla 11 Evaluación sensorial para el atributo color.....	66
Tabla 12 Evaluación sensorial para el atributo sabor.....	67
Tabla 13 Datos Experimentales para la prueba de pH.....	68
Tabla 14 Datos Experimentales para la prueba de sólidos solubles.....	68
Tabla 15 Volúmenes gastados para determinación de acidez.....	69
Tabla 16 Datos Experimentales para la prueba de acidez.....	69
Tabla 17 Resultados de la concentración de hierro por absorción atómica	69
Tabla 18 Resultados Promedio de la concentración de hierro por absorción atómica	70
Tabla 19 Recuperación de la concentración de hierro	70
Tabla 20 Prueba de normalidad para el atributo olor	72
Tabla 21 Prueba de normalidad para el atributo color	74
Tabla 22 Prueba de Tukey para el atributo color	76
Tabla 23 Prueba de normalidad para el atributo sabor	77

Tabla 24 Prueba de Tukey para el atributo sabor	79
-------------------------------------------------------	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Granada Wonderful.....	40
Figura 2 Stevia rebaudiana bertonii	45
Figura 3 Selección y clasificación de la granada.....	55
Figura 4 Lavado y desinfectado de la granada	55
Figura 5 Etapa de cortado y pelado de la granada	56
Figura 6 Etapa de prensado de la granada	56
Figura 7 Homogenización de la bebida.....	57
Figura 8 Tratamiento térmico de la bebida.....	58
Figura 9 Envasado y sellado de la bebida	58
Figura 10 Almacenamiento de la bebida.....	59
Figura 11 Diagrama de flujo del proceso	60
Figura 12 Resumen de contraste de hipótesis para el atributo olor	72
Figura 13 Prueba de Friedman para muestras relacionadas para análisis de la varianza de dos factores por rango para el atributo olor	73
Figura 14 Prueba de Friedman para el atributo olor.....	73
Figura 15 Resumen de contraste de hipótesis para el atributo color	74
Figura 16 Prueba de Friedman para muestras relacionadas para análisis de la varianza de dos factores por rango para el atributo color	75
Figura 17 Prueba de Friedman para el atributo color.....	75
Figura 18 Medias marginales estimadas de color	76
Figura 19 Resumen de contraste de hipótesis para el atributo sabor	78
Figura 20 Prueba de Friedman para muestras relacionadas para análisis de la varianza de dos factores por rango para el atributo sabor	78
Figura 21 Prueba de Friedman para el atributo sabor.....	78
Figura 22 Medias marginales estimadas de Sabor	80

RESUMEN

En la presente investigación se elaboraron bebidas a base de granada y stevia fortificadas con hierro a partir de cuatro tratamientos y adicionalmente una bebida sin fortificar (blanco). Se fortificaron las bebidas a base de granada edulcorado con Stevia con bisglicinato ferroso y fumarato ferroso en concentraciones de 4.8 y 4.4 mg/100ml del producto, basándose en un requerimiento de ingesta diaria de 16 mg/día y supliendo el 60 y 55% del valor diario recomendado (VDR). Éstas fueron evaluadas mediante análisis sensoriales, en los cuales se determinó que el tratamiento 3 (T3) (fumarato ferroso 4.8 mg/100ml) fue el más aceptado en cuanto al atributo color. Asimismo, se concluyó que no existe diferencia significativa en cuanto al atributo olor para los 4 tratamientos. En cuanto al atributo sabor, T3 fue el más aceptado, seguido del tratamiento 2 (T2) (bisglicinato ferroso 4.4 mg/100ml). De manera análoga se hicieron análisis fisicoquímicos, en los que se determinó que no hay diferencia significativa en cuanto al pH siendo estos valores de 3.41, 3.40, 3.33 y 3.41 para los tratamientos T1, T2, T3 y T4 respectivamente. Para la determinación de sólidos solubles se obtuvo valores de 8.16, 8.38, 8.77 y 8.59 para los tratamientos T1, T2, T3 y T4 respectivamente y para la determinación de la acidez expresada en porcentaje de ácido cítrico contenido en la bebida fortificada se obtuvo valores de 0.5525, 0.5589, 0.5803 y 0.5739% de ácido cítrico para los tratamientos T1, T2, T3 y T4 respectivamente.

Al analizar el contenido de hierro de cada tratamiento, se concluyó que la fortificación es viable para el bisglicinato ferroso ya que aporta valores de 9.96 mg y 9.04 mg de hierro en una porción de 200 ml de bebida fortificada, mientras que el fumarato ferroso mostró valores de 1.14 mg y 1.02 mg de hierro en 200 ml de bebida fortificada, se obtuvo valores inferiores a lo esperado debido a que el aditivo no se disolvió completamente en la bebida, provocando una deficiente fortificación.

Palabras clave: Granada, Stevia, valor diario requerido, bebida fortificada, bisglicinato ferroso, fumarato ferroso.

ABSTRACT

In the present investigation, beverages based on pomegranate and stevia fortified with iron were made from four treatments and additionally an unfortified beverage (white). Stevia-sweetened pomegranate-based beverages were fortified with ferrous bisglycinate and ferrous fumarate at concentrations of 4.8 and 4.4 mg/100ml of the product, based on a daily intake requirement of 16mg/day and supplying 60 and 55% of the recommended daily value (RDV). These were evaluated by sensory analysis, in which it was determined that treatment 3 (T3) (ferrous fumarate 4.8 mg/100ml) was the most accepted in terms of the color attribute. Likewise, it was concluded that there is no significant difference in terms of the odor attribute for the 4 treatments. Regarding the flavor attribute, T3 was the most accepted, followed by treatment 2 (T2) (ferrous bisglycinate 4.4 mg/100ml). Physicochemical analyzes were carried out in a similar way, in which it was determined that there is no significant difference in terms of pH, these values being 3.41, 3.40, 3.33 and 3.41 for treatments T1, T2, T3 and T4, respectively. For the determination of soluble solids, values of 8.16, 8.38, 8.77 and 8.59 were obtained for treatments T1, T2, T3 and T4, respectively, and for the determination of acidity expressed as a percentage of citric acid contained in the fortified beverage, values of 0.5525, 0.5589, 0.5803 and 0.5739% of citric acid for treatments T1, T2, T3 and T4 respectively.

When analyzing the iron content of each treatment, it was concluded that fortification is feasible for ferrous bisglycinate since it provides values of 9.96 mg and 9.04mg of iron 200ml in a 200 ml serving of fortified beverage, while ferrous fumarate showed values of 1,14mg and 1,02mg of iron in 200 ml of fortified drink, values lower than expected were obtained because the additive was not completely dissolved in the drink, causing poor fortification.

Keywords: Pomegranate, stevia, required daily value, fortified beverage, ferrous bisglycinate, ferrous fumarate.

INTRODUCCIÓN

La fortificación de alimentos es una forma de prevenir la desnutrición en la población mundial, mediante la adición de micronutrientes específicos. Dependiendo del tipo de fortificación y al público al que está dirigido, existen situaciones en las cuales este proceso es más factible, rápido y económico, de esta manera, se reduce la deficiencia de hierro en la sangre, problema que afecta a la población peruana. Es por ello que, con el objetivo de enfrentar las carencias de micronutrientes, se consideran diversas estrategias o métodos.

Actualmente, el país atraviesa una problemática muy grande como es la deficiente alimentación de población peruana, especialmente la deficiencia de hierro en la sangre, esto ha causado diversos problemas de salud tales como la anemia ferropénica que ha afectado a los lactantes, niños, jóvenes, adultos, mujeres embarazadas y población en general. Por lo cual, se propone como alternativa de estudio la evaluación del efecto de fortificación con hierro de un prototipo de bebida a base de granada edulcorada con stevia, el cual nos brindara información esencial y el tipo de aditivo de hierro que se pueden emplear para la fortificación de bebidas. Con ello se espera ampliar los conocimientos en el campo de estudio de la fortificación con hierro en bebidas, así como la caracterización de la misma.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

Uno de los minerales de mayor importancia para el pleno desarrollo del cuerpo humano, es el hierro, el cual nos indica el estado nutricional de la población (Mudipalli, 2008). Para llevar a cabo procesos metabólicos, este mineral es fundamental, debido que forma parte de una diversidad de enzimas y complejos moleculares (Conrad, 2000). El hierro es el encargado del transporte de oxígeno (Toxqui, 2010) conllevando la producción de energía, además es el principal participante de la síntesis, degradación y almacenamiento de neurotransmisores (Suárez, 1985), en la función eritropoyética y en la respuesta inmune de las células (Muñoz, 2011).

Para disminuir la desnutrición de la población se ha buscado estrategias específicas, resultando viable la fortificación de alimentos, sin embargo, el principal inconveniente es la elección del fortificante y el alimento a fortificar. Debido a ello se ha realizado estudios en alimentos y bebidas en especial aquellos de origen vegetal mediante compuestos de hierro, entre los más estudiados y aplicados en la industria alimentaria son el sulfato ferroso debido a su bajo costo y disponibilidad en el mercado, los compuestos de hierro quelados cuya ventaja principal es la estabilidad frente a inhibidores de hierro y los compuestos de hierro encapsulados que retrasan los cambios sensoriales adversos durante su almacenamiento. En este trabajo se discutió con mayor detalle las diferentes maneras en la que podemos adicionar este importante mineral tomando en cuenta tanto características sensoriales como nutricionales.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el efecto de la fortificación con hierro en un prototipo de bebida a base de granada edulcorado con Stevia?

1.2.2. Problemas específicos

¿Cuál es la concentración óptima de hierro para la elaboración de un prototipo de bebida a base de granada edulcorada con Stevia?

¿Cuál es el tipo de aditivo óptimo de hierro para la elaboración de un prototipo de bebida a base de granada edulcorada con Stevia?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la fortificación con hierro en un prototipo de bebida a base de granada edulcorado con Stevia.

1.3.2. Objetivos específicos

Determinar la concentración óptima de hierro para la elaboración de un prototipo de bebida fortificada a base de granada edulcorado con Stevia.

Determinar el tipo de aditivo óptimo de hierro para la elaboración de un prototipo de bebida fortificada a base de granada edulcorado con Stevia

1.4. Limitantes de la investigación

1.4.1. Teórica

La investigación se basó en el estudio de la fortificación en alimentos con micronutrientes, basándonos en los compuestos bioactivos de la granada y Stevia, además de formulaciones básicas de bebidas a partir de productos naturales.

1.4.2. Temporal

Tanto la materia prima como los insumos que se utilizaron están disponibles en todo período del año, por lo tanto, no existe limitante temporal.

1.4.3. Espacial

El producto puede ser aprovechado en todas partes del mundo, sin embargo, la aceptabilidad de la bebida fue evaluada en Lima Metropolitana- Perú.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Serpa et al. (2016) en su investigación titulada “Desarrollo de un refresco a partir de la mezcla de fresa (*Fragaria ananassa*), mora (*Rubus glaucus*), gulupa (*Passiflora edulis Sims*) y uchuva (*Physalis peruviana L.*) fortificado con hierro y dirigida a niños en edad pre-escolar”, llevada a cabo en Antioquía, Colombia, elaboró un refresco a partir de la mezcla de fresa, mora, gulupa y uchuva, fortificada con hierro. Para esto, caracterizó las cuatro frutas, y desarrolló un refresco sin adición de hierro, partiendo de los resultados de dicha caracterización y de los requerimientos establecidos en la normativa Nacional, con el fin de obtener los niveles a introducir en el diseño experimental ortogonal seleccionado. Basándose en una ingesta diaria recomendada de 12mg de hierro para niños de mayores de 6 meses y menores de 4 años, emplearon como aditivo al bisglicinato ferroso a concentraciones de 0.02 y 0.03g/100g de producto, el cual la bebida con mayor aporte de fruta y de hierro fue la de 0.03g/100g. Los mejores resultados de aceptación del producto obtenidos a partir de los análisis de caracterización sensorial, fueron el punto de partida para el desarrollo del jugo fortificado con hierro, donde los porcentajes de hierro a evaluar en el diseño ortogonal, se seleccionaron a partir de los valores diarios recomendados de ingesta para este mineral en la población infantil. Finalmente se seleccionó la mejor formulación (36,7% de fruta y el 40% del valor diario recomendado de hierro, en una porción de 250 ml) al prototipo 527 teniendo un aporte de 4.1mg de hierro y 23.1mg de vitamina C.

Hernández (2017) en su trabajo de investigación “Evaluación de la aceptabilidad y estabilidad de una bebida láctea endulzada con hidrolizado de lactosa y enriquecida con hierro”, desarrollada en la Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, fue encaminada al aprovechamiento de la lactosa a partir del concentrado de lactosa obtenido de un proceso de separación por membranas mediante nanofiltración, hidrolizado al 84% y concentrado hasta 72°Brix como endulzante parcial en la elaboración de una

leche saborizada con cocoa y enriquecida con hierro aminoquelado como aporte de hierro a la dieta. Parámetros fisicoquímicos tales como sólidos solubles, acidez titulable, densidad, viscosidad y color fueron evaluados para combinaciones de hidrolizado entre 50%, 75% y 100% de reemplazo en la formulación y en porcentajes de hierro entre 5%, 10% y 15% del valor diario requerido (VDR). Concluyendo que la incorporación de un concentrado de lactosa hidrolizada enzimáticamente como sustituyente parcial de la sacarosa es viable hasta en un 50% sin cambios significativos en las características de sabor de bebidas chocolatadas enriquecidas con hierro aminoquelado como bisglicinato de hierro (5% de VDR). Las características fisicoquímicas, fueron alteradas en relación a las de una bebida testigo. Sin embargo, estas diferencias no afectaron la calidad determinada por un panel de jueces entrenados, con excepción del color, el cual presentó alteraciones disminuyendo los tonos rojos y amarillos, generado por la presencia del bisglicinato, que a pesar de que no genera cambios significativos en el sabor de la bebida, sí ocasiona defectos de color.

Troncoso (2018) en su investigación “Desarrollo de galletas enriquecidas con fitoesteroles y fortificadas con hierro y calcio vehiculados con hidrolizados de caseína” desarrollada en la Universidad de Vigo, España, tuvo como objetivo principal desarrollar galletas fortificadas con hierro y calcio vehiculadas con hidrolizados de caseína que contienen fosfopéptido de caseína (CPP), para favorecer la disponibilidad de hierro y calcio. Además, se incorporaron fitoesteroles a las galletas debido a su efecto hipocolesterolémico. Para ello, se prepararon las siguientes formulaciones de galleta de tipo masa corta incluyendo las siguientes combinaciones de ingredientes: hidrolizados de caseína con fitoesteroles, hidrolizados de caseína con bisglicinato ferroso, e hidrolizados de caseína con lactato cálcico, y se estudiaron distintos efectos derivados de dichas fortificaciones. Los resultados mostraron que es viable producir galletas de tipo masa corta fortificadas con fitoesteroles como ingrediente con reconocido efecto hipocolesterolémico, e hidrolizados de caseína como agentes vehiculantes de hierro y calcio, manteniendo un nivel de calidad sensorial aceptable. La incorporación de hidrolizados de caseína

produjo una mejora de la estabilidad oxidativa respecto a las galletas sin hidrolizados, y el efecto prooxidante esperado por parte del hierro no se detectó, pero las características organolépticas proporcionadas por los ingredientes de hierro y calcio, concretamente los sabores metálico y picante respectivamente, se intensificaron durante el almacenamiento.

Flores et al. (2018) en su trabajo de investigación “Obtención de harina de plátano verde tipo hartón (*Musa AAB*) precocida y fortificada” desarrollada en la Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador, tuvo como objetivo la obtención de harina de plátano verde tipo hartón (*Musa AAB*) precocida y fortificada con una sal de hierro, menciona que la fortificación se realizó con fumarato ferroso y pirofosfato férrico a concentraciones de 20%, 40% y 50% del valor recomendado diario VDR 14 mg de hierro, asimismo fue analizada sensorialmente mediante un jurado seleccionado y definido mediante la prueba estadística ANOVA, se demostró que la concentración de hierro no incide en el sabor de la muestra, pero si en el color de los productos elaborados de harina, teniendo la harina fortificada con fumarato férrico un color oscuro, mientras que la harina fortificada con pirofosfato ferroso mantuvo colores similares a la muestra de harina sin fortificar; por lo cual se decidió fortificar a la harina de plátano verde con pirofosfato férrico a una concentración del 20% del valor diario recomendado VDR. Al producto final se realizaron análisis microbiológicos, físico-químicos y sensoriales.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Arisaca, et al. (2016) en su tesis “Efecto del enriquecido y fortificado con hierro y ácido linolénico en el pan blanco” publicada en la Revista de Investigaciones Altoandinas, Puno, Perú, se determinaron las características físico-químicas, sensoriales y biológicas en la absorción de hierro y Relación de Eficiencia Proteica (PER). Se formularon 25 tratamientos, utilizando el Diseño Central Compuesto Rotable (DCCR) para las variables de sustitución de la harina de quinua, cañihua, maca, y linaza; la harina de trigo se mantuvo entre 80-95%. Se realizó la prueba afectiva de satisfacción, y evaluados por la prueba estadística de Friedman ($p \leq 0.01$), se seleccionó la muestra T-20 (15.5% de

sustitución), por presentar valores significativos elevados en todos los atributos analizados. La muestra T-20 presentó 6.77 mg Fe/100g, 0.71g de ácido linolénico/100g de producto, la absorción de hierro y PER estudiadas in vivo se reportó 3.8 mg Fe/l de sangre y PER=1.13, en ambos casos los valores fueron superiores al grupo control (pan blanco) que presentó 0.1 mg Fe/l de sangre y PER=0.96 L.

Campos, (2019) en su investigación “Formulación y elaboración de una bebida nutritiva a base de lactosuero con jugo de naranja (*Citrus sinensis*)” desarrollada en la Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú, tuvo como objetivo formular y elaborar una bebida nutritiva a base de lactosuero con jugo de naranja, con tres tratamientos a tres concentraciones de azúcar (12, 14 y 16 °Brix), obteniendo 9 formulaciones, donde los porcentajes de lactosuero y jugo de naranja fueron: muestra 1 (40%lactosuero, 60% jugo); muestra 2 (50%lactosuero, 50%jugo) y muestra 3 (60%lactosuero, 40%jugo), también se adicionaron CMC (0.25%) y sorbato de potasio (0.04%), se mezclaron y pasteurizaron. A estas formulaciones se le midió pH, °Brix y acidez; posteriormente se realizaron pruebas de evaluación sensorial como la prueba hedónica, además se realizó un análisis proximal del lactosuero. Los resultados de las características sensoriales y fisicoquímicas de las bebidas fueron analizados a través del ANOVA y como existía significación se realizó la prueba de Tukey, se empleó el diseño completamente al azar. Finalmente, la mejor formulación de la combinación de lactosuero con jugo de naranja, se identificó con la evaluación sensorial y fue la muestra 1 con 40 % de lactosuero y 60% de jugo, la que obtuvo la mayor preferencia.

Chiroque, et al (2019) en su investigación “Elaboración y caracterización de una bebida funcional a partir de la granada (*Punica granatum L.*), Edulcorado con estevia (*Stevia rebaudiana Bertoni*)” desarrollada en la Universidad de Piura, Perú, tuvieron como objetivo elaborar una bebida a base de granada y estevia considerando 9 formulaciones de las cuales obtuvo como óptima la de 600 ml de zumo de granada y 600 ml de agua, al 0.01gr de estevia, siendo calificado como bueno. Concluyendo que la granada puede ser aprovechada

para darle valor agregado en la elaboración de bebidas con propiedades funcionales beneficiosos para los consumidores por sus propiedades.

Cornejo (2021) “Néctar de manzana fortificado con sulfato ferroso y harina de soya: una alternativa para mitigar la anemia y desnutrición” desarrollada en la Universidad Nacional de Tumbes, Tumbes, Perú, tuvo como objetivo obtener un Néctar de Manzana Fortificado con harina de soya y sulfato ferroso, sin alguna reacción adversa en su calidad organoléptica. Para conseguir esto, se seleccionó un grupo de panelistas quienes se encargaron de evaluar el producto final. Se utilizó un tipo de investigación experimental manteniendo constante la concentración de harina de soya en un 25% del total y variando la concentración del sulfato ferroso, siendo estas del 0.5%, 1% y 1.5%. Luego de realizar los análisis correspondientes al producto final obtenido, los resultados fueron de 2.684 mg/100g de hierro para la concentración de 0.5%, 2.935 mg/100g de hierro para la concentración de 1% y 3.234 mg/100g de hierro para la concentración de 1.5%. Finalmente, por medio de pruebas de aceptabilidad, se determinó que la combinación de harina de soya y sulfato ferroso (25% y 1.0% respectivamente) fue el más preferido por los panelistas, obteniendo una puntuación de 87 puntos. El 85% de los panelistas manifestaron su preferencia por este producto.

Huamán (2019) en su trabajo “Elaboración de pulpa de pitahaya fortificada con hierro y usos en la industria alimentaria” desarrollada en la Universidad Peruana de las Américas, Lima, Perú, tuvo como objetivo principal determinar si existe diferencia en las propiedades organolépticas (olor, aroma, sabor y apariencia) entre la pulpa de pitahaya sin hierro y la pulpa de pitahaya con (Sulfato ferroso en polvo). Así mismo realizó análisis fisicoquímicos (grados brix, pH, densidad y acidez expresada en ácido cítrico) de los tres tratamientos de la pulpa pitahaya amarilla. Diseñó tres tratamientos (Tratamiento 1: grupo control, tratamiento 2 y tratamiento 3, los dos últimos fueron fortificados con hierro 15 mg y 20 mg respectivamente), con la finalidad de evaluar, comparar e identificar el mejor tratamiento en cuanto a sus propiedades organolépticas, en el cual obtuvieron valores de 8.2 mg de hierro/Kg para el T1, 114.6 mg de

hierro/Kg para el T2 y 152.9 mg de hierro/Kg para el T3. Con una prueba de U Mann Whitney confirmó que la pulpa de pitahaya tratada con 15 mg. o con 20 mg. de hierro no difieren significativamente con respecto al color. Con respecto al aroma, evidenció que no hay diferencia significativa en comparación con el T1. Con respecto al sabor, evidenció que si hay diferencia significativa entre los tratamientos T2 y T3 en comparación con el T1. Con respecto a la apariencia, evidenció que, si hay diferencia significativa de los tratamientos T2 y T3 en comparación con el T1, los tratamientos fortificados no fueron aceptados por los panelistas. Explicó esta diferencia de la apariencia, en el hecho de que el sulfato ferroso no se disolvió en la pulpa de pitahaya.

Medina (2021) en su estudio “Evaluación nutricional y sensorial de una compota de oca (*oxalis tuberosa*) y mora (*rubus ulmifolius*) enriquecida con hierro” desarrollada en la Universidad Señor de Sipán, Lambayeque, Perú; determinó la formulación adecuada de 11 muestras mediante un análisis sensorial y la adición de sulfato ferroso en tres concentraciones C1: 35.38mg/100g, C2: 22.12mg/100g y C3: 8.84 mg/100g lo que evaluó mediante un análisis sensorial con 50 panelistas no entrenados. Los resultados obtenidos señalaron que la mejor muestra en los atributos color, olor, sabor, textura y apariencia general fue 47.37% de oca, 47.04% de zarzamora y 5.59% de agua y 22.12mg/100g de hierro.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Fortificación de alimentos

La fortificación de alimentos generalmente se refiere a la adición deliberada de uno o más micronutrientes a un alimento en particular, con el objetivo de aumentar la ingesta de dicho micronutriente para corregir o prevenir una carencia demostrada y proporcionar un beneficio para la salud. El grado en el cual el suministro alimentario se fortifica varía considerablemente. La concentración de un solo micronutriente se puede incrementar en un producto alimentario (por ejemplo, la yodación de la sal), o se puede incrementar en un alimento o combinaciones de alimentos una amplia gama de micronutrientes. El

impacto de la fortificación de alimentos para la salud pública depende principalmente del nivel de fortificación, la biodisponibilidad del compuesto de vitaminas y minerales agregados y el nivel de consumo del alimento fortificado. Sin embargo, como regla general, mientras el alimento fortificado se consuma más amplia y regularmente, es más probable que una mayor proporción de la población se beneficie de la fortificación de los alimentos. (OMS y FAO, 2017)

El documento del Codex: Principios Generales para la Adición de Nutrientes Esenciales a los Alimentos define la fortificación o enriquecimiento como la adición de uno o más nutrientes esenciales a un alimento, tanto si está contenido normalmente en el alimento o no, con el fin de prevenir o corregir una carencia demostrada de uno o más nutrientes en la población o en grupos específicos de la población. Los Principios Generales del Codex indican que la primera condición para el cumplimiento de cualquier programa de fortificación debería ser la necesidad demostrada de incrementar el consumo de un nutriente esencial en uno o más grupos de población. Tal necesidad deberá demostrarse mediante indicadores clínicos o subclínicos de deficiencia, estimaciones que indiquen niveles bajos de ingesta de nutrientes o posibles carencias que podrían surgir a raíz de cambios en los hábitos alimentarios». (Codex Alimentarius Commission, 1987)

Tipos de fortificación

La fortificación de alimentos puede hacerse de varias maneras. Es posible fortificar alimentos que son consumidos ampliamente por la población general (fortificación masiva), o alimentos diseñados para subgrupos específicos de la población, como alimentos complementarios para niños pequeños o raciones para poblaciones desplazadas (fortificación focalizada), o permitir a los fabricantes de alimentos fortificar voluntariamente alimentos disponibles en el mercado (fortificación orientada por el mercado). (Organización Mundial de la Salud [OMS] y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2017)

En términos generales, la fortificación masiva casi siempre es obligatoria, la fortificación focalizada puede ser obligatoria o voluntaria, dependiendo de la magnitud del problema de salud pública que se está abordando, y la fortificación orientada por el mercado es siempre voluntaria, pero gobernada por límites reglamentarios. La elección entre fortificación de alimentos obligatoria o voluntaria por lo general depende de las circunstancias nacionales. Por ejemplo, en los países donde una gran proporción de la producción de harina de maíz se hace en pequeños molinos, la acción coercitiva para asegurar el cumplimiento de la fortificación obligatoria podría no ser práctica. En dichas circunstancias, una opción podría ser permitir a los pequeños molinos fortificar su producto de manera voluntaria, pero siguiendo reglamentaciones específicas. (OMS y FAO, 2017)

Fortificación masiva

Según se indicó anteriormente, la fortificación masiva es el término utilizado para describir la adición de uno o más micronutrientes a los alimentos que consume comúnmente la población general, como cereales, condimentos y leche. Usualmente la fortificación masiva es promovida, ordenada y reglamentada por el sector gubernamental. (OMS y FAO, 2017)

Generalmente, la fortificación masiva es la mejor opción cuando la mayor parte de la población enfrenta un riesgo inaceptable, en términos de salud pública, de tener o desarrollar carencias de micronutrientes específicos. En algunas situaciones es posible demostrar la carencia mediante evidencia de que la ingesta es inaceptablemente baja o se encuentran signos bioquímicos de la deficiencia. En otros casos, la población podría no padecer la deficiencia de acuerdo con los criterios bioquímicos y alimentarios usuales, pero es probable que se beneficie de la fortificación. La adición obligatoria de ácido fólico a la harina de trigo con el propósito de reducir el riesgo de defectos congénitos, una práctica que se introdujo en Canadá, en los Estados Unidos y en muchos países latinoamericanos, es un ejemplo de esta última situación. (OMS y FAO, 2017)

Fortificación focalizada

En los programas de fortificación focalizada se fortifican los alimentos dirigidos a subgrupos específicos de la población, con lo cual se incrementa la ingesta del nutriente en el grupo en particular en lugar de la totalidad de la población. Como ejemplos podemos mencionar los alimentos complementarios para lactantes y niños pequeños, los alimentos preparados para programas de alimentación escolar, las galletas especiales para niños y mujeres embarazadas, y las raciones (mezclas de alimentos) para alimentación en situaciones de emergencia y para personas desplazadas. En algunos casos, es posible que dichos alimentos sean necesarios para proporcionar una proporción sustancial de los requerimientos diarios de micronutrientes del grupo objetivo. (OMS y FAO, 2017)

La mayor parte de las mezclas de alimentos para la alimentación de refugiados y personas desplazadas son administradas por el Programa Mundial de Alimentos (PMA) y las directrices que cubren su fortificación (como las mezclas de trigo y soya y de maíz y soya) ya están disponibles. Aunque las mezclas de alimentos por lo general proporcionan toda o casi toda la ingesta de energía y proteínas de personas refugiadas o desplazadas, especialmente en las primeras etapas del desplazamiento, dichos alimentos no siempre aportan las cantidades adecuadas de todos los micronutrientes. Por lo tanto, podría ser necesario proporcionar otras fuentes de micronutrientes, en particular, agregar sal yodada a los alimentos, distribuir suplementos de hierro a las mujeres embarazadas o administrar altas dosis de vitamina. A los niños pequeños o a las mujeres durante el posparto. Siempre que sea posible, se deberán agregar frutas y vegetales frescos a la alimentación de las personas desplazadas que dependen de mezclas de alimentos. Con frecuencia los alimentos fortificados para las personas desplazadas están dirigidos a los niños y a las mujeres embarazadas o a los lactantes. (OMS y FAO, 2017)

Fortificación orientada por el mercado

El término se aplica a situaciones en las que el fabricante de alimentos parte de una motivación comercial para agregar cantidades específicas de uno o más micronutrientes a los alimentos procesados. Aunque voluntaria, este tipo de fortificación de alimentos por lo general ocurre dentro de límites reglamentarios establecidos por el gobierno. (OMS y FAO, 2017)

Fortificación domiciliaria y comunitaria

En varios países se está tratando de desarrollar y probar métodos prácticos para agregar micronutrientes a los alimentos en el ámbito domiciliario, especialmente a los alimentos complementarios para los niños pequeños. De hecho, este enfoque es una combinación de suplementación y fortificación, y algunos lo refieren como suplementación de alimentos complementarios. (OMS y FAO, 2017)

2.2.2. Bebida funcional

Las bebidas son el segundo grupo entre los alimentos con mayor crecimiento. El mayor número de lanzamientos en bebidas a nivel mundial, corresponde a las bebidas funcionales, de acuerdo con Mintel Global Products Database (GNPD). Dentro de las bebidas funcionales, los jugos entran al grupo de las bebidas enriquecidas con nutrientes indispensables para el organismo, como las vitaminas (β -caroteno, C, E, D), los azúcares (fructosa, sacarosa) y los minerales (calcio, hierro, magnesio, fósforo) (Pita, 1997). Se dice que una bebida es funcional cuando ésta es modificada o en forma de ingrediente es capaz de dar un beneficio para la salud, más allá del que darían sus nutrientes. (Morales, 2011).

Las bebidas funcionales están ganando mayor interés debido a los beneficios asociados a su consumo, considerando la alta demanda de alimentos de calidad y las recientes tendencias como alimentos naturales, funcionales, bajos en calorías, etc. De todos los productos funcionales que hoy día se ofrecen en el mercado, las bebidas son las más emergentes de todas las categorías, por

su conveniencia y posibilidad de satisfacer las necesidades de los consumidores en términos de contenido, tamaño, forma y apariencia, por su facilidad de distribución y almacenamiento, por su larga vida útil y por la oportunidad de incorporar nutrientes y componentes bioactivos fácilmente. (Corbo, et al., 2014).

Características fisicoquímicas de la bebida

Para las bebidas constituidas a base de frutas se debe cumplir los requisitos según NTP 203.110 2009, entre ellos los análisis fisicoquímicos más importante requeridos para evaluar su calidad son pH, sólidos solubles, acidez, proteínas, grasas y cenizas. Para realizar un estudio sensorial es necesario la aplicación de una escala hedónica que puede ser de 9 puntos o 5 puntos debidamente formuladas.

2.2.3. Néctar de fruta

Un tipo de bebida funcional son los néctares, según la NTP 203.110 2009, es el producto sin fermentar, pero fermentable, que se obtiene añadiendo agua, con o sin adición de azúcares, de miel y/o jarabes, y/o edulcorantes. Podrán añadirse sustancias aromáticas (naturales, idénticas a los naturales, artificiales o una mezcla de ellos), permitidos por la autoridad sanitaria nacional competente o en su defecto por el Codex Alimentarius. También puede añadirse pulpa y células procedentes del mismo tipo de fruta. Deberá satisfacer además los requisitos para los néctares de fruta.

Requisitos para néctares (según NTP 203.110 2009)

- a) El néctar puede ser turbio, claro o clarificado y debe tener las características sensoriales propias de la fruta de la cual procede.
- b) El néctar debe estar exento de olores o sabores extraños u objetables.
- c) El néctar de fruta debe tener un pH menor de 4.5 (determinado según la Norma ISO 1842)
- d) El contenido de sólidos solubles provenientes de la fruta presentes en el néctar deberá ser mayor o igual al 20 % m/m de los sólidos solubles

contenidos en el jugo original para todas las variedades de frutas tal como se indica en el Anexo A, excepto para aquellas que por su alta acidez natural no permitan estos porcentajes. Para los néctares de estas frutas de alta acidez, el contenido de jugo o puré deberá ser el suficiente para alcanzar una acidez natural mínima de 0,4 %, expresada en su equivalente a ácido cítrico.

Para una bebida fortificada con hierro Rocha y Coy (2006) mencionan: “Según resolución 17855 de 1984 del Ministerio de Salud, el requerimiento diario de hierro y calcio es de 16 mg y 500 mg respectivamente”.

2.2.4. Hierro

El hierro es el micronutriente más desafiante para agregar a los alimentos debido a que los compuestos de hierro que tienen la mejor biodisponibilidad tienden a ser los que interactúan más fuertemente con los constituyentes alimentarios para producir cambios organolépticos indeseables. El objetivo general cuando se selecciona un compuesto de hierro para ser usado en la fortificación de alimentos, es encontrar el que tenga la mayor biodisponibilidad relativa¹ (BDR) con respecto al sulfato ferroso y que, al mismo tiempo, no cause cambios inaceptables en las propiedades sensoriales (sabor, color, textura) del vehículo alimentario. Por lo general el costo es otro factor importante a considerar. (OMS y FAO, 2017)

Compuestos de hierro inorgánico

Los compuestos de hierro inorgánico disponibles para la fortificación de alimentos, se subdividen en tres categorías: solubles en agua, poco solubles en agua, pero solubles en ácido diluido e insolubles en agua y poco solubles en ácido diluido (Organización Panamericana de la Salud [OPS], 2002).

- **Compuestos solubles en agua**

Al ser altamente solubles en los jugos gástricos, los compuestos de hierro solubles en agua tienen la mayor biodisponibilidad relativa de todos los compuestos de hierro y por esta razón con mayor frecuencia son la elección de preferencia. Sin embargo, estos compuestos también son los que tienen mayor

probabilidad de producir efectos adversos sobre las calidades organolépticas de los alimentos, particularmente el color y el sabor. Durante un almacenamiento prolongado, la presencia del compuesto de hierro puede causar rancidez en ciertos alimentos y posteriormente malos olores. Además, en el caso de la fortificación múltiple, el hierro libre producido por la degradación de los compuestos de hierro presentes en el alimento puede oxidar algunas de las vitaminas incluidas en la mezcla de nutrientes a ser adicionados. (OMS y FAO, 2017).

Las formas de hierro solubles en agua son especialmente adecuadas para fortificar harinas de cereales que tienen una rotación relativamente rápida, un mes en climas cálidos y húmedos o hasta tres meses en climas secos y fríos. Los compuestos de hierro solubles en agua también son útiles para alimentos secos, como las pastas y la leche en polvo, así como preparaciones para lactantes con leche en polvo. Es posible utilizar formas encapsuladas, compuestos de hierro que han sido recubiertos para separar físicamente el hierro de cualquier otro componente del alimento, para retrasar o evitar los cambios sensoriales. El sulfato ferroso es por mucho el compuesto de hierro soluble en agua más empleado, principalmente porque es el más económico. Se ha usado ampliamente para la fortificación de la harina. Sin embargo, dependiendo de sus características físicas, el clima y el contenido de grasa de la harina a la que se agrega, el sulfato ferroso puede causar rancidez, por lo cual es necesario evaluar la conveniencia de su uso como fortificante en pruebas piloto. (OMS y FAO, 2017)

Los compuestos de hierro solubles en agua incluyen el sulfato ferroso. Su solubilidad es instantánea en el estómago. La absorción puede variar de aproximadamente un 1% a quizás un 50%, según el estado nutricional de hierro del individuo, la presencia de promotores e inhibidores de absorción del hierro en la comida y el contenido de hierro de la comida (Hurrell, 1997a).

La desventaja del sulfato ferroso es que reacciona fácilmente con otras sustancias que existen naturalmente en la matriz alimentaria. Esto puede causar cambios sensoriales (sabor, color y olor) debido a la oxidación de

grasas (rancidez). El sulfato ferroso también puede modificar las propiedades físicas del producto final hecho con los alimentos fortificados y precipitarse como complejos de hierro insolubles cuando se usa en preparaciones líquidas. El sulfato ferroso se usa principalmente en la harina de pan que se almacena por menos de dos a tres meses. El costo de este compuesto de hierro es relativamente bajo, tomando en cuenta su biodisponibilidad. (OPS, 2002)

- **Compuestos de hierro poco solubles en agua, pero solubles en ácido diluido**

Los compuestos que corresponden a la segunda categoría de compuestos de hierro también se absorben razonablemente bien en los alimentos debido a que son solubles en los ácidos gástricos del estómago de los adultos y adolescentes saludables. Se ha suscitado cierta preocupación acerca de la absorción en lactantes que pudieran secretar menos ácido, pero se necesitan más investigaciones en este sentido antes de poder establecer conclusiones firmes. Sin embargo, en la mayoría de las personas, con la posible excepción de las personas con secreción disminuida de ácido gástrico debido a problemas médicos, es probable que la absorción del hierro de estos compuestos sea similar a la de los compuestos de hierro solubles en agua. Los compuestos de hierro poco solubles en agua, como el fumarato ferroso, tienen la ventaja de causar menos problemas sensoriales en los alimentos que los compuestos solubles en agua y, por lo general, son la segunda elección a tomarse en consideración, especialmente si las formas más solubles en agua causan cambios organolépticos inaceptables en el vehículo alimentario seleccionado. El fumarato ferroso y el sacarato férrico son los compuestos de hierro más comúnmente utilizados en este grupo, y en los adultos tiene una biodisponibilidad similar a la del sulfato ferroso. El primero se usa con frecuencia en la fortificación de cereales para lactantes y el último para bebidas de chocolate en polvo. El fumarato ferroso se usa para la fortificación de harina de maíz en Venezuela y harina de trigo en Centroamérica, donde también se ha propuesto como un compuesto potencial para la masa de maíz. Es posible

utilizar el fumarato ferroso en una forma encapsulada para limitar los cambios sensoriales. (OMS y FAO, 2017)

Estos compuestos se disuelven lentamente en la concentración ácida normal del estómago. El fumarato ferroso es el compuesto principal en esta categoría. Se absorbe tan bien como el sulfato ferroso en los adultos y adolescentes, pero los datos recientes indican que se absorbe menos en las personas con una concentración de ácido gástrico inferior, en particular los niños pequeños (Davidsson et al, 2001).

La ventaja de este compuesto es que interactúa menos con la matriz alimentaria, y causa menos cambios sensoriales. Por estas razones, se usa generalmente en los cereales para niños, las bebidas de chocolate y algunos alimentos para el período de destete a base de cereal disponibles en el mercado. El precio del fumarato ferroso es similar al del sulfato ferroso. (OPS, 2002)

- **Compuestos de hierro insolubles en agua y poco solubles en ácido diluido**

En relación con el sulfato ferroso, la absorción de los compuestos de hierro insolubles en agua varía de aproximadamente 20% hasta 75%. A pesar de su reducida absorción, la industria alimentaria ha utilizado ampliamente los compuestos de hierro insolubles en agua debido a que tienen un efecto mucho menor sobre las propiedades sensoriales de los alimentos (a los niveles empleados actualmente) y porque son menos costosos que los compuestos más solubles. Sin embargo, por lo general se les considera como la opción de último recurso, especialmente en ambientes donde la alimentación de la población objetivo es alta en inhibidores de la absorción del hierro. Si es necesario emplear un compuesto de hierro insoluble en agua, idealmente deberá tener un equivalente de absorción de por lo menos 50% respecto al sulfato ferroso (medido en pruebas en ratas o en seres humanos), y sería necesario agregar el doble de la cantidad normal para compensar la reducción de la tasa de absorción. (OMS y FAO, 2017)

En esta categoría de compuestos de hierro, el fosfato férrico, ortofosfato férrico y pirofosfato férrico se utilizan para fortificar arroz, así como algunos cereales para lactantes y alimentos que contienen chocolate. Tienen una biodisponibilidad de hierro moderada: se ha reportado que la biodisponibilidad relativa del pirofosfato férrico es de 21% a 74%, mientras que la del ortofosfato férrico es de 25% a 32%. Sin embargo, la biodisponibilidad relativa de los fosfatos férricos puede cambiar durante el procesamiento del alimento. (OMS y FAO, 2017)

El polvo de hierro elemental se utiliza en varios países para la fortificación de cereales, pero aún no se ha establecido del todo la biodisponibilidad de las distintas formas de hierro elemental disponibles actualmente. La solubilidad del hierro elemental depende del tamaño, forma y área de superficie de las partículas de hierro (características que dependen del proceso de manufactura, así como de la composición de los alimentos en los que se consumirá). (OMS y FAO, 2017)

Compuestos de hierro protegido

Los compuestos de hierro protegido que pueden utilizarse para la fortificación de alimentos se pueden dividir en dos grandes categorías (OPS, 2002).

- **Compuestos quelados**

El compuesto quelado de hierro al cual se hace referencia más comúnmente es el NaFeEDTA (etilendiaminotetraacetato ferrosódico). La ventaja principal del uso del NaFeEDTA en la fortificación de alimentos es que, en esta forma, el hierro está protegido de los inhibidores de absorción del hierro de los alimentos en el estómago. (OPS, 2002).

La absorción de hierro a partir del NaFeEDTA agregado a los alimentos hechos con harinas de cereales de alta extracción a una comida que contenga fitato es dos a tres veces mayor que en el caso del sulfato ferroso. Aunque no promueve la oxidación de grasas (rancidez) en la harina de trigo almacenada,

el NaFeEDTA puede causar cambios de color inadmisibles en algunos vehículos alimentarios (Hurrell, 1997).

El NaFeEDTA fue aprobado en 1999 por el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios para ser utilizado en programas supervisados en zonas con una alta prevalencia de carencia de hierro, a una ingesta máxima de 0.2 mg de Fe/kg de peso corporal por día. El NaFeEDTA puede ser una buena opción para la fortificación de las harinas de trigo y de maíz con una alta tasa de extracción que, por ser menos refinadas, tienen un contenido alto de inhibidores de la absorción del hierro. El NaFeEDTA no está ampliamente disponible en el mercado, debido a que la demanda es baja; de allí su alto precio. El precio actual del NaFeEDTA es ocho veces mayor que el del sulfato ferroso por una cantidad equivalente de hierro, pero sólo ligeramente más costoso cuando se toma en cuenta la biodisponibilidad en el costo. (OPS, 2002)

Otro compuesto quelado disponible para ser utilizado en los programas de fortificación de alimentos es el quelado con aminoácido, también llamado hierro aminoquelado, del cual existen: el bisglicinato ferroso y el trisglicinato férrico (quelado de hierro "sin sabor"). Se ha determinado que la absorción de hierro a partir de bisglicinato ferroso es 1.1 a 5.0 veces mayor que la absorción de sulfato ferroso (Olivares et al, 1997), pero inferior a la absorción de NaFeEDTA en estudios comparativos (Layrisse et al, 2000).

El bisglicinato ferroso tiende a causar reacciones no deseadas sobre el color y la oxidación de grasas (rancidez) en las harinas de cereal almacenadas, lo cual limita su uso en estos alimentos. Sin embargo, parece ser útil para fortificar la leche. El precio actual del bisglicinato ferroso es 15 a 25 veces mayor que el del sulfato ferroso para una cantidad equivalente de hierro. El trisglicinato férrico causa menos reacciones en los alimentos, pero su biodisponibilidad es mucho menor que la del bisglicinato ferroso (Bovell-Benjamin et al, 2000).

- **Compuestos encapsulados**

El sulfato ferroso encapsulado y el fumarato ferroso encapsulado están disponibles en el mercado para la fortificación de alimentos. En estos compuestos, la sal de hierro está cubierta con capas de aceite hidrogenado, etilcelulosa o maltodextrina, las cuales impiden que los átomos de hierro entren en contacto con otras sustancias en la matriz alimentaria hasta que puedan ser liberados y absorbidos en el intestino delgado. El revestimiento previene o retrasa muchos de los cambios sensoriales adversos que se asocian con estos compuestos de hierro. El sulfato ferroso encapsulado podría ser un compuesto útil para la fortificación de harina de cereal, ya que previene la oxidación de grasas durante el almacenamiento. (Zimmermann et al, en prensa).

La tabla 1 muestra un listado de aditivos de hierro de acuerdo a su contenido de hierro, biodisponibilidad relativa y costo relativo.

Tabla 1*Clasificación de aditivos de hierro*

Compuesto	Contenido de hierro (%)	Biodisponibilidad relativa	Costo relativo (por mg de hierro)
Soluble en agua			
Sulfato ferroso 7H ₂ O	20	100	1,0
Sulfato ferroso seco	33	100	1,0
Gluconato ferroso	12	89	6,7
Lactato ferroso	19	67	7,5
Bisglicinato ferroso	20	>100	17,6
Citrato férrico amónico	17	51	4,4
EDTA ferrosódico	13	>100	16,7
Poco soluble en agua, soluble en ácido diluido			
Fumarato ferroso	33	100	2.2
Succinato ferroso	33	92	9.7
Sacarato férrico	10	7.4	8.1
Insoluble en agua, poco soluble en ácido diluido			
Ortofosfato férrico	29	25 – 32	4,0
Pirofosfato férrico	25	21 – 74	4,7
Hierro elemental	-	-	-
H-reducido	96	13 – 148	0,5
Atomizado	96	24	0,4
CO-reducido	97	12 – 32	<1,0
Electrolítico	97	75	0,8
Carbonilo	99	5 – 20	2,2
Formas encapsuladas			
Sulfato ferroso	16	100	10,8
Fumarato ferroso	16	100	17,4

Fuente: Adaptado de Guías para la fortificación de alimentos con micronutrientes, 2017

No todos los aditivos de hierro son asimilables por el organismo, según OPS (2002), en la tabla 2 se presenta una relación de compuestos de hierro más

utilizados para la fortificación de alimentos relacionados con su solubilidad y su característica como quelado o encapsulado.

Tabla 2

Características de compuestos de hierro usados en la fortificación de alimentos

CARACTERÍSTICAS	COMPUESTOS DE HIERRO				
	Soluble en agua	Soluble en soluciones ácidas	Poco soluble en soluciones ácidas	Compuestos quelados	Compuestos encapsulados
Ejemplos de compuestos de hierro	Sulfato ferroso	Fumarato ferroso	Hierro electrolítico	NaFeEDTA Bisglicinato ferroso	Sulfato ferroso encapsulado Fumarato ferroso encapsulado
Reactividad con la matriz alimentaria	Alta	Intermedia	Muy baja	Baja e intermedia	Baja
Biodisponibilidad con respecto al sulfato ferroso	Equivalente 100%	Equivalente (a) 100%	Baja 20-50%	Equivalente a Mayor 100- 300%	Equivalente (b) 100%
Costo basado en contenido de hierro	Intermedio	Intermedio	Bajo	Alto a Muy alto	Intermedio a Alto
Costo basado en contenido de hierro y biodisponibilidad	Bajo	Bajo	Intermedio	Alto	Intermedio

Nota: (a) La biodisponibilidad de este compuesto depende de la acidez de los jugos gástricos y podría no ser siempre equivalente a la del sulfato ferroso. (b) El material usado para la cápsula y el espesor de la misma pueden variar. Todos los compuestos encapsulados pueden no tener una biodisponibilidad equivalente a la del sulfato ferroso. Organización Panamericana de la Salud (2002).

Métodos utilizados para incrementar la absorción de hierro

La biodisponibilidad del hierro de los diferentes compuestos no solo depende de la solubilidad del compuesto, como se explicó anteriormente, sino también de la composición de la dieta, en particular de la proporción de los inhibidores de la absorción del hierro en la alimentación, particularmente los fitatos que se ligan al hierro y ciertos compuestos fenólicos. Agregar ácido ascórbico (vitamina C) o ácido etilen-diamino-tetraacético disódico (EDTA disódico o Na_2EDTA) y eliminar los fitatos para reducir el efecto de los inhibidores, pueden ser maneras efectivas para aumentar la cantidad total de hierro absorbido de los alimentos fortificados. (OMS y FAO, 2017)

- **Ácido ascórbico**

Agregar ácido ascórbico causa un aumento sustancial en la cantidad de hierro absorbido de la mayor parte de los compuestos de hierro, por lo cual la adición de ácido ascórbico a los alimentos fortificados con hierro es una práctica que se ha adoptado ampliamente en la industria alimentaria, especialmente para los alimentos procesados. Sin embargo, esta opción no se recomienda para alimentos básicos y condimentos debido a problemas de estabilidad. (OMS y FAO, 2017)

Algunos factores alimentarios, como el ácido ascórbico (vitamina C), pueden mejorar la absorción de hierro. En cantidades relativamente altas (a una razón molar igual o mayor a 2:1, ácido ascórbico a hierro, o una razón de peso de 6:1), el ácido ascórbico puede aumentar la absorción de hierro de dos a tres veces. (Derman et al, 1980; Stekel et al, 1986)

Por consiguiente, se recomienda esta razón de ácido ascórbico a hierro para la mayor parte de los alimentos; se puede utilizar una razón molar más alta de ácido ascórbico: hierro (4:1) para alimentos con alto contenido de fitatos. El principal problema al usar ácido ascórbico como aditivo alimentario es que se pueden perder cantidades sustanciales durante el almacenamiento y

preparación de los alimentos. Esto significa que en relación con otras alternativas puede ser una opción costosa (OMS y FAO, 2017).

- **Etilen-diamino-tetraacético disódico**

Otro compuesto que mejora la absorción del hierro es el Na₂EDTA (etilendiaminotetraacetato disódico), el cual quela, o une, fácilmente el hierro solubilizado en el estómago y el intestino. El Na₂EDTA aumenta la absorción de hierro de dos a tres veces en los regímenes alimentarios que contienen cantidades altas de inhibidores de la absorción del hierro, siempre que el hierro provenga de fuentes fácilmente solubles en agua (por ejemplo, sulfato ferroso) (Hurrell et al, 2000).

Si el régimen alimentario es bajo en inhibidores de la absorción, el efecto estimulante del Na₂EDTA tiene poca importancia, pero si el régimen alimentario es alto en inhibidores de la absorción del hierro (por ejemplo, en las harinas de cereal de alta extracción), el Na₂EDTA es una buena opción. El Na₂EDTA es estable en presencia de calor y a menudo se utiliza como aditivo para reducir la rancidez y preservar los alimentos. Es también estable durante el procesamiento y almacenamiento. Sin embargo, puede alterar las propiedades físicas de algunos vehículos alimentarios, y la cantidad que puede agregarse a los alimentos es limitada. La adición de Na₂EDTA a una razón molar de EDTA a hierro entre 0.5:1 a 1:1 o una razón de peso de 3.3:1 a 6.6:1 puede mejorar la absorción de hierro de los alimentos fortificados con sulfato ferroso (MacPhail et al, 1994; Hurrell et al, 2000).

Factores afectan la absorción de hierro

En el caso de los compuestos del hierro utilizados en fortificación, los dos problemas más comunes son el aumento de la rancidez debido a la oxidación de los lípidos no saturados y a cambios indeseables en el color. Estos últimos incluyen generalmente una coloración verde o azulada de los cereales, un tono grisáceo en el chocolate y el cacao, así como el oscurecimiento de la sal a amarillo o rojo/café. Los cambios sensoriales son altamente variables y no

siempre predecibles. Solo porque en una situación un compuesto de hierro no cause cambios sensoriales adversos a un producto alimentario, no significa necesariamente que en otra situación el mismo compuesto no causará problemas con el mismo producto alimentario. Por esto es esencial que, una vez seleccionada la fuente de hierro, antes de su uso se determinen las propiedades sensoriales en el alimento al que se va a agregar. (OMS y FAO, 2017)

Hay dos fuentes mayores de hierro: el hierro hemo, que deriva de la hemoglobina y por tanto se encuentra en carnes y pescados, y el hierro no hemo que se encuentra también en productos animales y vegetales. Es importante considerar que estos últimos, por poseer un alto contenido de fosfatos o fitatos, pueden disminuir su absorción. (Martindale, 1999)

El hierro no hemo está sujeto a factores intraluminares que pueden promover o inhibir su absorción; entre los principales promotores del hierro no hemo encontramos la carne, los ácidos orgánicos como el ácido ascórbico y los aniones el malato, citrato, lactato y tartrato. Como inhibidores del hierro no hemo se cuentan los polifenoles y fitatos presentes en el té, vegetales, legumbres y condimentos, además del calcio y el fósforo, que se cree forman con él complejos no biodisponibles. Pero la biodisponibilidad de hierro en la dieta se ve influenciada no solo por la presencia de inhibidores y promotores de la absorción, sino también por el pH intraluminal y la motilidad gástrica (Crichton y Robert 2001), en tal forma que sólo entre el 5 y 15% del hierro ingerido en los alimentos es absorbido bajo condiciones normales.

Hay que tener en cuenta que la absorción y almacenamiento de hierro en el organismo mantienen una relación recíproca. Cuando disminuye el hierro almacenado la absorción aumenta, de tal manera que ciertas condiciones fisiológicas que aumentan la actividad eritropoyética y utilizan las reservas del mineral, se relacionan con un aumento en su absorción, siempre y cuando haya fuentes que lo proporcionen en la dieta. (Crichton y Robert 2001)

El cuerpo humano requiere de una dosis diaria de 16 mg/día (Rocha y Coy, 2006) por lo que la Bebida no puede sobrepasar este límite debido a que con ingestas mayores de 15 a 20 mg/kg se empiezan a observar manifestaciones de toxicidad. (Bustamante, 2011)

Mecanismos de absorción del hierro no-hemo

Para la absorción del hierro no-hemo, es preciso que éste se encuentre en una forma soluble, siendo el Fe^{2+} más soluble que el Fe^{3+} , como hemos comentado. El hierro ferroso se absorbe utilizando el transportador de metales divalente (*Dimetal Transporter 1*, DMT1), que se encuentra en el borde de cepillo de la membrana apical del enterocito y es el encargado de transportarlo a su interior. El hierro férrico, puede transformarse a ferroso, por acción de una serie de componentes reductores de los alimentos (ácido ascórbico, aminoácidos, etc.) o bien a través la acción de una proteína que se expresa en la membrana apical, llamada citocromo B duodenal (DcytB), cuya función es reducir el metal. (Toxqui et. al, 2010)

Algunos autores proponen que el hierro férrico se absorbe en el enterocito por un mecanismo distinto a la reducción previa y transporte vía DMT1. En este modelo, el hierro férrico, sería liberado del alimento en el ambiente ácido del estómago y quelado por mucinas en la superficie del borde de cepillo, manteniendo el hierro en su forma férrica. El Fe^{3+} atravesaría la membrana apical del enterocito al interactuar con la β_3 -integrina y la mobilferrina. Una vez en el citosol, este complejo se combinaría con una reductasa, la flavina monooxigenasa, y la β_2 -microglobulina para formar un gran conglomerado conocido como paraferitina, resultando la reducción del hierro absorbido de la forma férrica a la forma ferrosa. Hay evidencia que sugiere que el complejo de paraferitina contiene DMT1, que permite la entrada del hierro Fe^{2+} a los orgánulos intracelulares. El hierro en forma ferrosa podría almacenarse en forma de ferritina. (Toxqui et. al, 2010)

Nuevos compuestos de hierro

En años recientes se han dedicado esfuerzos considerables para desarrollar y estudiar alternativas de compuestos de hierro, en particular, aquellos que proporcionen una mejor protección contra los inhibidores de la absorción del hierro que los disponibles actualmente. Entre los que se encuentran en fase experimental están el EDTA ferro sódico (NaFeEDTA), el bisglicinato ferroso y varios compuestos de hierro encapsulado y micronizado. En años recientes se seleccionó al NaFeEDTA como el compuesto de hierro para programas gubernamentales de fortificación de salsa de soya y harina de trigo en China, y para la fortificación de la salsa de pescado en Vietnam. (OMS y FAO, 2017)

- **Etilendiaminotetraacetato ferrosódico**

En alimentos con alto contenido de fitatos la absorción de NaFeEDTA es de dos a tres veces mayor que la del sulfato ferroso o el fumarato ferroso. Sin embargo, en alimentos con bajo contenido de fitatos la absorción es similar. (Hurrell et al, 2000)

Además de mejorar la absorción de alimentos fortificados con alto contenido de fitato, el NaFeEDTA ofrece otras ventajas: no promueve la oxidación de lípidos en los cereales almacenados o la formación de precipitados en alimentos ricos en péptidos libres, como la salsa de soya o la salsa de pescado. La desventaja es que es costoso y, debido a su lenta solubilidad en agua, puede causar cambios de coloración en algunos alimentos. (OMS y FAO, 2017)

El Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios aprobó el uso de NaFeEDTA a 0,2 mg Fe/kg de peso corporal por día. No obstante, el uso de Na₂ EDTA más sulfato ferroso (o posiblemente otros compuestos de hierro solubles en agua) en lugar de NaFeEDTA podría ser una mejor opción para alimentos con alto contenido de fitato. En la mayor parte de los ambientes la elección dependerá del costo relativo y la accesibilidad a los compuestos de EDTA, la aceptabilidad de los cambios sensoriales en los alimentos y la legislación vigente.

- **Bisglicinato ferroso**

El bisglicinato ferroso es un hierro aminoquelado en el que el hierro está protegido de la acción de los inhibidores de la absorción al estar unido al aminoácido glicina. Se ha reportado que la absorción de esta forma de hierro es de dos a tres veces mayor que la del sulfato ferroso en cereales con alto contenido de fitato y en maíz integral. Por el contrario, el trisglicinato férrico, un compuesto estrechamente relacionado, no se absorbe bien en el maíz. (Bovell, 2000)

Aparentemente el bisglicinato ferroso es adecuado para la fortificación de la leche entera de consumo directo y otros productos lácteos cuando el uso de sulfato ferroso causa sabores rancios. Sin embargo, el bisglicinato ferroso también puede causar rancidez por oxidación de las grasas en los alimentos, lo cual puede ser un problema en las harinas de cereales y en los cereales de destete, a menos que también se agregue un antioxidante. Además, el bisglicinato es mucho más costoso que cualquier otro compuesto de hierro. (OMS y FAO, 2017)

- **Sulfato ferroso y fumarato ferroso encapsulados**

Hay disponibles en el comercio varios compuestos de hierro en forma encapsulada, específicamente sulfato ferroso y fumarato ferroso, y actualmente se utilizan, particularmente en los países industrializados, en preparados en polvo para lactantes y en cereales para lactantes. En el futuro, el uso de formas encapsuladas de compuestos de hierro se podrá ampliar a los países en desarrollo, aunque su costo podría ser un problema. El encapsulado aumenta los costos de tres a cinco veces, lo cual, cuando se expresa en términos de cantidades de hierro, equivale a un aumento de diez veces en el costo en relación con el sulfato ferroso seco. Como se indicó anteriormente, el propósito principal del encapsulado es separar la forma de hierro de los demás componentes del alimento para mitigar los cambios sensoriales. En la sal doblemente fortificada (sal fortificada con yodo y con hierro), se ha demostrado

que el encapsulado del hierro ayuda a evitar pérdida de yodo y a retrasar los cambios en el color. (OMS y FAO, 2017)

Cuando se desarrolla el encapsulado es importante seleccionar un recubrimiento que proporciona un equilibrio adecuado entre la estabilidad y la biodisponibilidad. Por lo general, los compuestos de hierro se encapsulan con aceites vegetales hidrogenados, aunque también se han utilizado monoglicéridos y diglicéridos, maltodextrinas y etil celulosa. Debido a los diferentes métodos de manufactura y a los diferentes materiales y grosores posibles de cápsula, es imperativo confirmar la biodisponibilidad, por lo menos en pruebas con ratas, antes de ampliar su uso en la fortificación. Los estudios han demostrado que el encapsulado del sulfato ferroso y el fumarato ferroso no alteran la biodisponibilidad del hierro en ratas. Además, se ha encontrado que la doble fortificación de la sal con hierro encapsulado puede ser efectiva en los seres humanos. (Zimmermann, 2003)

- **Pirofosfato férrico micronizado**

Así cómo es posible aumentar la biodisponibilidad del polvo de hierro elemental al reducir su tamaño de partícula, también se puede lograr esto con las sales de hierro insolubles, como el pirofosfato férrico. Sin embargo, no es posible micronizar las sales de hierro insolubles a un tamaño de partícula submicrónico extremadamente pequeño por molienda física, únicamente es posible por medio de procesos químicos. (OMS y FAO, 2017)

Recientemente se desarrolló una forma micronizada de pirofosfato férrico (diámetro de 0,5 micrones) para su uso en la fortificación de alimentos, la cual está disponible en las formas líquida y seca. Para que las partículas de pirofosfato férrico se dispersen en los líquidos se recubren con emulsionantes. En comparación con el pirofosfato férrico ordinario (media del tamaño de partícula de alrededor de 8 micrones), la absorción del hierro en adultos aumenta de dos a cuatro veces en los productos lácteos. (Fidler, 2004)

Su ventaja principal es que, al ser insoluble en agua, es poco probable que cause muchos problemas sensoriales, aunque esto todavía se deberá comprobar adecuadamente. En Japón actualmente se agrega a la leche de consumo directo y a los productos con yogur, pero la previsible expansión de su uso en el futuro puede ser prohibitiva por su alto costo. (OMS y FAO, 2017)

2.2.5. Granada

El granado (*Punica granatum*) es un pequeño árbol frutal caducifolio de la familia Punicaceae, originario y producido en países del Medio Oriente. El nombre genérico, *Punica*, proviene del latín *pūnīcum* y alude a los fenicios, activos impulsores de su cultivo, mientras que *granatum*, el epíteto específico, deriva del adjetivo latino *grānātus*, que significa con abundantes granos (Ministerio de Agricultura y riego, 2019). En la actualidad, este fruto ha cobrado importancia mundial por sus propiedades antioxidantes, acorde con la tendencia mundial de consumo de los denominados “súper alimentos”. En el caso de la 32 granada (*Punica granatum* L.), además se le confiere propiedades farmacológicas, anticancerígenas, antitumorales, antimicrobiana y hepaprotectora (Ministerio de Agricultura y riego, 2019).

La granada Wonderful es la variedad más cultivada mundialmente. Es de fruto grande, de un color externo rojo profundo, como se muestra en la figura 1. Las semillas son pequeñas y medianamente duras, relativamente ácidas. Además, presenta un contenido en sólidos solubles de entre 13-18 ° Brix y una acidez de 2-3 g ácido cítrico/L. (Vegara, 2014; citado por Gutiérrez y Terrones, 2016).

Figura 1

Granada Wonderful



Nota: Tomado de “La granada. Alimento rico en polifenoles antioxidantes y bajo en calorías, 2004”

Características de la granada

El fruto tiene forma globosa, con un cáliz en forma de corona. Es un fruto de buen tamaño, de 270 gr. a 440 gr., con grosor de piel intermedio, de color que va de amarillo rojizo a verde con zonas rojizas, de sabor muy agradable e intenso con un alto contenido en sólidos solubles entre 14° – 18° Brix, y ácido equilibrado entre 1,6% y 1,0%, dependiendo de la variedad (Ministerio de agricultura y riego, 2019).

Composición química

Gran parte de su importancia organoléptica y posible papel beneficioso para la salud, se debe a la presencia de compuestos fenólicos, ya que, a nivel organoléptico, los antocianos son los responsables de su atractivo color rojo y los taninos de su sabor astringente (siendo los ácidos orgánicos, cítrico y málico, los responsables del sabor acidulado), mientras que los elagitaninos y, en menor proporción, los antocianos le confieren propiedades antioxidantes. (García et al., 2004). Así mismo, la granada es rica en otros constituyentes nutricionales, que se muestran en la Tabla 3, la cual menciona la composición media de la granada y la Tabla 4 que nos brinda información acerca de la composición nutricional de la parte comestible. Mayoritariamente, está compuesta por agua y azúcares, siendo menor su contenido en grasas y proteínas, lo que le confiere un bajo valor calórico (aprox. 75 kcal/100 g). Presenta también una pequeña proporción de fibra alimentaria, localizada fundamentalmente en el piñón (3,1 g/100 g), es rica en potasio y aporta cantidades considerables de calcio, magnesio, fósforo y hierro, siendo pobre en sodio. Contiene, además, vitaminas del grupo B, C y niacina, en concentraciones similares a otras frutas de alto consumo como ciruelas o manzanas. (García et al., 2004)

Tabla 3*Composición media de la granada*

Constituyente	Concentración
Agua (g)	82.5
Fibra alimentaria (g)	3.1
Proteínas (g)	0.7
Lípidos (g)	0.6
Hidratos de carbono	16.7
Glucosa	7.2
Fructosa	7.9
Sacarosa	1.0
Minerales (mg)	
Sodio	7.0
Potasio	290.0
Calcio	8.0
Magnesio	3.0
Fósforo	17.0
Hierro	0.5
Vitaminas (mg)	
Tiamina (B1)	0.05
Riboflavina (B2)	0.02
Ácido Ascórbico (C)	7.0
Nicotinamida (Niocina)	0.3
Ácidos orgánicos (g)	0.77
Ac. Málico	0.1
Ac. Cítrico	0.5

Fuente: García et al. (2004)

Tabla 4*Composición nutricional de la parte comestible*

Nutriente	Unidad	Valor por 100g
PRINCIPIOS INMEDIATOS		
Agua	g	80.97
Energía	Kcal	68
Proteína	g	0.95
Grasa	g	0.3
Carbohidratos	g	17.17
Fibra dietética	g	0.6
Azúcares totales	g	16.57
VITAMINAS		
Vitamina C (ácido ascórbico)	mg	6.1
Vitamina A	UI	108
Vitamina E (α tocoferol)	mg	0.6
Vitamina K (filoquinona)	μ g	4.6
OTROS		
Fitoesteroles	mg	17
Colesteroles	mg	0
α caroteno	μ g	50
β caroteno	μ g	4

Fuente: Calín y Carbonell (2015).

Los fenoles totales se encuentran en una elevada concentración (aprox. 83 mg/100 g de porción comestible o 250 mg/100 mL), comparable a la del vino tinto (valores medios de 203 mg/100 mL) y muy superior a la del té verde (aprox. 103 mg/100 mL) (2), tan apreciado hoy día por su capacidad antioxidante. Dentro de esta fracción fenólica los compuestos mayoritarios pertenecen al grupo de los antocianos (flavonoides coloreados), elagitaninos, derivados del ácido elágico y otros taninos hidrolizables. Dentro del grupo de los compuestos fenólicos coloreados, la granada se caracteriza por la presencia de 6 antocianos, derivados 3-glucósidos y 3,5 diglucósidos de delphinidina, cianidina y pelargonidina. (García et al., 2004)

La granada posee numerosos compuestos químicos de alto valor biológico en sus diferentes partes: corteza, membranas carpelares, arilos y semillas (Calín y

Carbonell, s.f). En términos generales, la granada es una fruta rica en minerales, destacando el potasio, aunque también aporta fósforo, manganeso, calcio, hierro y magnesio. Entre las vitaminas, contiene principalmente vitaminas C, B1 y B2, en pequeñas cantidades. Y, además contiene significativas cantidades de antioxidantes, los que se concentran en un 70% en la cáscara y membranas de la fruta, partes que generalmente no lo comemos cuando degustamos una granada en fresco o al natural; por lo que para aprovechar la punicalagina, poderoso antioxidante perteneciente a la familia de los polifenoles, se recomienda comerlo como zumo o en extractos. A continuación, se muestra la composición química de la granada (Ministerio de Agricultura y riego, 2019).

Extracto de granada

Existen diferentes métodos para la elaboración de jugo de granada, los más utilizados son: manual, donde se separan los arilos de la cáscara y albedo para prensarlos a través de una malla; y exprimidor, en donde se utiliza una prensa o exprimidor para comprimir la fruta entera, por lo que se extrae jugo tanto de los arilos como del albedo. (Mousavinejad y Col., 2009)

2.2.6. Stevia (Stevia rebaudiana Bertoni)

La Stevia es una planta cuyas hojas tienen poder edulcorante y se las puede consumir en estado natural (ver figura 2). Los indígenas guaraníes de Paraguay y Brasil han utilizado durante siglos la Stevia para endulzar y contrarrestar el sabor amargo de medicamentos elaborados con hierbas y plantas. Tiene propiedades antibacterianas y antivirales, además de estimular el estado de alerta, facilita las funciones gastrointestinales y facilita la digestión. Se ha reportado que la Stevia disminuye antojos de alimentos dulces y grasos además de reducir los deseos de tabaco y bebidas alcohólicas. Es recomendada en el tratamiento de diabetes mellitus ya que es un edulcorante no calórico de origen natural (Durán, Rodríguez, Cordón Y Jiniva, 2016).

Según Osorio (2007), es una planta herbácea perenne, cuyas hojas molidas son 30 veces más dulces que el azúcar de caña y la hoja entera seca es 15

veces más dulce que el azúcar común, conocido también como “yerba dulce”, es una planta arbustiva semiperenne que se propaga naturalmente, originaria del noreste de Paraguay. Su importancia económica radica en una sustancia que posee en sus hojas denominada esteviósido, constituida por una mezcla de por lo menos seis glucósidos diterpénicos, El principio activo de la Stevia es el esteviósido y el rebaudiósido, que son los glicósidos responsables del sabor dulce de la planta sus características fisicoquímicas y toxicológicas permite su inclusión en la dieta humana para ser utilizada como un 45 edulcorante dietético natural, sin efectos colaterales. Muchos de los usos de la Stevia rebaudiana son conocidos. Se emplea como edulcorante de mesa, en la elaboración de bebidas, dulces, mermeladas, chicles, en pastelería, confituras, yogures, etc. Algunos estudios indican su actividad antibiótica, en especial con las bacterias que atacan las mucosas bucales y los hongos.

El edulcorante que se obtiene es 300 veces más dulce que la sacarosa a una concentración de sacarosa del 0,4% y 110 veces más dulce que la sacarosa a una concentración de sacarosa del 10% y su ingesta diaria admisible (IDA) es de aproximadamente 7,9 mg de esteviósido / Kg de peso corporal (Osorio, 2007).

Figura 2

Stevia rebaudiana bertonii



Fuente: Delgado D. (2007)

Características generales del esteviósido

Según Terán (2010) define las siguientes características presentes en el esteviósido:

- Aspecto Físico y color: Los cristales tienen aspecto de polvo muy fino, de color blanco marfil e inodoro.
- Dulzor: Es el factor más importante. Su poder endulzante es 300 veces más que la sacarosa. Es decir, un gramo del esteviósido sustituye a 300 gramos de sacarosa.
- Presión osmótica: Es menor y ello mantiene la forma de los alimentos.
- Metabolismo: No se metaboliza en el organismo, por lo tanto, es calórico y muy adecuado para uso dietético.
- No contiene cafeína
- Peso molecular = 804
- Fórmula: $C_{38}H_{60}O_{18}$
- Los cristales en estado de pureza se funden a 238 °C.
- Se mantiene su sabor estable a altas y bajas temperaturas.
- No fermenta
- Es soluble en agua, alcohol etílico y metílico.

Composición nutricional

La Stevia no contiene calorías y tiene efectos beneficiosos en la absorción de la grasa y la presión arterial. Contiene proteínas, minerales (hierro, calcio, fósforo, potasio, zinc) y vitaminas A y C. El sabor dulce de la planta se debe a un glucósido llamado esteviósido, compuesto de glucosa y rebaudiosida. La concentración de steviósidos en la hoja seca es del 6 al 10%, en ocasiones se registran valores extremos de 14%. (Terán, 2010). (Ver Tabla 5)

Tabla 5*Composición de la Stevia*

Nutrientes	Porcentaje
Carbohidratos de fácil asimilación	Más del 50%
Fibras, polipéptidos (proteínas vegetales)	Más del 10%
Lípidos, potasio	Más del 11%
Calcio, magnesio y fósforo	Entre el 0.3 y el 1%
Cromo, cobalto, hierro, magnesio, selenio, silicio, zinc	Entre el 0.3 y el 1%
Índice de ácido ascórbico, aluminio, beta caroteno C, estaño, riboflavina, vitamina B1	

Fuente: Terán, E. (2010)

2.3. Conceptual

La bebida funcional a base de granada y stevia a la cual se fortifica mediante la adición de un compuesto de hierro, contiene compuestos bioactivos como antioxidantes, vitaminas y minerales. Los compuestos bioactivos están presentes porque en la formulación contiene zumo de granada que aporta una gran cantidad de vitamina C, vitamina K, vitaminas del grupo B, azúcares y fibras, se ha endulzado con stevia para reemplazar el azúcar industrial y hacer un producto más natural. Para agregarle mayor valor nutricional, en el presente trabajo, se probó dos aditivos diferentes: el fumarato ferroso y el bisglicinato ferroso, esperando un incremento en el contenido de hierro a lo que se denomina su fortificación ya que el hierro es un micronutriente.

Las características de la bebida fortificada con hierro pueden presentar cambios en el sabor y color que podrían no ser aceptados por los consumidores, debido a que el sabor y el color del hierro son difíciles de enmascarar, por ello se eligió como matriz el zumo de la granada.

Las características deben ser comparables a las de una bebida tipo néctar por lo que deben evaluarse con NTP 203.110 2009 que considera: acidez, pH, grados Brix y hierro. Además, debe ser aceptable para el consumidor, esta aceptabilidad se puede medir con la escala hedónica de 5 puntos.

2.4. Definición de términos básicos.

Aditivo alimentario

Es cualquier sustancia que en cuanto tal no se consume normalmente como alimento, ni tampoco se usa como ingrediente básico en alimentos, tenga o no valor nutritivo, y cuya adición intencionada al alimento con fines tecnológicos (incluidos los organolépticos) en sus fases de fabricación, elaboración, preparación, tratamiento, envasado, empaquetado, transporte o almacenamiento, resulte o pueda preverse razonablemente que resulte (directa o indirectamente) por sí o sus subproductos, en un componente del alimento o un elemento que afecte a sus características. (Codex Alimentarius, 1995)

Biodisponibilidad

Es la velocidad y cantidad con la que dicho nutriente, o parte de éste, es absorbido y se hace disponible en su lugar de acción (en este caso, la sangre). (Food and Drug Administration, 2018)

Bisglicinato ferroso

Es un hierro aminoquelado en el que el hierro está protegido de la acción de los inhibidores de la absorción al estar unido al aminoácido glicina. (Bovell, 2000)

Dosis máxima de uso de un aditivo

Es la concentración más alta de este respecto de la cual la Comisión del Codex Alimentarius ha determinado que es funcionalmente eficaz en un alimento o categoría de alimentos y ha acordado que es inocua. Por lo general se expresa como mg de aditivo por kg de alimento. (Codex Alimentarius, 1995)

Equivalencia nutricional

Se logra cuando un nutriente esencial se agrega a un producto que está diseñado para que asemeje un alimento común en su aspecto, textura, sabor y color en cantidades tales que el producto sustituto tenga un valor nutritivo similar en términos de la cantidad y biodisponibilidad del nutriente esencial agregado. (OMS y FAO, 2017)

Fortificación

Es la adición de uno o más nutrientes esenciales a un alimento con el propósito de prevenir o corregir una deficiencia demostrada de uno o más nutrientes en la población o en grupos específicos de población. (Codex Alimentarius, 1995)

Fumarato ferroso

Es la sal de mayor asimilación y tolerancia, la concentración del hierro es del 32.9% favoreciendo a la hematopoyesis normal y adecuada maduración de la médula ósea y eritoblastos. Justiniano (2020)

Ingestión diaria admisible (IDA)

Es una estimación efectuada por el JECFA de la cantidad de aditivo alimentario, expresada en relación con el peso corporal, que una persona puede ingerir diariamente durante toda la vida sin riesgo apreciable para su salud. (Codex Alimentarius, 1995)

Ingesta dietética recomendada (IDR)

Es la ingesta diaria que satisface los requerimientos de nutrientes de todas las personas aparentemente saludables en una fase de la vida y un grupo de género determinado. (OMS y FAO, 2017)

Micronutrientes esenciales

Se refiere a cualquier micronutriente que es necesario para el crecimiento, desarrollo y el mantenimiento de un estado saludable, que se consume

normalmente como constituyente de un alimento y que no es posible sintetizar en cantidades adecuadas por el organismo. (OMS y FAO, 2017)

Néctar

Es una bebida elaborada con pulpa de fruta finamente tamizada homogenizada con agua potable, azúcares, ácido cítrico, conservante y estabilizante. (Myriam Coronado, 2001)

Requerimiento de nutriente

Se refiere al nivel mínimo de ingesta continua de un nutriente que mantendrá un nivel definido de nutrición en una persona para un criterio dado de suficiencia nutricional. (OMS y FAO, 2017)

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

El efecto de la fortificación con hierro en un prototipo de bebida a base de granada edulcorado con Stevia es una bebida de características sensoriales aceptables y características fisicoquímicas dentro de las normas alimentarias permitidas.

3.1.2. Hipótesis específicas

La concentración óptima de hierro para la elaboración de un prototipo de bebida fortificada a base de granada edulcorado con Stevia es de 4.4 mg de Fe/100ml de bebida.

El aditivo óptimo para la elaboración de un prototipo de bebida fortificada a base de granada edulcorado con Stevia es el bisglicinato ferroso.

3.2. Definición conceptual de variables

A. Variable dependiente

Y= Efecto de la fortificación con hierro en un prototipo de bebida a base de granada edulcorado con Stevia

B. Variable independiente

X= Fortificación con Hierro

3.2.1. Operacionalización de variable

Tabla 6

Operacionalización de variable

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍNDICE	MÉTODO	TÉCNICA
VARIABLE DEPENDIENTE					
Y= Efecto de la fortificación con hierro en un prototipo de bebida a base de granada edulcorado con Stevia	Características sensoriales de la bebida fortificada con hierro a base de granada edulcorada con Stevia.	Color, olor, sabor	Rango de escala hedónica	Sensorial, Estadístico	Análisis Sensorial y el modelo no paramétrico de Friedman para análisis de la varianza de dos factores por rango.
	Características fisicoquímicas de la bebida fortificada con hierro a base de granada edulcorada con Stevia.	Acidez	%,	● AOAC 942.15 (2002)	Volumetría
		Sólidos totales	°Brix,	● AOAC 932.12 – ISO 2173:1978 ● AOAC 981.12 – ISO 11289: 1993	Refractometría
		PH	[]		Potenciometría
VARIABLE INDEPENDIENTE					
X1= Fortificación con Hierro	Concentración de hierro	4.8 mg/100ml 4.4 mg/100ml	mg/100ml	NORMA Oficial Mexicana NOM-117-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, fierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica.	Análisis Instrumental
	Aditivo de hierro	Fumarato Ferroso Bisglicinato Ferroso	-		

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1. Tipo y diseño de investigación

Por su finalidad, la presente investigación se caracteriza por ser aplicada (CONCYTEC, 2020) ya que el fin es resolver un problema de naturaleza práctica. Por su profundidad se caracteriza por ser explicativa, ya que busca el porqué del fenómeno mediante las relaciones de causa - efecto (Hernandez, Fernandez y Baptista, 2014). Finalmente, por el diseño interpretativo la investigación se caracteriza por ser experimental (Hernandez, Fernandez y Baptista, 2014) ya que este tipo de investigación permite controlar, alterar o manipular el factor causal con el fin de determinar el efecto deseado. Por el análisis de las variables involucradas, la investigación es cuantitativa.

La investigación se realizó aplicando el diseño factorial completo (Montgomery, 2004), con dos factores de estudio y dos niveles:

- A. Aditivos con 2 niveles.
- B. Concentraciones con 2 niveles

El experimento básico estuvo constituido por 4 (2^2) tratamientos con 3 réplicas cada uno, teniendo un total de unidades experimentales $4 * 3$, además de una muestra sin tratamiento (blanco). (Ver Tabla 7 y Tabla 8)

Tabla 7*Representación de los tratamientos*

TRATAMIENTO	ADITIVO	CONCENTRACIÓN DE HIERRO AÑADIDA (mg/100 g)
T1 (515)*	Bisglicinato Ferroso (A)	4.8 (+1)
T2 (326)*	Bisglicinato Ferroso (A)	4.4 (-1)
T3 (135)*	Fumarato Ferroso (B)	4.8 (+1)
T4 (645)*	Fumarato Ferroso (B)	4.4 (-1)
BK (402)*	-	-

Nota: *Códigos asignados a cada tratamiento para el análisis sensorial

Tabla 8*Representación del diseño factorial*

RunOrder	ADITIVO DE HIERRO	CONCENTRACIÓN DE HIERRO
1	A	+1
2	B	+1
3	A	-1
4	A	+1
5	B	+1
6	A	-1
7	A	-1
8	A	+1
9	B	-1
10	B	+1
11	B	-1
12	B	-1

Nota: Realizado en el programa Minitab 17

4.2. Método de investigación

La investigación se realizó según las siguientes etapas: Elaboración de la bebida fortificada con hierro, caracterización de la bebida elaborada centrandó la atención en el contenido de hierro y evaluación sensorial.

A. Elaboración de la bebida

- a. Selección y clasificación: La materia prima constituida por las granadas (variedad Wonderful) se seleccionó de forma manual y visual, separando aquellas que presentan daños y defectos en general. (Ver Figura 3)

Figura 3

Selección y clasificación de la granada



Nota: Fotografía tomada a la materia prima

- b. Lavado y Desinfectado: Para el lavado se usó agua potable con la finalidad de separar partículas extrañas. Con el objetivo de disminuir los microorganismos presentes, se sumergió la granada en una solución de hipoclorito de sodio a 100 ppm por 5 minutos. (Ver Figura 4)

Figura 4

Lavado y desinfectado de la granada



Nota: Fotografía tomada a la etapa de lavado y desinfectado

- c. Cortado y Pelado: Se cortó en la parte superior y se retiró la pulpa del fruto con ayuda de un cuchillo. (Ver Figura 5)

Figura 5

Etapa de cortado y pelado de la granada



Nota: Fotografía tomada a la etapa de cortado y lavado

- d. Prensado: Los arilos de la granada se colocaron sobre en una tela tocuyo y se prensaron manualmente hasta obtener el zumo del fruto. (Ver Figura 6)

Figura 6

Etapa de prensado de la granada



Nota: Fotografía tomada a la etapa de prensado

- e. Formulación: Se trabajó sobre una fórmula base de bebida de granada, dada por 600ml de agua, 600 ml de zumo y 0.05 g de estevia, según Chiroque et al. (2019), Para la formulación de la bebida se tomarán en cuenta las características deseadas del producto terminado. Adicionalmente, se añadió ácido cítrico (0.09%), sorbato de potasio (0.04%) y CMC (0.14%) de acuerdo al volumen de la muestra representativa (200 ml). En esta etapa se realizó la adición del hierro según las combinaciones previstas en el diseño experimental. El método de

fortificación usado fue el descrito por Rocha y Coy (2006) utilizando la ecuación 1 para la determinación de la cantidad de aditivo de hierro necesario.

$$\frac{1g f}{M mg} \cdot N mg = CMg \dots (\text{Ecuación 1})$$

Dónde:

f = fortificante

M = Cantidad del mineral en mg presentes en un gramo de fortificante.

N = Requerimiento diario en mg de mineral por día.

CM = Cantidad en g de fortificante a adicionar en la bebida.

- f. Homogeneización: Luego de agregar todos los insumos (zumo de granada, agua, Stevia, ácido cítrico, CMC y sorbato de potasio) y aditivo de hierro (fumarato ferroso y bisglicinato ferroso), se procedió a homogenizar la bebida fortificada, se removió hasta disolver completamente todos los insumos en la bebida fortificada. (Ver Figura 7)

Figura 7

Homogenización de la bebida



Nota: Fotografía tomada a la etapa de homogeneización

- g. Tratamiento térmico: Para reducir la carga microbiana en la bebida fortificada se procedió a un tratamiento térmico calentándolo hasta una temperatura de 75°C por 15 min. (Ver Figura 8)

Figura 8

Tratamiento térmico de la bebida

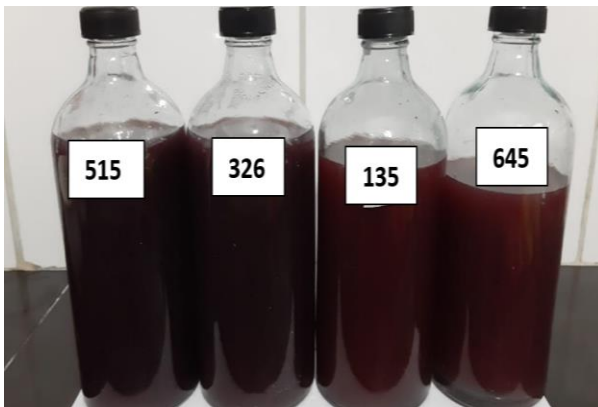


Nota: Fotografía tomada a la etapa de tratamiento térmico

- h. Envasado y sellado: Se envasó en caliente la bebida fortificada en botellas esterilizadas de 200 ml. (Ver Figura 9)

Figura 9

Envasado y sellado de la bebida



Nota: Fotografía tomada a la etapa de envasado y sellado

- i. Enfriamiento: Luego de ser envasado a 75°C se procedió a enfriar las botellas de vidrio, para su posterior almacenamiento.

- j. Almacenamiento: Para mantener el buen estado la bebida fortificada e inactivar la carga microbiana, fue necesario refrigerarla a 4°C, hasta su posterior uso en los análisis sensoriales. (Ver Figura 10)

Figura 10

Almacenamiento de la bebida

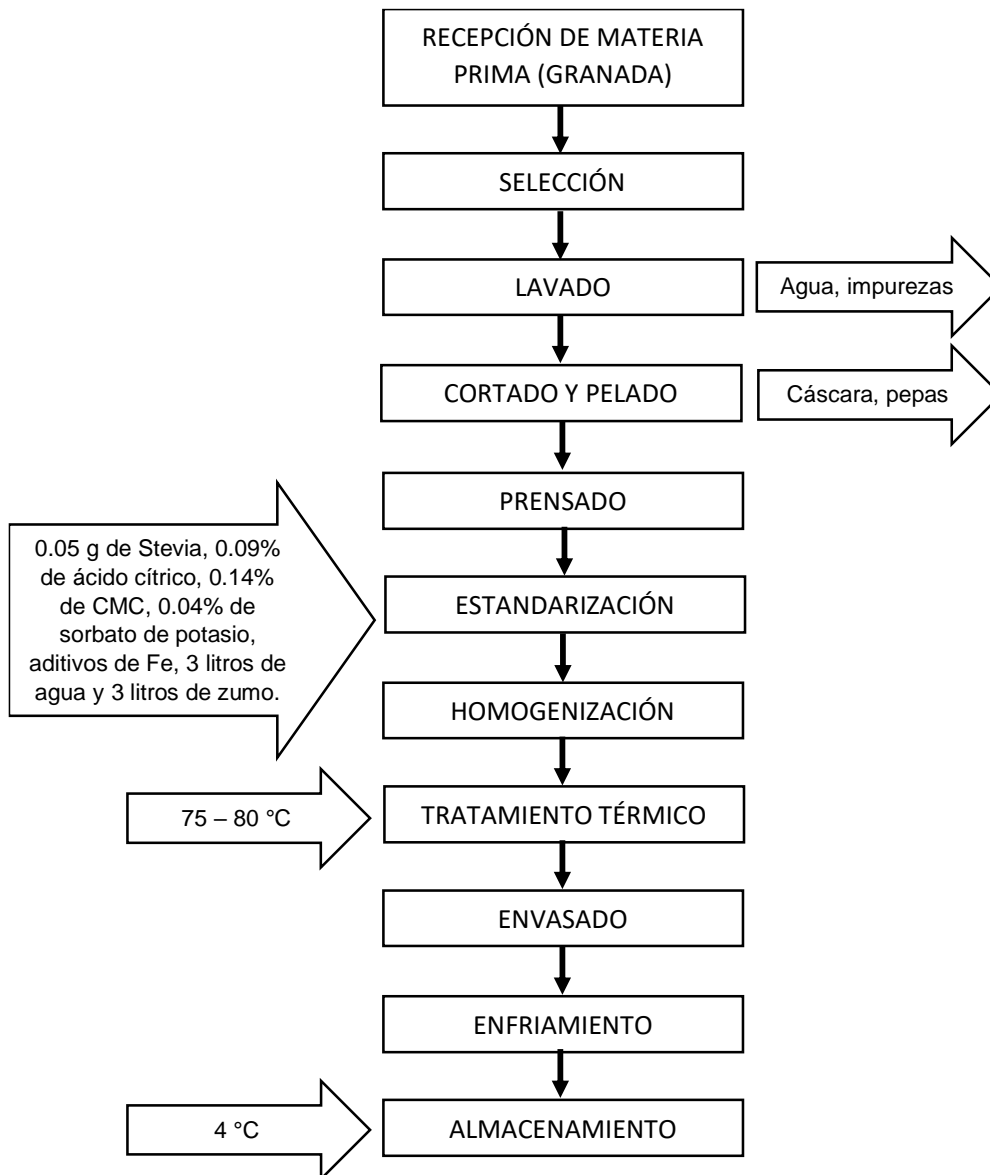


Nota: Fotografía tomada a la etapa de almacenamiento

En la figura 11 se presenta el diagrama de flujo para la elaboración de la bebida.

Figura 11

Diagrama de flujo del proceso



B. Caracterización de la bebida

La evaluación del efecto de la adición del aditivo de hierro en sus diferentes concentraciones, sobre la bebida se realizó mediante pruebas fisicoquímicas de acidez, pH, grados Brix, y contenido de hierro análisis que se realizó en un laboratorio externo.

C. Análisis sensorial

Se realizó para medir la aceptabilidad de la bebida elaborada, para ello se requirió de 30 panelistas no entrenados a los cuales se reunió en diferentes grupos según la cercanía a los domicilios.

Con los resultados de los análisis químicos y sensoriales se procedió a la evaluación del efecto de la aplicación del hierro en la bebida y la comprobación de las hipótesis.

4.3. Población y Muestra

En esta investigación experimental, a nivel de laboratorio, no aplica el concepto de población. La muestra está determinada por los volúmenes requeridos para análisis de acuerdo a las diferentes formulaciones.

Tamaño de muestra=200 ml de bebida fortificada.

La bebida base consistió en zumo de granada y agua en proporción de 1:1, utilizando 0.01g/L de Stevia según Chiroque et. al (2019), teniendo en cuenta que el aditivo de fortificación está presente en diferentes proporciones según el tratamiento que corresponda. (Ver Anexo 3).

La granada, materia prima para esta bebida, es de la variedad Wonderful elegidas al azar en el Mercado Central de Frutas de Lima.

4.4. Lugar de estudio y período desarrollado

Laboratorio Certificaciones del Perú S.A. durante el mes de marzo del 2022.

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

4.5.1. Técnicas

a. Determinación de pH

Mediante el método AOAC 981.12 – ISO 11289: 1993 – Potenciometría, que consiste en una técnica electroanalítica con la que se puede determinar la concentración de los iones hidrógeno en el zumo de granada para saber si la solución es ácida o básica.

b. Determinación de acidez

Mediante el método AOAC 942.15 (2002), Titulometría, es un análisis cuantitativo para determinar la acidez total predominante en las frutas, como la granada.

c. Determinación de grados Brix

Mediante el método AOAC 932.12 – ISO 2173:1978 – Refractometría.

d. Determinación de hierro

Norma Oficial Mexicana NOM-117-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, fierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica.

Para la evaluación sensorial se utilizó una escala hedónica de cinco puntos, la cual se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9*Escala hedónica*

Características	Puntaje	Descripción	Definición
	5	Me gusta extremadamente	Se perciben las características organolépticas del fruto y el dulzor
	4	Me gusta mucho	Se perciben solamente las características organolépticas del fruto
Color, olor, sabor	3	Ni me gusta ni me disgusta	No se perciben las características organolépticas del fruto
	2	Me disgusta mucho	Presenta características organolépticas diferentes
	1	Me disgusta extremadamente	Presenta características organolépticas desagradables

Fuente: Chiroque, et. al (2019)

4.5.2. Instrumentos**A. Materia prima**

- Granada Wonderful
- Stevia

B. Materiales y equipos

- Ollas
- Cuchara
- Coladores
- Tela tocuyo
- Jarras medidoras (500ml, 1500ml)
- Baldes
- Cuchillos
- Tablas de picar

- Cocina semi industrial a gas
- Termómetro digital con sonda de aguja
- Balanza gramera digital (Pocket Scale)
- Refractómetro Automático (Rudolph Research Analytical)
- Potenciómetro (Thermo Scientific)
- Vaso precipitado de 250ml
- Bureta
- Piseta
- Soporte universal

C. Reactivos

- Agua
- Agua desionizada
- Ácido cítrico
- Fumarato ferroso
- Bisglicinato ferroso
- Carboximetilcelulosa (CMC)
- Sorbato de potasio

D. Instrumento para el análisis sensorial

- Escala hedónica de 5 puntos (Ver Anexo 3)

4.6. Análisis y procesamiento de datos

Para analizar los resultados de la evaluación sensorial y pruebas fisicoquímicas de las bebidas resultantes de las 4 formulaciones y el blanco (bebida sin fortificar) y la comprobación de las hipótesis se utilizó primeramente la prueba de normalidad, luego la prueba no paramétrica de Friedman para análisis de la varianza de dos factores por rango en el programa SPSS versión 25 y finalmente la prueba no paramétrica de Tukey en el programa SPSS Versión 25.

V. RESULTADOS

5.1. Resultados descriptivos

5.1.1. Análisis Sensorial

A. Datos obtenidos de la evaluación sensorial considerando el atributo olor (Ver Tabla 10)

Tabla 10

Evaluación sensorial para el atributo olor

Jueces	515	326	135	645	402
1	3	3	3	3	3
2	4	5	4	3	3
3	4	2	5	3	5
4	1	2	5	4	3
5	3	3	3	3	4
6	1	3	3	3	3
7	3	3	3	5	3
8	3	4	4	4	4
9	4	4	4	4	4
10	3	3	3	3	3
11	1	2	2	3	4
12	2	2	2	4	5
13	3	3	3	3	3
14	4	4	1	5	3
15	5	3	4	1	5
16	5	2	4	5	4
17	5	1	1	1	1
18	4	5	4	4	4
19	4	4	3	5	2
20	1	3	5	2	3
21	4	4	5	3	4
22	3	3	3	4	5
23	5	3	4	5	4
24	3	4	3	2	5
25	4	3	3	4	5
26	4	3	4	4	4
27	2	3	3	3	3
28	3	4	2	2	5
29	3	2	4	3	4
30	2	2	4	1	2

B. Datos obtenidos de la evaluación sensorial considerando el atributo color (Ver Tabla 11)

Tabla 11

Evaluación sensorial para el atributo color

Jueces	515	326	135	645	402
1	3	3	4	3	3
2	1	2	5	4	3
3	4	2	5	3	5
4	3	4	3	4	4
5	3	3	4	4	4
6	3	3	4	3	4
7	4	4	5	5	5
8	4	4	4	4	5
9	4	3	4	2	5
10	4	3	3	3	4
11	2	2	3	3	5
12	4	3	4	4	5
13	4	4	4	4	5
14	5	2	4	2	1
15	4	3	3	3	5
16	4	5	3	4	5
17	1	1	1	5	1
18	5	5	4	5	5
19	5	4	2	3	1
20	3	3	1	2	5
21	5	3	2	2	1
22	3	3	4	4	5
23	3	1	4	3	5
24	3	2	4	3	1
25	3	3	3	4	5
26	3	3	3	5	3
27	3	3	4	4	2
28	3	3	4	5	5
29	4	4	4	4	5
30	4	4	4	2	1

C. Datos obtenidos de la evaluación sensorial considerando el atributo sabor (Ver Tabla 12)

Tabla 12

Evaluación sensorial para el atributo sabor

Jueces	515	326	135	645	402
1	3	4	3	3	4
2	2	3	4	5	2
3	4	5	4	4	4
4	4	5	4	5	4
5	4	4	4	4	4
6	2	3	3	3	3
7	3	4	4	4	5
8	1	2	3	3	4
9	4	4	4	4	4
10	4	4	4	4	3
11	3	3	3	3	3
12	3	4	4	4	4
13	2	3	4	4	4
14	1	3	5	2	4
15	5	3	3	3	5
16	4	5	5	4	4
17	1	5	1	1	1
18	3	4	5	4	5
19	5	4	5	5	4
20	5	4	3	2	2
21	1	3	3	1	2
22	4	4	4	4	5
23	2	3	3	1	5
24	3	4	5	2	3
25	4	4	5	5	5
26	5	4	4	5	4
27	3	3	3	4	4
28	2	3	4	4	5
29	1	3	3	3	5
30	1	1	4	4	4

5.1.2. Análisis Fisicoquímicos

A. Datos obtenidos de pH mediante el método por potenciometría. (Ver Tabla 13)

Tabla 13

Datos Experimentales para la prueba de pH

	T1	T2	T3	T4	BK
Réplica 1	3,41	3,41	3,33	3,41	3,41
Réplica 2	3,41	3,4	3,33	3,41	3,41
Réplica 3	3,41	3,4	3,33	3,41	3,41
PROMEDIO	3,41	3,40	3,33	3,41	3,41

B. Datos obtenidos del análisis de sólidos solubles medidos en °Brix mediante el método por refractometría (Ver Tabla 14)

Tabla 14

Datos Experimentales para la prueba de sólidos solubles

	T1	T2	T3	T4	BK
Réplica 1	8,16	8,38	8,77	8,59	8,44
Réplica 2	8,16	8,38	8,77	8,59	8,44
Réplica 3	8,16	8,38	8,77	8,59	8,44
PROMEDIO	8,16	8,38	8,77	8,59	8,44

C. Datos obtenidos del análisis de acidez expresado en % ácido cítrico (Ver Tabla 15 y 16)

Mediante la fórmula (Gala H., 2017)

$$\% \text{ acidez} = \frac{V \cdot N \cdot M_{eq}}{\text{ml de muestra}} * 100$$

Dónde:

V= volumen de NaOH consumido

N= normalidad del NaOH

Meq= peso miliequivalente del ácido cítrico (0.064)

Tabla 15*Volúmenes gastados para determinación de acidez*

	V1 (ml)	V2 (ml)	V3 (ml)	V4 (ml)	BK
Réplica 1	4,35	4,35	4,5	4,50	4,55
Réplica 2	4,30	4,35	4,5	4,45	4,65
Réplica 3	4,30	4,40	4,6	4,50	4,65

Tabla 16*Datos Experimentales para la prueba de acidez*

	T1	T2	T3	T4	BK
Réplica 1	0,5568	0,5568	0,5760	0,5760	0,5824
Réplica 2	0,5504	0,5568	0,5760	0,5696	0,5952
Réplica 3	0,5504	0,5632	0,5888	0,5760	0,5952
PROMEDIO	0,5525	0,5589	0,5803	0,5739	0,5909

D. Datos obtenidos de la concentración de hierro en mg/100g mediante el método de absorción atómica. (Ver Tabla 17, 18 y 19)

Tabla 17*Resultados de la concentración de hierro por absorción atómica*

TRATAMIENTO	ADITIVO DE HIERRO	CONCENTRACIÓN DE HIERRO (mg/100ml)	LECTURA POR ABSORCIÓN (mg/100ml)
T2-1	BISGLICINATO FERROSO	4.4	4.72
T4-1	FUMARATO FERROSO	4.4	0.512
T1-1	BISGLICINATO FERROSO	4.8	4.96
T2-2	BISGLICINATO FERROSO	4.4	4.34
T4-2	FUMARATO FERROSO	4.4	0.515
T1-2	BISGLICINATO FERROSO	4.8	4.71
T1-3	BISGLICINATO FERROSO	4.8	5.29
T2-3	BISGLICINATO FERROSO	4.4	4.51
T3-1	FUMARATO FERROSO	4.8	0.567
T4-3	FUMARATO FERROSO	4.4	0.511
T3-2	FUMARATO FERROSO	4.8	0.581
T3-3	FUMARATO FERROSO	4.8	0.568
BK	BLANCO	-	0.064

Tabla 18*Resultados Promedio de la concentración de hierro por absorción atómica*

	T1	T2	T3	T4
Réplica 1	4,96	4,72	0,567	0,512
Réplica 2	4,71	4,34	0,581	0,515
Réplica 3	5,29	4,51	0,568	0,511
PROMEDIO	4,9867	4,5233	0,5720	0,5127

Resultados del % de recuperación de los tratamientos T1, T2, T3 y T4

 $\% \text{CONCENTRACIÓN TEÓRICA DE Fe} = \text{CONCENTRACIÓN AÑADIDO DE Fe} + \text{BK}$

$$\% \text{ Recuperación} = \frac{\text{CONCENTRACIÓN lectura por absorción}}{\text{CONCENTRACIÓN TEÓRICA}} * 100$$

- Para los tratamientos T1 y T2 fortificados con bisglicinato ferroso a una concentración de 4.8 y 4.4 mg Fe/100ml respectivamente.

$$\% \text{ Recuperación T1} = \frac{4.9867}{4.8640} * 100 = 102.5219$$

$$\% \text{ Recuperación T2} = \frac{4.5233}{4.4640} * 100 = 101.3292$$

- Para los tratamientos T3 y T4 fortificados con fumarato ferroso a una concentración de 4.8 y 4.4 mg Fe/100ml respectivamente.

$$\% \text{ Recuperación T3} = \frac{0.5720}{4.8640} * 100 = 11.7599$$

$$\% \text{ Recuperación T4} = \frac{0.5127}{4.4640} * 100 = 11.4852$$

Tabla 19*Recuperación de la concentración de hierro*

TRATAMIENTO	LECTURA PROMEDIO POR ABSORCIÓN (mg/100ml)	CONCENTRACIÓN TEÓRICA DE Fe (mg/100ml)	% RECUPERACIÓN
T1	4,9867	4,8640	100
T2	4,5233	4,4640	100
T3	0,5720	4,8640	12
T4	0,5127	4,4640	11
BK	0,064	-	-

5.2. Resultados inferenciales

Según las características de la investigación no se requieren de este tipo de resultados, pues se está trabajando con datos reales.

5.3. Otros resultados estadísticos

5.3.1. Análisis Sensorial

A. Atributo Olor

Se realizó la prueba de normalidad para el atributo olor en el programa SPSS versión 25 para determinar si los datos presentan distribución normal o libre. (Ver Tabla 20)

Tabla 20*Prueba de normalidad para el atributo olor*

Muestra	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
515	,201	30	,003	,900	30	,008
326	,228	30	,000	,907	30	,013
135	,199	30	,004	,902	30	,010
645	,200	30	,004	,904	30	,010
402	,194	30	,006	,889	30	,005

a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota: Realizado en el programa SPSS versión 25

De la tabla 20 se concluyó que los datos obtenidos del análisis sensorial para el atributo olor en los cuatro tratamientos más el blanco, tienen una distribución no normal debido a que el valor de significancia obtenida por el programa SPSS es menor que 0.05.

Debido a que las variables presentaron distribución libre se utilizó el modelo no paramétrico de Friedman para análisis de la varianza de dos factores por rango.

Figura 12*Resumen de contraste de hipótesis para el atributo olor*

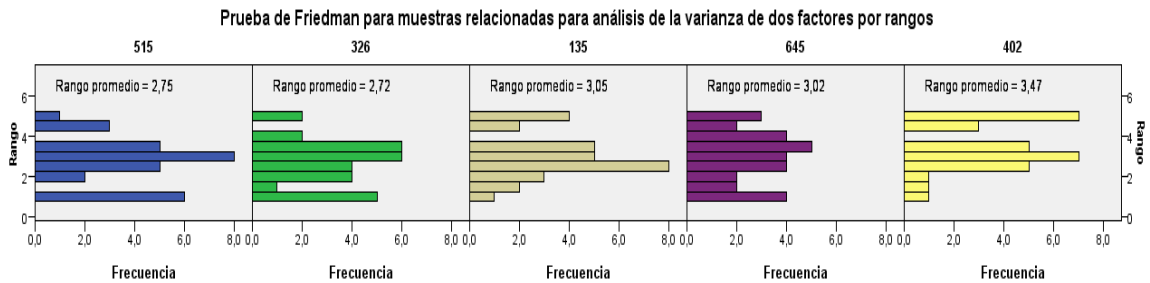
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	Las distribuciones de 515, 326, 135, 645 and 402 son las mismas.	Prueba de Friedman para muestras relacionadas para análisis de la varianza de dos factores por rangos	,168	Consérvese la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es ,05.

Nota: Realizado en el programa SPSS versión 25

Figura 13

Prueba de Friedman para muestras relacionadas para análisis de la varianza de dos factores por rango para el atributo olor



Nota: Realizado en el programa SPSS versión 25

Figura 14

Prueba de Friedman para el atributo olor

N total	30
Estadístico de prueba	6,443
Grados de libertad	4
Significación asintótica (prueba bilateral)	,168

Nota: Realizado en el programa SPSS versión 25

Según el análisis de varianzas de Friedman (figuras 12, 13 y 14), se observó que el nivel de significancia es mayor a 0.05, por lo que se consideró que no existen diferencias significativas entre tratamientos para el atributo olor.

B. Atributo Color

Se realizó la prueba de normalidad para el atributo color en el programa SPSS versión 25 para determinar si los datos presentan distribución normal o libre. (Ver Tabla 21)

Tabla 21

Prueba de normalidad para el atributo color

Muestra	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
515	,222	30	,001	,868	30	,001
326	,240	30	,000	,905	30	,011
135	,312	30	,000	,826	30	,000
645	,218	30	,001	,883	30	,003
402	,311	30	,000	,725	30	,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota: Realizado en el programa SPSS versión 25

De la tabla 21 se concluyó que los datos obtenidos del análisis sensorial para el atributo color en los cuatro tratamientos más el blanco, tiene una distribución no normal debido a que el valor de significancia obtenida por el programa SPSS es menor que 0.05.

Debido a que los datos obtenidos presentan distribución libre, se utilizó el modelo no paramétrico de Friedman para análisis de la varianza de dos factores por rango.

Figura 15

Resumen de contraste de hipótesis para el atributo color

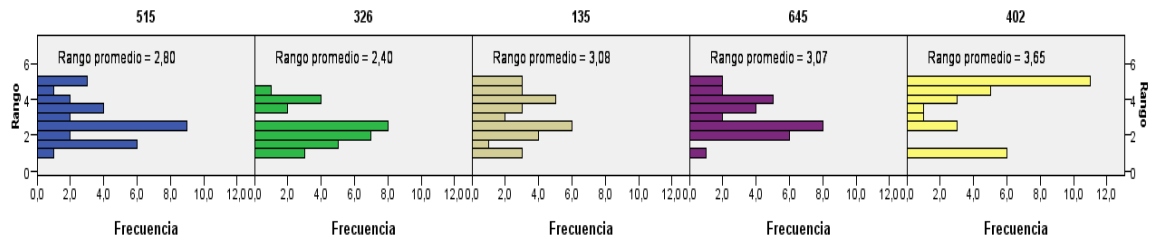
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	Las distribuciones de 515, 326, 135, 645 and 402 son las mismas.	Prueba de Friedman para muestras relacionadas para análisis de la varianza de dos factores por rangos	,013	Rechace la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es ,05.

Nota: Realizado en el programa SPSS versión 25

Figura 16

Prueba de Friedman para muestras relacionadas para análisis de la varianza de dos factores por rango para el atributo color



Nota: Realizado en el programa SPSS versión 25

Figura 17

Prueba de Friedman para el atributo color

N total	30
Estadístico de prueba	12,720
Grados de libertad	4
Significación asintótica (prueba bilateral)	,013

Nota: Realizado en el programa SPSS versión 25

Según el análisis de varianzas de Friedman (figuras 15, 16 y 17), se observó que el nivel de significancia es menor a 0.05, por lo que se considera que existen diferencias significativas entre tratamientos para el atributo color, por ello se continúa con la prueba de Tukey para obtener el tratamiento con mayor aceptabilidad. (Ver tabla 22)

Tabla 22

Prueba de Tukey para el atributo color

COLOR		
HSD Tukey ^{a,b}		
TRATAMIENTO	N	Subconjunto
		1
326	30	3,07
515	30	3,47
135	30	3,53
645	30	3,53
402	30	3,77
Sig.		,129

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 1,308.

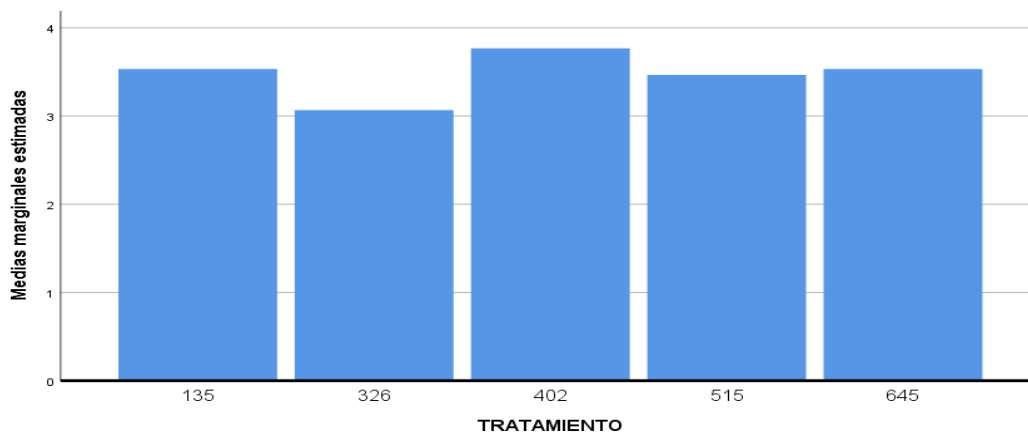
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 30,000.

b. Alfa = 0,05.

Nota: Realizado en el programa SPSS versión 25

Figura 18

Medias marginales estimadas de color



Nota: Realizado en el programa SPSS versión 25

En la tabla 22 y la figura 18 se visualizó que la muestra fortificada con mejor aceptación en comparación a la muestra sin fortificar (tratamiento 402) son los tratamientos 135 y 645, también se deduce que el tratamiento con mejor

aceptación fue la muestra sin fortificar (tratamiento 402), y la menos aceptada fue el tratamiento 326.

C. Atributo Sabor

Se realizó la prueba de normalidad para el atributo color en el programa SPSS versión 25 para determinar si los datos presentan distribución normal o libre. (Ver Tabla 23)

Tabla 23

Prueba de normalidad para el atributo sabor

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
515	,178	30	,017	,900	30	,008
326	,239	30	,000	,863	30	,001
135	,236	30	,000	,842	30	,000
645	,272	30	,000	,867	30	,001
402	,296	30	,000	,843	30	,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota: Realizado en el programa SPSS versión 25

De la tabla 23 se concluyó que los datos obtenidos del análisis sensorial para el atributo sabor en los cuatro tratamientos más el blanco, tiene una distribución no normal debido a que el valor de significancia obtenida por el programa SPSS es menor que 0.05.

Debido a que los datos obtenidos presentaron distribución libre, se utilizó el modelo no paramétrico de Friedman para análisis de la varianza de dos factores por rango.

Figura 19

Resumen de contraste de hipótesis para el atributo sabor

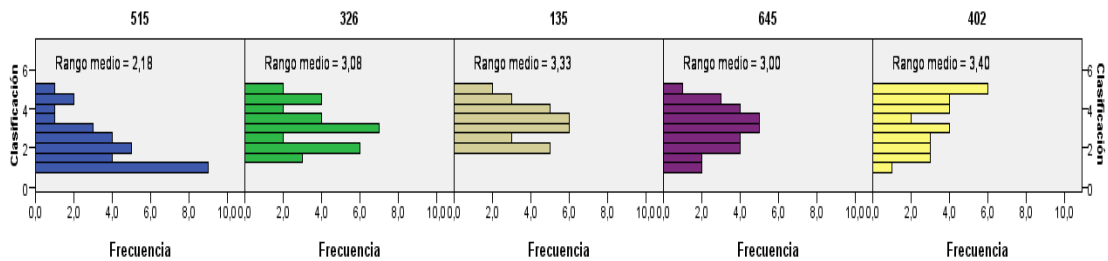
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	Las distribuciones de 515, 326, 135, 645 and 402 son las mismas.	Análisis de varianza de dos vías por rangos de Friedman para muestras relacionadas	,002	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

Nota: Realizado en el programa SPSS versión 25

Figura 20

Prueba de Friedman para muestras relacionadas para análisis de la varianza de dos factores por rango para el atributo sabor



Nota: Realizado en el programa SPSS versión 25

Figura 21

Prueba de Friedman para el atributo sabor

N total	30
Estadístico de contraste	16,475
Grados de libertad	4
Sig. asintótica (prueba bilateral)	,002

Nota: Realizado en el programa SPSS versión 25

Según el análisis de varianzas de Friedman (figuras 19, 20 y 21), se observó que el nivel de significancia es menor a 0.05, por lo que se considera que existen diferencias significativas entre tratamientos para el atributo sabor, por ello se continuó con la prueba de Tukey para obtener el tratamiento con mayor aceptabilidad. (Ver tabla 24)

Tabla 24

Prueba de Tukey para el atributo sabor

SABOR				
HSD Tukey ^{a,b}				
TRATAMIENTO	N	Subconjunto		
		1	2	
515	30	2,97		
645	30	3,47	3,47	
326	30	3,60	3,60	
135	30		3,77	
402	30		3,83	
Sig.		,169	,692	

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 1,194.

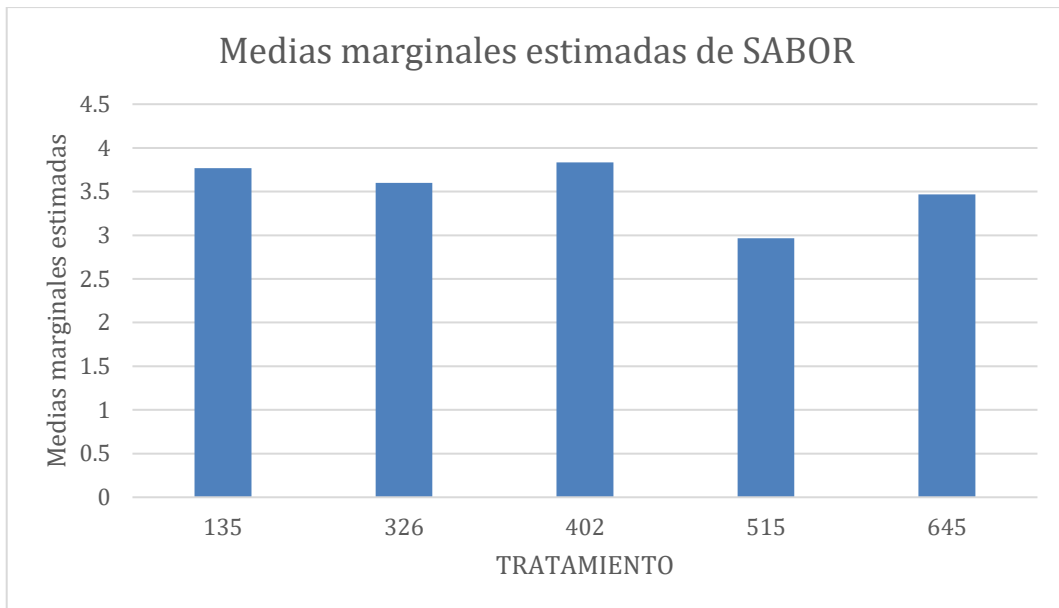
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 30,000.

b. Alfa = 0,05.

Nota: Realizado en el programa SPSS versión 25

Figura 22

Medias marginales estimadas de Sabor



Nota: Realizado en el programa SPSS versión 25

De la figura 22 y tabla 24 se visualizó que la muestra fortificada con mejor aceptación en comparación a la muestra sin fortificar (tratamiento 402) es el tratamiento 135, también se deduce que el tratamiento menos aceptado fue el tratamiento 515.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

6.1.1. Respecto a la hipótesis general

- A. Para las bebidas obtenidas a partir de los tratamientos 1, 2, 3, 4 se obtuvieron valores de pH de 3.41, 3.40, 3.33 y 3.41 respectivamente. La NTP 203.110 (2009) indica que el valor de pH debe estar por debajo de 4.5; por lo que todos los tratamientos están dentro del límite dado.
- B. Para las bebidas obtenidas a partir de los tratamientos 1, 2, 3 y 4 se obtuvieron valores de acidez expresada en porcentaje de ácido cítrico de 0.5525, 0.5589, 0.5803 y 0.5739 respectivamente. La NTP 203.110 (2009) indica que el valor de acidez expresada en porcentaje de ácido cítrico debe estar por encima de 0.4%; por lo que todos los tratamientos están dentro del límite dado.
- C. Para las bebidas obtenidas a partir de los tratamientos 1, 2, 3 y 4 se obtuvieron valores de sólidos solubles expresado en grados Brix de 8.16, 8.38, 8.77, 8.59 respectivamente. La NTP 203.110 (2009) indica que el valor de sólidos solubles debe estar por encima de 2.4; por lo que todos los tratamientos están dentro del límite dado.
- D. Para las bebidas obtenidas a partir de los tratamientos 1, 2, 3 y 4 se obtuvieron valores altos de aceptabilidad tanto en el atributo olor como en color y sabor, siendo las más aceptadas los tratamientos 3 y 4.

6.1.2. Respecto a las hipótesis específicas

La bebida con mejores resultados respecto a recuperación de hierro es la que fue tratada con 4.8 mg/100ml de bisglicinato ferroso (102.3519%), sin embargo, al tener baja aceptabilidad en términos sensoriales, el tratamiento elegido como óptimo es T2 que se basó en añadir 4.4mg/100 ml de bisglicinato ferroso (101.3292%). En cuanto a T3 y T4 tratados con fumarato ferroso mostraron valores de 1.144mg y 1.026mg de hierro, se obtuvieron valores de recuperación inferiores a los esperados, 12.8136% y 11.4845%, respectivamente, debido a que el aditivo no se disolvió completamente en la

bebida, provocando una deficiente fortificación, por lo que es descartado a pesar de tener alta aceptabilidad sensorial. (Ver Tabla 19).

6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares

6.2.1. Contrastación de resultados para el análisis sensorial

Según Huamán (2019) en la elaboración de pulpa de pitahaya fortificada con hierro y usos en la industria alimentaria afirma que existe diferencia significativa en las propiedades organolépticas (color, sabor, aroma y apariencia) entre la pulpa de pitahaya sin hierro y la pulpa de pitahaya con hierro. De la misma manera en la tesis desarrollada se observa una leve diferencia en el atributo color del bisglicinato ferroso, este se oscurece más a comparación con el fumarato ferroso, mientras que para el atributo olor no existe diferencia significativa, en cuanto al sabor sí existe diferencia significativa, siendo el más aceptado el fumarato ferroso.

6.2.2. Contrastación de resultados para los análisis fisicoquímicos

Según Cornejo (2021), elaboró un néctar de manzana fortificado con sulfato ferroso y harina de soya, empleando concentraciones de sulfato ferroso de 0.5, 1 y 1.5%, obteniendo valores de sólidos solubles (medidos en °Brix) de 12.56, 13.12 y 14.09 para respectivas concentraciones de hierro. De la misma manera obtuvieron valores de pH que oscilaron de 3.323 a 3.319 para la fortificación con 0.5% de hierro, de 3.756 a 3.601 para 1% hierro y de 3.645 a 3.589 para 1.5% de hierro. En la elaboración de la presente tesis se obtuvieron valores de sólidos solubles (grados Brix) 8.16, 8.38, 8.77, 8.59 para los tratamientos T1, T2, T3 y T4 respectivamente, siendo estos valores más bajos que la tesis mencionada anteriormente esto es debido al uso del edulcorante Stevia, ya que los °Brix miden el nivel de sacarosa presente en la bebida y no el nivel esteviósido, sin embargo, están dentro de los límites establecidos según normativa nacional. De la misma manera se obtuvieron valores de pH de 3.41, 3.40, 3.33 y 3.41 para los tratamientos T1, T2, T3 y T4 respectivamente, valores similares a los obtenidos por Cornejo.

Según Rocha y Coy (2006) en la elaboración de una bebida a base de leche de soya y ahuyama fortificada con hierro y calcio para adultos mayores obtuvieron valores de pH y sólidos solubles medidos en °Brix de 5.95 y 9 respectivamente. Comparando con la tesis desarrollada para el pH existe una variación de 3.41, 3.40, 3.33 y 3.41 para los tratamientos T1, T2, T3 y T4 respectivamente, pero no existe cambios significativos para sólidos solubles dando valores de 8.16, 8.38, 8.77, 8.59 para los tratamientos T1, T2, T3 y T4 respectivamente.

Según Huamán (2019) en la elaboración de pulpa de pitahaya fortificada con hierro y usos en la industria alimentaria, obtuvo valores de acidez expresado en ácido cítrico de 4.992, 4.48 y 4.35 g/L para los tratamientos T1, T2 y T3 siendo el T1 el grupo control, T2 y T3 la fortificación con 15 y 20mg de hierro respectivamente. En la tesis desarrolla se obtuvieron valores de acidez expresadas en % de ácido cítrico de 0.5525, 0.5589, 0.5803 y 0.5739 para los tratamientos T1, T2, T3 y T4 respectivamente, notando que no existe diferencia significativa y ambos cumplen con la NTP 203.110 (2009) para jugos y néctares.

6.2.3. Contrastación de resultados para la concentración de hierro

En la elaboración de la tesis basándonos en una ingesta de 16mg/día, cubriendo el 60 y 55% de la ingesta diaria en la alimentación, los valores obtenidos para la bebida fortificada con bisglicinato ferroso fueron de 9.96mg y 9.04mg de hierro, los valores obtenidos con el fumarato ferroso fueron de 1.144mg y 1.026mg de hierro en una porción de 200ml de bebida, de lo mencionado se observa una deficiente fortificación con el fumarato ferroso, esto debido a que se observó que no fue completamente soluble en la bebida durante su preparación.

Según Cornejo (2021), elaboró un néctar de manzana fortificado con sulfato ferroso y harina de soya, basándose en una ingesta diaria de hierro según MINSA de 7 a 10mg de hierro elemental, emplearon concentraciones de sulfato ferroso de 0.5, 1 y 1.5% para lo cual obtuvieron 2.684mg, 2.935mg, y 3.234mg de hierro respectivamente, valor que difiere de los resultados obtenidos en el

presente trabajo que fueron de 9.96mg y 9.04mg de hierro para el bisglicinato ferroso, 1.144mg y 1.026mg de hierro para el fumarato ferroso en una porción de 200ml de bebida, presentando una notable diferencia entre los valores obtenidos de hierro en la fortificación de bebidas tanto para el bisglicinato ferroso, fumarato ferroso y sulfato ferroso de la tesis mencionada anteriormente.

Según Rocha y Coy (2006) elaboraron una bebida a base de leche de soya y ahuyama fortificada con hierro y calcio para adultos mayores, para ello emplearon como aditivo de hierro al bisglicinato ferroso, basándose en una ingesta diaria de 16mg/día supliendo el 60% de los requerimientos en dos proporciones de 250ml de bebida fortificada, obtuvieron un aporte de 20.7038mg de hierro por día y en la bebida sin fortificar un aporte de 12.1241mg de hierro, en comparación con la bebida realizada en esta tesis se obtuvo un aporte de 9.96mg y 9.04mg de hierro para el bisglicinato al 60% y 55% del requerimiento diario basándose en una ingesta de 16mg/día de hierro, el cual nos indica que era necesario la fortificación y cumple los requerimientos dados según la normativa nacional.

Según Serpa et al. (2015) elaboraron un refresco a partir de la mezcla de fresa, mora, gulupa y uchuva fortificada con hierro y dirigida a niños en edad preescolar, basándose en una ingesta diaria recomendada de 12mg de hierro para niños de mayores de 6 meses y menores de 4 años, emplearon como aditivo al bisglicinato ferroso a concentraciones de 0.02 y 0.03g/100g de producto, el cual la bebida con mayor aporte de fruta y de hierro fue la de 0.03g/100g, obteniendo un valor de 4.1mg de hierro para una bebida de 250ml al 40% del VDR, en la tesis desarrollada se obtuvo una contribución de 9.96mg y 9.04mg de hierro para el bisglicinato ferroso en una porción de 200ml de bebida, notando claramente un mayor aporte significativo de hierro basado en una ingesta de 16mg/día.

Según Flores et al. (2018) elaboraron una harina de plátano verde tipo hartón precocida y fortificada, empleando como aditivos de hierro al fumarato ferroso y pirofosfato férrico a concentraciones de 20%, 40% y 50% del valor

recomendado diario de 14 mg de hierro según la Norma (INEN 1334-2, 2011) para alimentos fortificados con hierro, mediante los análisis sensoriales se identificó al pirofosfato férrico como sal idónea para fortificar la harina de plátano verde, teniendo en cuenta el 20% del VDR con valores de 2,91mg Fe/100g de harina. En la tesis desarrollada se obtuvo 9.96mg y 9.04mg de hierro para el bisglicinato ferroso, de la misma manera 1.144mg y 1.026mg de hierro para el fumarato ferroso en una porción de 200 ml de bebida, de estos resultados se puede inferir que el fumarato ferroso muestra una deficiente fortificación a comparación con el bisglicinato ferroso y pirofosfato férrico de la tesis mencionada anteriormente.

Según Arisaca et al. (2016) evaluaron la influencia de la adición de hierro y ácido linolénico de origen vegetal en el pan blanco, de un total de 25 tratamientos, se seleccionó la muestra T-20 por presentar mayor aceptación en el análisis sensorial el cual obtuvo un valor promedio de 6.77 mg de hierro en 100 g de producto (base seca). En contrastación con la bebida fortificada a base de granada y Stevia se obtuvieron valores de 9.96mg y 9.04mg de hierro para el bisglicinato ferroso cubriendo una ingesta diaria del 60 y 55% respectivamente en una muestra de 200 ml de bebida, de la misma manera se obtuvieron valores de 1.144mg y 1.026mg de hierro para el fumarato ferroso.

Según Huamán (2019) en la elaboración de pulpa de pitahaya fortificada con hierro y usos en la industria alimentaria diseñó tres tratamientos, (Tratamiento 1: grupo control, tratamiento 2 y tratamiento 3), para ello se empleó el sulfato ferroso, fortificando al T2 y T3 con 15 y 20mg de hierro respectivamente, en el cual obtuvieron valores de 8.2 mg de hierro/Kg para el T1, 114.6 mg de hierro/Kg para el T2 y 152.9 mg de hierro/Kg para el T3. Se puede observar que el sulfato ferroso es un buen aditivo en la fortificación de alimentos, su uso en bebidas es limitado ya que reacciona con la matriz, produciendo cambios sensoriales importantes a comparación con el bisglicinato ferroso que mantiene sus propiedades en cuanto al atributo olor y sabor adquiriendo un ligero cambio en el color dando este como resultado una fortificación de 9.96mg y 9.04mg de hierro para el bisglicinato ferroso y 1.144mg y 1.026mg de hierro para el

fumarato ferroso en una porción de 200 ml de bebida, el cual se encuentra dentro del VDR de 16mg/día.

6.3. Responsabilidad ética de acuerdo con los reglamentos vigentes

Los autores de la investigación se responsabilizan por la información emitida en el presente trabajo de tesis, de acuerdo al Reglamento del Código de Ética de la investigación de la Universidad Nacional del Callao, según Resolución de Consejo Universitario N° 260- 2019-CU.

CONCLUSIONES

Se concluye que, la bebida a base de granada y stevia obtenida a partir de la fortificación, es una bebida de características sensoriales aceptables y características fisicoquímicas dentro de las normas alimentarias permitidas.

Se determinó que la concentración óptima es de 4.4 mg/100ml.

Se determinó que el aditivo óptimo es el bisglicinato ferroso

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar un estudio de factibilidad ya que la bebida tiene potencial para su desarrollo a nivel industrial.

Se sugiere realizar estudios a nivel clínico para determinar el aporte de hierro en el organismo.

Se recomienda realizar análisis microbiológicos al producto para así tener un completo cumplimiento de las normativas alimentarias vigentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arisaca A., et. al. (2016) *Efecto del enriquecido y fortificado con hierro y ácido linolénico en el pan blanco*. Revista de. Investigaciones Altoandinas, Puno, Perú.
- Campos Y. (2019) *“Formulación y elaboración de una bebida nutritiva a base de lactosuero con jugo de naranja (citrus sinensis)”*, Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- Calín A. y Carbonell A. (2015). La fruta granada cultivada en España. Universidad Miguel Hernández. España.
- Chiroque, J. et. al. (2019) *Elaboración Y Caracterización De Una Bebida Funcional A Partir De La Granada (Punica Granatum L.), Edulcorado Con Estevia (Stevia Rebaudiana Bertoni) En La Ciudad De Piura – Perú, 2019*, Universidad de Piura, Perú.
- Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica CONCYTEC (2020), *Guía Práctica Para La Formulación y Ejecución De Proyectos De Investigación Y Desarrollo (I+D)*. Perú
- Cornejo J. (2021) *“Néctar de manzana fortificado con sulfato ferroso y harina de soya: una alternativa para mitigar la anemia y desnutrición”* Universidad Nacional de Tumbes, Perú.
- Delgado D. (2007) *Estudio de pre-factibilidad para la industrialización y comercialización de la Stevia*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
- Flores D. et al. (2018) *Obtención de harina de plátano verde tipo HARTÓN (Musa AAB) precocida y fortificada*. Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador.

- García C. y Pérez A. (2004) *La granada. Alimento rico en polifenoles antioxidantes y bajo en calorías* Departamento De Ciencia Y Tecnología De Alimentos. Murcia. España
- Hernández L. (2017) *Evaluación de la aceptabilidad y estabilidad de una bebida láctea endulzada con hidrolizado de lactosa y enriquecida con hierro*. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- Huamán J. (2019) *Elaboración de pulpa de pitahaya fortificada con hierro y usos en la industria alimentaria*. Universidad Peruana de las Américas, Lima, Perú
- Izaguirre J. et al (2013). *Uso de Tecnologías Emergentes para la Elaboración de Bebidas Funcionales (Aloe Vera)* Universidad Autónoma de Coahuila. México.
- Jiménez L. (2017) *Escalamiento De La Producción De Bebidas Funcionales A Partir De Productos Vegetales No Tradicionales*. Universidad Nacional de Colombia, Colombia.
- Justiniano M. (2020) *Adherencia al fumarato ferroso y su relación con el incremento de hemoglobina en gestantes que acuden al centro de salud Laura Caller, Los Olivos*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.
- Loza R. e Inga E. (2018). *Elaboración de una bebida funcional a partir de la cascarilla de cacao (Theobroma cacao L.)* Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Perú
- Medina J. (2021). *Evaluación nutricional y sensorial de una compota de oca (oxalis tuberosa) y mora (rubus ulmifolius) enriquecida con hierro*. Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú.
- Pizarro F. et al (2005). *Hierro y zinc en la dieta de la población de Santiago*. Universidad de Chile. Chile.

Rocha R. y Coy S. (2006). *Elaboración de una bebida a base de leche de soya y ahuyama fortificada con hierro y calcio, para adultos mayores*. Universidad de La Salle. Bogotá. Colombia.

Serpa M. y Vélez L., Barajas J. (2015) *Compuestos de hierro para la fortificación de alimentos: El desarrollo de una estrategia nutricional indispensable para países en vía de desarrollo*. Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia.

Serpa et al. (2015). *Desarrollo de un refresco a partir de la mezcla de fresa (*Fragaria ananassa*), mora (*Rubus glaucus*), gulupa (*Passiflora edulis Sims*) y uchuva (*Physalis peruviana L.*) fortificado con hierro y dirigida a niños en edad pre-escolar*. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

World Health Organization (2019) *Anaemia Data Status*.

ANEXOS

ANEXO 1: Matriz de consistencia

“Evaluación del efecto de la fortificación con hierro de un prototipo de una bebida de granada edulcorado con Stevia”

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE DEPENDIENTE			
¿Cuál es el efecto de la fortificación con hierro de un prototipo de bebida a base de granada edulcorado con Stevia?	Evaluar el efecto de la fortificación con hierro en un prototipo de bebida a base de granada edulcorado con Stevia.	El efecto de la fortificación con hierro en un prototipo de bebida a base de granada edulcorado con Stevia es una bebida de características sensoriales aceptables y características fisicoquímicas dentro de las normas alimentarias permitidas.	Y= Efecto de la fortificación con hierro en un prototipo de bebida a base de granada edulcorado con Stevia	Características sensoriales de la bebida fortificada con hierro a base de granada edulcorada con Stevia. Características fisicoquímicas de la bebida fortificada con hierro a base de granada edulcorada con Stevia.	Sabor Color Olor Acidez Sólidos Solubles pH	Aplicativa/ Cuantitativa/ Explicativa (causa-efecto) / Experimental
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLE INDEPENDIENTE			
¿Cuál es la concentración óptima de hierro para la elaboración de un prototipo de bebida a base de granada edulcorada con Stevia?	Determinar la concentración óptima de hierro para la elaboración de un prototipo de bebida fortificada a base de granada edulcorada con stevia.	La concentración óptima de hierro para la elaboración de un prototipo de bebida fortificada a base de granada edulcorado con Stevia es de 4.4 mg de Fe/100ml de bebida.	X= Fortificación con Hierro	Concentración de hierro	4.8 mg/100ml 4.4 mg/100ml	
¿Cuál es el tipo de aditivo óptimo de hierro para la elaboración de un prototipo de bebida a base de granada edulcorada con Stevia?	Determinar el tipo de aditivo óptimo de hierro para la elaboración de un prototipo de bebida fortificada a base de granada edulcorada con stevia.	El aditivo óptimo para la elaboración de un prototipo de bebida fortificada a base de granada edulcorado con Stevia es el bisglicinato ferroso.		Aditivos de Hierro	Fumarato ferroso Bisglicinato ferroso	

ANEXO 2: ANÁLISIS SENSORIAL



ANEXO 3. FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

NOMBRES Y APELLIDOS:..... **EDAD:**.....

Frente a usted se presentan cinco muestras de una bebida funcional elaborada a partir de granada edulcorado con estevia y fortificada con hierro. Sírvase evaluar las muestras en el orden que se presentan y marque un aspa en el renglón que corresponda a la calificación para cada muestra, en lo que respecta a los atributos COLOR, OLOR y SABOR en el orden indicado.

Nota: Recuerde tomar agua entre cada muestra

Para el análisis de los resultados, la escala hedónica se tiene que convertir en puntajes numéricos:

Me disgusta extremadamente = 1

Me disgusta mucho = 2

Ni me gusta ni me disgusta = 3

Me gusta mucho = 4

Me gusta extremadamente = 5

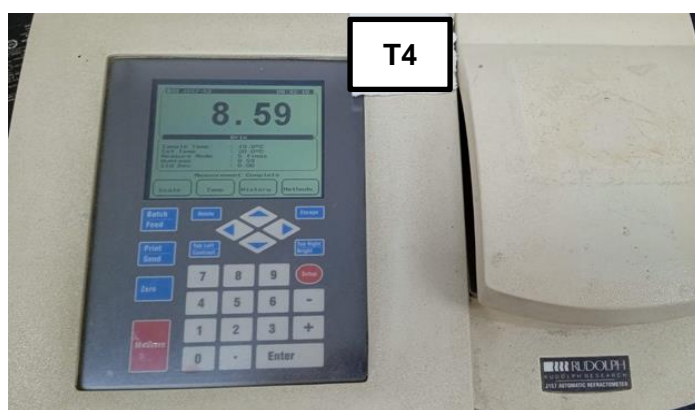
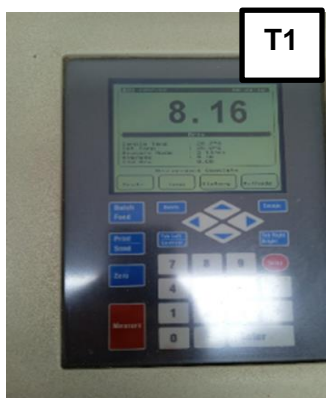
	515			326			135			645			402		
	Color	Olor	Sabor	Color	Olor	Sabor	Color	Olor	Sabor	Color	Olor	Sabor	Color	Olor	Sabor
Me disgusta extremadamente															
Me disgusta mucho															
Ni me gusta ni me disgusta															
Me gusta mucho															
Me gusta extremadamente															

ANEXO 4. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS

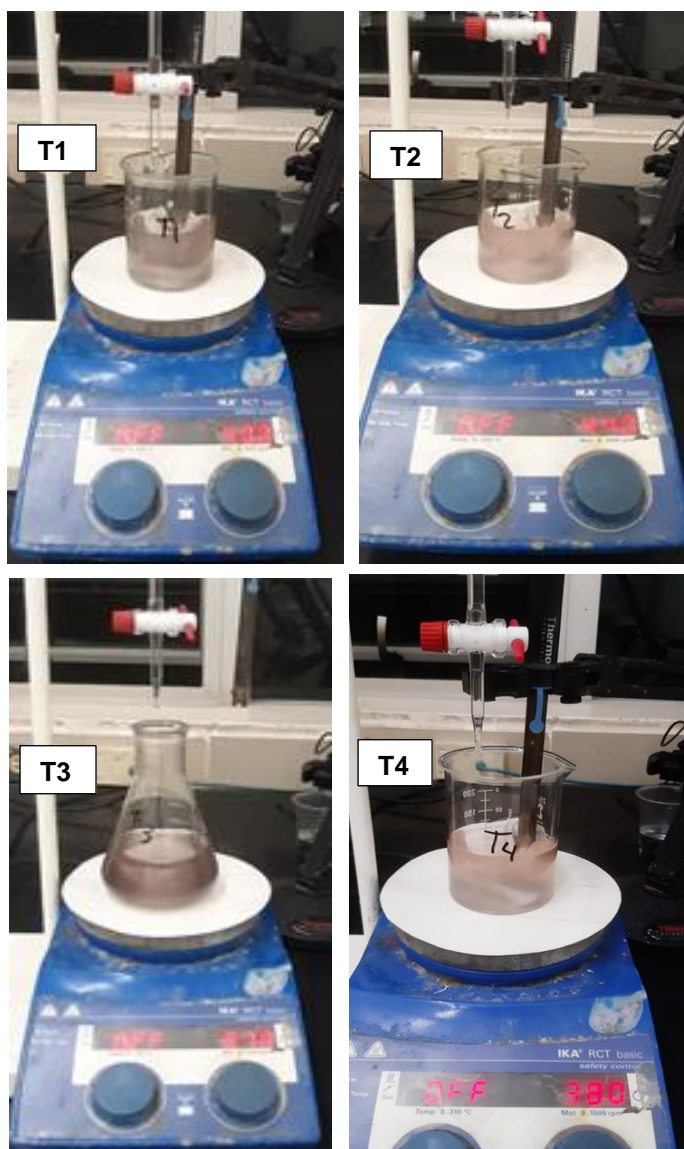
Determinación de pH para los tratamientos T1, T2, T3 y T4



Determinación de sólidos solubles para los tratamientos T1, T2 y T4



Determinación de acidez para los tratamientos T1, T2, T3 y T4



ANEXO 5: CÁLCULOS REALIZADOS PARA FORTIFICACIÓN DE CADA TRATAMIENTO

PROPORCIÓN PARA LA BEBIDA BASE

FORMULACIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PORCENTAJE
VOLUMEN TOTAL	6000	ml	100%
AGUA	3000	ml	50%
ZUMO	3000	ml	50%
ÁCIDO CÍTRICO	5.4	g	0,09%
STEVIA	0.05	g	
CMC	8.4	g	0,14%
SORBATO DE POTASIO	2.4	g	0,04%

ANEXO 5.1. TRATAMIENTO 1 Y 2

A. Bisglicinato Ferroso

ADITIVO	PESO MOLECULAR (g/mol)
Fe (COOCH ₂ NH ₂) ₂	203,96
Fe	55,845

Cantidad de hierro que existe en el bisglicinato ferroso es del 27.38%

GENTLE IRON	mg	cápsula	g, cápsula
BISGLICINATO FERROSO	25	1	0,36
HIERRO	6,85	1	0,36
HIERRO/ g cápsula	19,01	-	-

	PORCENTAJE DEL VRD	PARA 200 ml (g)
	100%	0,8417
T1	60%	0,5045
T2	55%	0,4625

ANEXO 5.2. TRATAMIENTO 3 Y 4

B. Fumarato Ferroso

ADITIVO	PESO MOLECULAR	(g/mol)
C ₄ H ₂ FeO ₄	169,9013	
Fe	55,845	

La cantidad de hierro que existe en el fumarato ferroso es del 32.87%

FERROVIT	mg	cápsula	g, cápsula
FUMARATO FERROSO	162	1	0,1628
HIERRO	53,25	1	0,1628
HIERRO/g Cápsula	327,1611	-	-

	PORCENTAJE DEL VRD	PARA 200 ml (g)
	100%	0,0489
T3	60%	0,0293
T4	55%	0,0269

ANEXO 6. NTP 203.110 (2009), JUGOS, NÉCTARES Y BEBIDAS DE FRUTA. REQUISITOS

NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 203.110
16 de 25

ANEXO A
(NORMATIVO)

**CONTENIDO MÍNIMO DE SÓLIDOS SOLUBLES
(GRADOS BRIX) PARA JUGOS, PURÉS Y BEBIDAS DE
FRUTA**

Nombre Botánico	Nombre común de la fruta	Nivel mínimo de grados Brix para jugo de fruta (a partir de exprimidos, reconstituido, purés)	Néctares mínimo 20 % de puré y/o jugo en el néctar⁶	Bebidas mínimo 10 % de puré y/o jugo en el néctar
<i>Anacardium occidentale L.</i>	Manzana de acajú	10	2,0	1,0
<i>Ananas comosus (L.) Merrill</i> <i>Ananas sativis L. Schult F.</i>	Piña	10	2,0	1,0
<i>Annona muricata L.</i>	Guanábana, Cachimón espinoso	14,5	2,9	1,45
<i>Annona squamosa L.</i>	Anona blanca	14,5	2,9	1,45
<i>Averrhoa carambola L.</i>	Carambola	7,5	1,5	0,75
<i>Carica papaya L.</i>	Papaya	7	1,4	0,7
<i>Citrullus lanatus (Thumb.) Matsum & Naki</i> var. Lanatus	Sandía	8,0	1,6	0,8

⁶ Se toma como criterio el Reglamento Sanitario de los Alimentos de Chile, que establece el contenido mínimo de 20 % de la participación de la pulpa.

<i>Prunus domestica</i> L. subsp. <i>Domestica</i>	Ciruela	18,5	3,7	1,85
<i>Prunus domestica</i> L. Subsp. <i>domestica</i>	Ciruela Claudia	12,0	2,4	1,2
<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch var. <i>nucipersica</i> (Suckow) c. K. Schneid.	Nectarina	10,5	2,10	1,05
<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch var. <i>Persica</i>	Melocotón, durazno	10	2,10	1,0
<i>Psidium guajava</i> L.	Guayaba	8	1,6	0,8
<i>Punica granatum</i> L.	Granada	12	2,4	1,2
<i>Pyrus communis</i> L.	Pera	10	2	1,0
<i>Ribes rubrum</i> L.	Grosella blanca	10	2,0	1,0
<i>Ribes uva-cripa</i> L.	Uva espina	7,5	1,5	0,75
<i>Sambucus nigra</i> L. <i>Sambucus canadensis</i> .	Sauco	10,5	2,10	1,05
<i>Solanum quitoense</i> Lam.	Lulo o naranjilla	6	* ⁹	** ¹⁰
<i>Spondia lutea</i> L.	Marañón (caju)	10	2,0	1,0
<i>Tamarindus indica</i>	Tamarindo (dátil Indio)	13	* ⁹	** ¹⁰
<i>Theobroma cacao</i> L.	Pasta de cacao	14	2,8	1,4

⁹ * Elevada acidez, la cantidad suficiente para lograr una acidez mínima de 0,4% (como ácido cítrico)

¹⁰ ** Elevada acidez, la cantidad suficiente para lograr un aporte mínimo de 5% de sólidos solubles de la fruta

ANEXO 7. INFORME DE ENSAYO



INFORME DE ENSAYO N° 1-01968/22

Pág. 1/1

Solicitante : **ATIQUIPA VENTOCILLA, ETHEL MIRELLA**
 Domicilio legal : **Jr. Perú Nro. 507- Urb. La Libertad – Comas – Lima – Lima**
 Producto declarado : **BEBIDA A BASE DE GRANADA Y ESTEVIA**
 Cantidad de Muestras para el Ensayo : **9 muestras x 250 mL c/u**
Muestra proporcionada por el solicitante
 Identificación de la muestra : **Según se indica**
 Forma de Presentación : **En frasco de plástico, cerrado y refrigerado.**
 Fecha de recepción : **2022 - 02 - 17**
 Fecha de Inicio del ensayo : **2022 - 02 - 23**
 Fecha de término del ensayo : **2022 - 03 - 03**
 Ensayo realizado en : **Laboratorio ICP-AA**
 Identificado con : **H/S 22001530 (EXAI-02301-2022)**
 Validez del documento : **Este documento es válido solo para las muestras descritas.**

Ensayo	LCM	Unidad	Muestras / Resultados				
			T1 - 1	T1 - 2	T1 - 3	T2 - 1	T2 - 2
Hierro	0,028	mg/100mL	4,96	4,71	5,29	4,72	4,34

LCM: Límite de cuantificación del método

Ensayo	LCM	Unidad	Muestras / Resultados			
			T2 - 3	T3		
Hierro	0,028	mg/100mL	4,51	0,567	0,581	0,568

LCM: Límite de cuantificación del método

Ensayo	LCM	Unidad	Muestras / Resultados			
			T4			BK
Hierro	0,028	mg/100mL	0,512	0,515	0,511	0,064

LCM: Límite de cuantificación del método

MÉTODO

Hierro: NOM-117-SSA1-1984. Bienes y Servicios. Métodos de prueba para la determinación de Cadmio, Arsénico, Plomo, Estaño, Cobre, Hierro, Zinc y Mercurio en Alimentos, agua potable y agua purificada por Espectrometría de Absorción Atómica.

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción parcial de este Informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 04 de marzo de 2022
 AM

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

 ING. SONIA GARCÍA CANALES
 D. I. P. 133422
 ASIST. GESTIÓN LABORATORIOS

“Este documento sin firma digital carece de validez”

AREQUIPA
 Calle Teniente Rodríguez N° 1415
 Miraflores – Arequipa
 T. (054) 265572

CALLAO
 Oficina Principal
 Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao
 T. (511) 319 9000



info@cerper.com – www.cerper.com

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE”