

**DISEÑO DE UN ALIMENTO INFANTIL CON ARVEJA (*Pisum sativum*)
FORTIFICADO CON HIERRO LISTO PARA CONSUMIR**

**PAOLA ANDREA BURBANO ESPAÑA
ZULMA YIZETH VILLAQUIRAN SAMBONI**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
PROGRAMA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
SAN JUAN DE PASTO
2017**

**DISEÑO DE UN ALIMENTO INFANTIL CON ARVEJA (*Pisum sativum*)
FORTIFICADO CON HIERRO LISTO PARA CONSUMIR**

**PAOLA ANDREA BURBANO ESPAÑA
ZULMA YIZETH VILLAQUIRAN SAMBONI**

**Trabajo de grado en la modalidad de investigación, presentado como
requisito para optar al título de Ingeniera Agroindustrial**

**Asesor:
MAURICIO BUCHELLI JURADO
Ingeniero Agroindustrial**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
PROGRAMA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
SAN JUAN DE PASTO
2017**

NOTA DE RESPONSABILIDAD

Las ideas y conclusiones aportadas en el siguiente trabajo son responsabilidad exclusiva de los autores.

Artículo 1ro del Acuerdo No.324 de octubre 11 de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Notas de Aceptación

Firma del Director

Firma del Jurado

Firma del Jurado

San Juan de Pasto, Marzo de 2017

RESUMEN

La arveja (*Pisum sativum*) es una leguminosa con un bajo nivel de procesamiento en el departamento de Nariño, caracterizada por poseer proteínas de alta calidad y por ser un buen complemento de los cereales. Por otra parte, los alimentos infantiles permiten suministrar a los niños una adecuada ingesta de nutrientes y micronutrientes que son insuficientes en la dieta ordinaria.

En el presente trabajo se elaboró un alimento infantil pasteurizado listo para consumir fortificado con hierro, empleando arveja (*P. sativum*), arroz (*Oryza sativa* L.), leche descremada en polvo, azúcar y vainilla. El contenido de arveja adecuado se determinó mediante análisis sensorial, obteniendo un porcentaje máximo del 6,5%. Se evaluó el efecto de dos sales de hierro (sulfato ferroso y hierro aminoquelado) sobre las características fisicoquímicas, físicas (color) y sensoriales del alimento. La sal seleccionada por generar menos cambios sobre el color del alimento fue hierro aminoquelado.

Para seleccionar el tratamiento térmico se evaluaron dos temperaturas (75°C y 85 °C) y tres tiempos (5, 10 y 15 minutos). Los resultados muestran que para reducir la concentración inicial de mesófilos y obtener un alimento de buena calidad de acuerdo con la normativa colombiana vigente es necesario someter el alimento a 85°C durante 13 minutos (0,45 D).

La vida útil sensorial del alimento fue de 12 días. Se establecieron los límites críticos aplicando análisis de regresión para pH, acidez, sólidos solubles, viscosidad y color, luego de 12 días de almacenamiento a 4°C. El análisis microbiológico del alimento permite afirmar que éste cumple con los valores especificados en la norma y es apto para el consumo. Finalmente los datos del análisis bromatológico permiten catalogar el alimento como alto en hierro y buena fuente de proteína, aportando el 25% y el 15% de la recomendación diaria en Colombia respectivamente.

Palabras clave: Alimento infantil, análisis sensorial, arveja, fortificación, pasteurización, vida útil.

ABSTRACT

Pea (*Pisum sativum*) is an underutilized legume in the department of Nariño, which has high quality protein and is a good complement of cereals. On the other hand, infant foods provide an adequate intake of nutrients and micronutrients, which are insufficient in the children ordinary diet.

In this work a pasteurized ready to eat infant food fortified with iron, using pea (*P. sativum*), rice (*Oryza sativa* L.), skim milk powder, sugar and vanilla was developed. The appropriate pea content was determined by sensorial analysis, obtaining a maximum percentage of 6.5%. The effect of two iron salts (Ferrous Sulphate and Aminoquelated Iron) on the physicochemical, physical (color) and sensorial properties of the food was evaluated. Aminoquelated Iron was selected because it generated fewer changes on the food color.

To select the heat treatment two temperatures (75°C and 85°C) and three times (5, 10 and 15 minutes) were evaluated. The results show that to reduce the initial concentration of mesophiles and obtain a good quality food in accordance with current Colombian regulations is necessary to submit the food to 85°C for 13 minutes (0,45 D).

The sensory shelf life of product was 12 days. The critical limits were established applying regression analysis for pH, acidity, soluble solids, viscosity and color, after 12 days of storage at 4 ° C. according to the results of microbiological analysis, the food is kept within the values specified in the standard and is suitable for consumption. Finally according to the results of bromatological analysis the food can be described as excellent source of iron and good source of protein, contributing 25% and 15% of the daily recommendation in Colombia respectively.

Key words: Infant food, sensory analysis, peas, fortification, pasteurization, shelf life.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
2. JUSTIFICACIÓN.....	18
3. OBJETIVOS.....	19
3.1 OBJETIVO GENERAL	19
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
4. MARCO TEÓRICO	20
4.1 ARVEJA (<i>Pisum sativum</i>)	20
4.1.1 Generalidades.....	20
4.1.2 Composición fisiológica.....	20
4.1.3 Composición química.....	20
4.1.4 Contenido de Aminoácidos.	21
4.1.5 Variedades.....	22
4.1.6 Usos de la arveja.	23
4.2 PRODUCCIÓN DE ARVEJA EN COLOMBIA.....	23
4.3 ALIMENTACIÓN INFANTIL	24
4.3.1 Alimentos listos para consumo e infantiles.	24
4.3.2 Ingredientes empleados en la elaboración de alimentos infantiles.	26
4.3.3 Tecnologías para la elaboración de alimentos complementarios.....	28

4.4 FORTIFICACION CON HIERRO	29
4.4.1 Deficiencia de hierro.	29
4.4.2 Compuestos para fortificar.	30
5. METODOLOGIA	33
5.1 LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN Y OPERACIONES PRELIMINARES.....	33
5.1.1 Localización.	33
5.1.2 Materia prima.	33
5.1.3 Tratamiento preliminar de las materias primas.	33
5.2 ELABORACIÓN DEL ALIMENTO INFANTIL	36
5.3 EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE ARVEJA EN LA FORMULACIÓN DEL ALIMENTO.....	43
5.4 FORTIFICACIÓN DEL ALIMENTO	44
5.5 SELECCIÓN DE LA SAL DE HIERRO PARA LA FORTIFICACIÓN DEL ALIMENTO.....	45
5.6 SELECCIÓN DEL TRATAMIENTO TÉRMICO	45
5.7 DETERMINACIÓN DE VIDA ÚTIL	46
5.8 ANÁLISIS FÍSICO DEL ALIMENTO.....	46
5.9 ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DEL ALIMENTO	46
5.10 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DEL ALIMENTO.....	48
5.11 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL ALIMENTO.....	48
5.12 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	49

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
6.1 EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE ARVEJA EN LA FORMULACIÓN DEL ALIMENTO.....	50
6.2 SELECCIÓN DE LA SAL DE HIERRO PARA LA FORTIFICACIÓN DEL ALIMENTO.....	52
6.3 SELECCIÓN DEL TRATAMIENTO TÉRMICO	57
6.4 VIDA ÚTIL SENSORIAL DEL ALIMENTO	60
6.5 ANÁLISIS FÍSICO DEL ALIMENTO.....	64
6.6 ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DEL ALIMENTO	65
6.7 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DEL ALIMENTO.....	65
6.8 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL ALIMENTO.....	67
7. CONCLUSIONES	68
8. RECOMENDACIONES.....	69
BIBLIOGRAFIA.....	70

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Composición química de la arveja	21
Tabla 2. Composición de aminoácidos del grano de arveja.....	22
Tabla 3. Composición química del arroz.....	27
Tabla 4. Composición química de la leche descremada de vaca en polvo	27
Tabla 5. Características de los compuestos de hierro empleados para fortificación de alimentos	30
Tabla 6. Formulación general para la elaboración del alimento infantil semisólido	43
Tabla 7. Porcentajes de arveja evaluados para la selección de la formulación adecuada.....	43
Tabla 8. Escala hedónica de siete puntos empleada en la evaluación sensorial del alimento infantil con adultos.....	44
Tabla 9. Técnicas y métodos de análisis fisicoquímico	47
Tabla 10. Técnicas de análisis bromatológico, laboratorios UDENAR	48
Tabla 11. Técnicas de análisis microbiológico, laboratorios UDENAR	49
Tabla 12. Calificación promedio asignada por los padres al alimento infantil según el porcentaje de arveja empleado (7= me gusta extremadamente; 1= me disgusta extremadamente).....	50
Tabla 13. Calificación promedio asignada por los niños al alimento infantil según el porcentaje de arveja empleado (3= me gusta; 1= me disgusta)	51
Tabla 14. Formulación final para la elaboración del alimento infantil.....	52
Tabla 15. Valores promedio de pH, sólidos solubles, acidez, viscosidad, densidad y actividad acuosa de la papilla sin fortificar (blanco), fortificada con sulfato ferroso (SF) y fortificada con hierro aminoquelado (HA) (Promedios±D.E*).	52

Tabla 16.	Valores promedio de los parámetros de color L, a y b de la papilla sin fortificar (blanco), fortificada con sulfato ferroso (SF) y fortificada con hierro aminoquelado (HA) (Promedios $\pm$ D.E*).	55
Tabla 17.	Valores promedio de puntajes asignados a los atributos de sabor (metálico) y color del alimento infantil fortificado con sulfato ferroso y hierro aminoquelado (Promedios $\pm$ D.E*).	56
Tabla 18.	Contenido de hierro en el alimento infantil fortificado con hierro aminoquelado y sin fortificación.	57
Tabla 19 .	Carga microbiana de Mesófilos aerobios (UFC/mL) en el alimento infantil sometido a diferentes tratamientos de pasteurización.....	58
Tabla 20.	Valores de tiempo de reducción decimal (D) obtenidos para dos temperaturas de pasteurización del alimento infantil.	59
Tabla 21.	Tiempo de tratamiento térmico necesario para obtener un alimento de calidad buena o aceptable según la normativa colombiana vigente.	60
Tabla 22.	Parámetros fisicoquímicos calculados para los 12 días de vida útil sensorial	63
Tabla 23.	Parámetros de color L, a, b y ΔE calculados para los 12 días de vida útil sensorial.	63
Tabla 24.	Efecto del tiempo de almacenamiento sobre los parámetros de color L, a, b y ΔE del alimento infantil pasteurizado.....	64
Tabla 25.	Resultados del análisis fisicoquímico.....	65
Tabla 26.	Resultados del análisis bromatológico del alimento infantil fortificado con hierro.	66
Tabla 27.	Resultados del análisis microbiológico del alimento infantil pasteurizado fortificado con hierro.	67

LISTA DE GRÁFICAS

Pág.

Gráfica 1.	Efecto de la fuente de hierro sobre el contenido de sólidos solubles del alimento infantil durante el almacenamiento.	54
Gráfica 2.	Efecto de la fuente de hierro sobre el pH del alimento infantil durante el almacenamiento.....	54
Grafica 3.	Efecto de la fuente de hierro sobre la acidez del alimento infantil durante el almacenamiento.....	54
Grafica 4.	Gráficos de supervivencia de mesófilos aerobios para dos temperaturas de pasteurización del alimento infantil.	58
Gráfica 5.	Regresión lineal de aceptabilidad del alimento infantil pasteurizado durante el almacenamiento	61
Gráfica 6.	Efecto del tiempo de almacenamiento sobre pH, acidez, sólidos solubles y viscosidad del alimento infantil pasteurizado	62

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diagrama de flujo sobre el tratamiento preliminar del arroz.....	34
Figura 2. Tratamiento preliminar del arroz	34
Figura 3. Tratamiento preliminar de la arveja.....	35
Figura 4. Diagrama de flujo sobre el tratamiento preliminar de la arveja	36
Figura 5. Pesaje de los ingredientes.....	37
Figura 6. Trituración y mezcla de los ingredientes.....	38
Figura 7. Filtración de la mezcla	38
Figura 8. Cocción de la mezcla.....	39
Figura 9. Adición de esencia de vainilla.....	39
Figura 10. Sales de hierro empleadas en la fortificación del alimento	40
Figura 11. Pasteurización del alimento infantil.....	40
Figura 12. Envasado del alimento infantil	41
Figura 13. Diagrama de flujo sobre la elaboración del alimento infantil.	42
Figura 14. Escala hedónica facial de tres puntos.....	44
Figura 15. Color de alimento infantil con los diferentes porcentajes de arveja evaluados en el día cero de almacenamiento.....	51

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Formato de prueba de medición del grado de satisfacción y codificación	72
Anexo B. Formato de prueba dúo- trío y codificación.....	73
Anexo C. Formato Test de valoración numérica.....	74
Anexo D. Tabla A-1 del libro de Anzaldúa (1994) para el análisis de la prueba dúo-trío	75

INTRODUCCIÓN

La importancia del cultivo de arveja en el departamento de Nariño radica en su aporte tanto en el ámbito agrícola como en la dieta y los ingresos económicos de los campesinos que se dedican a cultivarla y que han posicionado el departamento como el primero en su producción a nivel nacional. Sin embargo casi en su totalidad esta legumbre se comercializa en estado fresco lo cual ha generado una subvaloración acerca de la calidad de la misma, por otro lado las alternativas que la incluyan en nuevos procesos de transformación y que además destaquen su aporte nutricional son casi nulas.

Los alimentos infantiles complementarios son una buena alternativa para introducir en la dieta de los niños los nutrientes que ellos requieren y reducir el riesgo de posibles enfermedades relacionadas con la inadecuada ingesta de los mismos, además pueden emplearse como vehículo alimenticio para incluir aquellos micronutrientes que no son aportados de forma suficiente con la dieta ordinaria como es el caso del hierro. Incluir la arveja en la elaboración de un alimento de este tipo en forma de colado o papilla, representa una ventaja tanto nutricional como económica principalmente gracias al alto contenido de proteínas de origen vegetal que al complementarse con un cereal genera un alimento con calidad proteica. La mayoría de estos productos se comercializan en polvo y aquellos listos para consumir deben someterse a tratamientos térmicos que garanticen la inocuidad del alimento, debido al carácter perecedero de los mismos.

El propósito de este trabajo, es diseñar un alimento infantil pasteurizado tipo papilla que incluya arveja en su elaboración, fortificado con hierro que se ajuste a los requerimientos nutricionales de niños menores de 5 años de acuerdo con lo establecido en la normativa vigente, se mantenga estable durante su periodo de vida útil y que además sea agradable para el consumidor.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La arveja pertenece a la familia de las leguminosas y su producción es estratégica desde el punto de vista agrícola ya que presenta un ciclo de cultivo relativamente corto de acuerdo con la información registrada por el Sistema de Información de Precios y Abastecimiento del Sector Agropecuario (SIPSA, 2014). Los granos de arveja son una buena fuente de energía con un contenido alto de proteína, fibra dietaria y minerales, además son un buen complemento de los cereales (Boye y Ma, 2015). El consumo de arveja en grano seco y fresco aporta cerca del 24% y 8% de proteína, respectivamente según el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP, 2004).

A nivel mundial, la mayor parte de la arveja fresca o verde y una parte de la seca se destina al consumo humano y parte de la arveja seca se destina a la alimentación animal (Jezierny, Mosenthin, y Bauer, 2010) (Bauza, Capra, y Bratschi, 2013). En Colombia la mayoría de la arveja producida se destina al consumo directo (arveja en vaina) dada la amplia demanda existente en el país y un pequeño porcentaje para semilla (arveja seca) (SIPSA, 2013).

Luego del frijol, la arveja es la leguminosa más cultivada en Colombia (Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas [FENALCE], 2010) y en el mundo siendo uno de los vegetales más importantes cuya producción es mayor en zonas templadas (FAO, 2011). Según la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) para los años 2012 y 2013 su producción se concentra principalmente en los departamentos de Nariño, Cundinamarca y Boyacá y en menor proporción en Tolima y Norte de Santander (SIPSA, 2014).

Nariño es el mayor productor de arveja verde del país con una producción promedio de 57.116 toneladas de arveja para el 2013 lo que representa cerca del 57 % de la producción nacional y por esta razón los precios de la arveja en el departamento son los más bajos en comparación con los demás departamentos (SIPSA, 2014). Aún con estos indicadores, el nivel de procesamiento industrial de la arveja y de los productos hortícolas en general en el departamento es casi nulo, lo cual se ve reflejado en la comercialización en fresco de los mismos (Belalcázar, 2007) y las operaciones agroindustriales que se aplican a un pequeño porcentaje de estos productos son de acondicionamiento como lavado y empaquetado (Osorio, 2012).

Por otra parte, el problema de desnutrición a nivel global, específicamente aquella causada por deficiencia de micronutrientes, afecta en mayor proporción a población vulnerable como niños menores de 5 años y se considera como un problema de salud pública. La deficiencia de micronutrientes como hierro, vitamina A y zinc son las más prevalentes en algunas regiones del país, cuyas consecuencias afectan la salud y el desarrollo económico no sólo de las

poblaciones afectadas sino del país a futuro según la Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia de 2010. Estas deficiencias se presentan principalmente debido al difícil acceso a los productos que son fuente de este tipo de minerales por su alto costo como carnes, leche y derivados lácteos, frutas y verduras y el nivel de escolaridad de las personas a cargo de la alimentación de los niños. De acuerdo con la misma encuesta la deficiencia de hierro en niños entre 1 a 4 años es del 10,6% (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar [ICBF], 2011).

Considerando además que la arveja se encuentra dentro de los cultivos transitorios prioritarios para la Seguridad Alimentaria del país según el Observatorio de Seguridad Alimentaria y Nutricional (OSAN, 2014), es posible elaborar un producto higienizado listo para el consumo que la incluya dentro de su formulación con el fin de aprovechar las propiedades nutricionales de la misma, teniendo en cuenta que su producción en el departamento es alta y que se genera un valor agregado mediante el desarrollo de nuevos productos. Aparte de que los alimentos complementarios de origen vegetal generalmente no proveen suficiente cantidad de nutrientes clave (en especial hierro, zinc y calcio) para cubrir las ingestas recomendadas (Organización Panamericana de la Salud, 2003) se busca fortalecer el producto con hierro puesto que estará dirigido a la población infantil (niños menores de 5 años) donde prevalece su deficiencia.

2. JUSTIFICACIÓN

La elaboración de un alimento infantil fortificado con hierro constituye una buena alternativa de alimentación para esta población ya que además de resultar agradable forma parte de la solución para disminuir y prevenir las deficiencias de algunos micronutrientes, sus efectos sobre la salud de los niños y las consecuencias a futuro relacionadas con el desarrollo regional y nacional. El producto está dirigido a niños menores de 5 años ya que es uno de los grupos poblacionales con mayor riesgo de desnutrición.

Según la ENSIN 2010, a partir del sexto mes es necesario introducir paulatinamente los alimentos en la dieta de los niños, que deben tener una consistencia apropiada para la edad y responder a los requerimientos nutricionales de este segmento con el fin de prevenir la desnutrición, sin embargo la calidad de la dieta es carente en este grupo de edad.

Los resultados de la encuesta muestran un escaso uso de leguminosas en la alimentación complementaria, debido posiblemente a que no son de uso diario sino semanal, lo cual indica el bajo nivel de explotación de este tipo de alimentos. Actualmente existen productos infantiles de este tipo como papillas a base de cereales en polvo o listos para consumir en el mercado, aunque en este último caso son muy escasos y son de difícil acceso para personas con bajos ingresos. Por lo tanto, ya que en el departamento existe la disponibilidad de leguminosas como la arveja que constituye una fuente proteica de bajo costo y cuyo aprovechamiento en la elaboración de productos con valor agregado ha sido mínima se pretende incluirla en la formulación del producto.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un alimento infantil con arveja (*Pisum sativum*) listo para consumir fortificado con hierro.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar la formulación del alimento mediante análisis sensorial con adultos y niños, teniendo en cuenta la aceptabilidad del mismo.
- Evaluar el efecto de dos sales de hierro (Sulfato ferroso y Hierro aminoquelado) sobre las características fisicoquímicas y sensoriales del alimento infantil.
- Seleccionar la sal de hierro adecuada para llevar a cabo la fortificación del alimento infantil.
- Identificar el tratamiento de pasteurización más adecuado que cumpla con las especificaciones establecidas en la normativa colombiana vigente y conserve las características iniciales del alimento por un mayor periodo de tiempo.
- Establecer la vida útil sensorial del producto y determinar las características del alimento al término de la misma mediante regresión lineal de los parámetros fisicoquímicos y de color.
- Evaluar las características fisicoquímicas, bromatológicas y microbiológicas del alimento infantil pasteurizado.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 ARVEJA (*Pisum sativum*)

4.1.1 Generalidades. La arveja (*Pisum sativum*) es una leguminosa anual de tamaño moderado (Weeden, 2013), que se cultiva entre los 2000 y 3200 msnm para la producción de grano verde y desde los 1000 msnm para grano seco, con temperaturas óptimas entre los 15 y 18°C, con media máxima de 21°C y mínima de 9°C. El clima ideal es templado a templado frío, con inviernos largos pero suaves y cuyo ciclo relativamente corto puede variar entre 100 y 128 días. La siembra de la arveja se hace de forma directa (Corporación Ecológica y Cultural Penca de Sábila, 2009; INIAP, 2004; Ortega et al., 1999). La altura de la planta varía desde 125 a 141 cm de altura, el número de granos de 6- 8 y el ciclo relativamente corto puede variar entre 100 y 128 días (Ligarreto, Checa, Lagos, Betancourth y Arteaga, 2007).

Según FENALCE (como se citó en DANE, 2015), durante el ciclo del cultivo se requiere de 250 a 380 milímetros de agua bien distribuidos. Por otro lado existen dos sistemas de producción; el primero es tutorado para la producción de arveja en vaina o verde y segundo el rastrero sin tutorado especialmente para la producción de semilla.

4.1.2 Composición fisiológica. Es una planta de crecimiento rápido con tallos trepadores y angulosos, desde que nacen hasta el inicio de floración en temperaturas óptimas el periodo de tiempo suele ser en su desarrollo vegetativo dependiendo de su crecimiento puede ser determinado o indeterminado estas se dividen en tres variedades: enanas, de medio enrame y enrame, las hojas tienen pares de folíolos y terminan en zarcillos, que tienen la propiedad de asirse a los tutores que encuentran en su crecimiento; por lo general las vainas tienen un tamaño de 5 a 10 cm de largo y dentro de ellas se encuentran de 4 a 10 semillas dependiendo su variedad. Las semillas tienen una ligera latencia, el peso medio por unidad es de 0,20 gramos, la planta posee un poder germinativo de 3 años máximo (Zamorano, López, & Alzate, 2008).

4.1.3 Composición química. Las arvejas poseen proteínas de alta calidad, con un contenido de proteína cruda promedio de 22.6% (base de materia seca 90%) para arveja en grano seco y 8% en grano fresco (INIAP, 2004; Racz, 1997). El nivel de proteínas encontrado en estas arvejas se ve influenciado por los efectos del cultivo y el medio ambiente y en menor grado por diferencias entre las

variedades (Mc Lean, Sosulski y Young, 1974). En la Tabla 1 se muestra la composición química de la arveja en estado fresco y seco.

Tabla 1. Composición química de la arveja

Compuesto	Valor medio ^a	
	Arveja verde	Arveja seca
Humedad	66.40 g	12.40 g
Energía	132 kcal	345 kcal
	552 kJ	1443 kJ
Proteínas	8.20 g	23.90 g
Lípidos	0.30 g	0.80 g
Carbohidratos Totales	24.10 g	60.50 g
Cenizas	1.0 g	2.40 g
Fibra	2.5 g ^b	6.0 g ^b
Minerales		
Calcio	36.0 mg	60.00 mg
Fósforo	110.0 mg	270.00 mg
Hierro	2.40 mg	4.60 mg
Vitaminas Hidrosolubles		
Niacina	2.20 mg	3.10 mg
Riboflavina	0.12 mg	0.16 mg
Tiamina	0.36 mg	0.78 mg
Vitamina C	20.00 mg	2.00 mg
Vitaminas Liposolubles		
A (ER ^c)	22.0	22.0

a. Todos los datos representan el contenido por 100 gramos de parte comestible
b. Prado (2008)
c. ER: Equivalentes de Retinol

Fuente: Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (2015)

4.1.4 Contenido de Aminoácidos. La arveja tiene altos niveles de lisina (Tabla 2), aminoácido cuyo contenido es bajo en los granos de cereales. Los cereales, por su parte presentan un contenido bajo en proteínas totales y un déficit de lisina; sin embargo, contienen metionina, aminoácido limitante en arveja. Consecuentemente, la arveja puede suplementar los bajos niveles de proteínas presentes en cereales y alimentos procesados producidos en base a granos de

cereales. Se ha enfatizado en que su incorporación con otros ingredientes como los cereales, es una buena alternativa para complementar el perfil de aminoácidos (Oelke et al., 1991). El complemento y balance de los aminoácidos en la arveja son excelentes; sin embargo, como en la mayoría de las legumbres los aminoácidos azufrados como la metionina y la cisteína están presentes en cantidades relativamente bajas (Racz, 1997).

Tabla 2. Composición de aminoácidos del grano de arveja.

Aminoácidos	Contenido (%)
Metionina	0,15 – 0,34
Triptófano	0,20 – 0,26
Lisina	1,14 – 1,76
Leucina	1,38 – 1,98
Isoleucina	0,80 – 1,21
Valina	0,95 – 1,43
Cisteína	0,17 – 0,59
Fenilalanina	0,82 – 1,43
Treonina	0,85 – 1,03
Arginina	1,14 – 2,14
Histidina	0,32 – 0,79
Tirosina	0,38 – 1,03

Fuente: Racz (1997)

4.1.5 Variedades. Las principales variedades sembradas son: Santa Isabel, Piquinegra, Guatecana, Sindamanoy, Obonuco San Isidro, Obonuco Andina, Alcalá y Sureña, entre otras. La diversidad en arveja es amplia, con un gran número de cultivares que se han mejorado por rendimiento y por calidad del producto fresco o como materia prima para la agroindustria. Colombia cuenta con variedades de arveja mejoradas bastante antiguas, dentro de las que se encuentran: ICA Bojacá, ICA Teusacá y Diacol Caldas, entregadas en las décadas de 1960 y 1970; ICA Tominé, ICA-Corpoica Sindamanoy y San Isidro, liberadas en la década de 1990; no obstante, la variedad regional Santa Isabel es la que ocupa la mayor parte del área sembrada en el país, ya que posee buenas características comerciales como grano y vaina grandes y es una de las variedades con mayor rendimiento en vaina verde. En Nariño, además, se siembran algunas variedades como Lojanita, Cobri y Santa Cecilia (DANE, 2015; Ligarreto y Ospina, 2009).

4.1.6 Usos de la arveja. La harina de leguminosas como la arveja, posee un contenido alto de proteínas por lo que representa una fuente proteica económica, sin embargo su aplicación en la elaboración de productos de consumo masivo ha sido escaso (Alasino et al., 2008). Entre los productos que se comercializan comúnmente, elaborados a partir de leguminosas se encuentran las harinas y sémolas, los concentrados y los aislados proteicos (Chel, Corzo y Betancur, 2003). Los concentrados contienen entre un 65 y 90 % de proteína, generalmente libres de olor, sabor y poseen propiedades como la absorción de agua y grasas, por ello suelen emplearse en la elaboración de productos alimenticios como pan, cereales para el desayuno, productos cárnicos, bebidas nutritivas para niños y adultos y alimentos infantiles (Chel et al., 2003).

Aunque la riqueza proteica es mayor en el concentrado proteico que en la harina, el contenido de componentes no deseados en el producto final como fibra, azúcares reductores, fenoles, etc, es alto en los concentrados. Por esta razón suelen someterse a procesos encaminados a eliminar o disminuir los componentes no proteicos para obtener un aislado proteico con un contenido de 80 a 90% de proteína (Vioque, Sánchez, Pedroche, Yust y Millán, 2001).

La arveja también es usada como concentrado proteico para ganado. La harina de arveja es valorada no solo como una fuente proteica vegetal sino también, en parte, por sus particulares propiedades funcionales. El uso de proteínas vegetales como ingredientes funcionales en la industria alimenticia está aumentando y se ha puesto especial atención en el uso de arveja porque forma parte de la dieta humana en todo el mundo (Oelke et al., 1991).

4.2 PRODUCCIÓN DE ARVEJA EN COLOMBIA

La arveja es considerada como uno de los productos básicos de la economía campesina de pequeños y medianos productores, ubicados especialmente en la zona andina en Colombia. Se cultiva en 14 departamentos y la mayor producción se encuentra en el departamento de Nariño. Durante el 2013 se cultivaron 34.441 hectáreas, de las cuales se cosecharon 22.896 hectáreas con una producción 100.451 toneladas. En el país la totalidad de producción se destina al consumo en fresco , mientras que para el consumo en grano seco es abastecida por importaciones provenientes principalmente de Canadá (FENALCE, 2010; SIPSA, 2014).

Su producción es muy sencilla y además muy provechosa tan solo con 1 kilo de semilla sembrada se puede recoger 125 kilos de arveja fresca en vaina .La semilla es el principal componente para el aprovechamiento de este grupo de leguminosas, las cuales son cultivadas como alimento, forraje, en verde o heno, y juegan un papel importante como abono verde, enterrado al final de la cosecha para mejorar la fertilidad de los suelos. La apropiada selección de la semilla, la

rotación correcta de cultivos, el tutorado (colgada), la buena preparación del suelo, la fertilización adecuada y el correcto control de malezas, disminuyen la ocurrencia y severidad de las enfermedades en el cultivo de arveja (Asociación de Productores Agropecuarios, 2011).

En el 2005, se registró una producción de 34.310 toneladas, muy por debajo de su potencial, ya que ocupó tan solo 26.795 hectáreas, siendo representativa la siembra de la variedad Santa Isabel que se cosecha entre 115 y 145 días en verde y hasta 160 días en seco (Sanchez y Mosquera, 2006). Las importaciones de arveja seca durante el primer semestre del 2009 disminuyeron con respecto a lo observado durante el primer semestre de 2008, pasando de 19.983 a 15.842 toneladas, lo que equivale a un 21% menos, siendo representativo para el mercado nacional, ya que permite impulsar la agricultura y fortalecer la producción del cultivo (FENALCE, 2010).

4.3 ALIMENTACIÓN INFANTIL

4.3.1 Alimentos listos para consumo e infantiles. Los alimentos listos para consumo, se definen como aquellos que se destinan al consumo humano directo y no requieren ningún tratamiento como la cocción para eliminar o reducir microorganismos peligrosos (Comisión Europea, 2007). Las directrices establecidas por la norma CAC/GL08-1991 de 2013 del Códex sobre preparados alimenticios complementarios para lactantes de más edad (6 a 12 meses) y niños pequeños (12 a 36 meses), define los preparados alimenticios complementarios (papillas con cereales, productos listos para consumo y alimentos enriquecidos) como aquellos usados como complemento de la leche materna y de los alimentos de la dieta familiar, aportando los nutrientes insuficientes en los alimentos básicos. Además como ingredientes idóneos para la preparación de los mismos a los cereales, legumbres frescas o secas, harinas de semillas oleaginosas, alimentos de origen animal, grasa y aceites, frutas y verduras entre otros, dada la disponibilidad de los mismos (Códex Alimentarius, 2013).

La NTC 4482 define las sopas o cremas listas para consumo como productos que no requieren cocción y para ingerirlos es suficiente un calentamiento si así lo indican las instrucciones de uso (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC], 1998).

La Resolución 11488 de 1984 dicta las normas referentes a los alimentos infantiles y los define como aquellos alimentos higienizados que se adaptan a las características fisiológicas y los requerimientos nutricionales del niño menor de 3 años, y establece que los ingredientes que los conforman deben ser de calidad e inocuos. En Colombia se permite adicionar vitaminas, minerales, algunos agentes espesantes, emulsificantes, reguladores de pH y antioxidantes en alimentos

infantiles envasados, pero no se permite la adición de colorantes, conservantes ni saborizantes (Ministerio de Salud, 1984).

A los niños en edades de 12 a 18 meses se les debe suministrar alimentos que sean de consistencia suave y de tamaño pequeño, en edades superiores a 18 meses ya los niños pueden consumir alimentos de mayor tamaño, como verduras crudas y vegetales y se debe disminuir el aporte adicional de sal; ya que en este período el niño está formando sus hábitos. (Álvarez, Serna, & Villada, 2012)

El periodo sensible para incrementar la aceptación del alimento por parte del niño, es entre los 6 meses y los 2 años y medio de edad con la familia y en comedores educativos (guarderías y centros escolares) es donde los niños aprenden a comer y prueban nuevos alimentos (ICBF, 2015)

En cuanto al etiquetado de productos para niños de 2 a 4 años, se ha establecido que en la tabla de información nutricional solo se declararán los porcentajes de valor diario de proteínas, vitaminas y minerales (vitamina A, C, hierro y calcio) a excepción del potasio. Además se deberá declarar el tamaño de la porción, el valor energético (calorías totales y calorías de grasa), las cantidades de macronutrientes, fibra dietaria, azúcares, colesterol, sodio, grasa total, grasa saturada y grasas trans. Se permiten declaraciones relacionadas únicamente con vitaminas, minerales y proteínas, como “alto en” (si contiene 20% o más del valor de referencia) o “buena fuente de” (si contiene 10 al 19% del valor de referencia) del nutriente objeto de la declaración. La misma resolución establece que los productos fortificados o enriquecidos se definen como aquellos a los que se ha adicionado por lo menos un 10% y no más del 100% del valor de referencia para vitaminas, minerales, proteínas y fibra dietaria, y en la resolución 11488 de 1989, los alimentos fortificados se definen como aquellos a los que se ha añadido nutrientes que normalmente no contiene (Ministerio de la Protección Social, 2011).

- **Papillas.** La papilla hace referencia a un alimento (líquido o espeso) de consistencia cremosa que consiste en una mezcla de alimentos triturados (cocidos o crudos), harina y agua, leche, yogur o caldo, que se da a los niños pequeños o las personas enfermas o mayores con problemas de digestión o de masticación (Larousse, S, 2007). Las papillas en polvo instantáneas, son formulaciones de mezclas de harinas extruidas de cereales con un alto contenido calórico así como de macro y micronutrientes, las cuales al ser diluidas en agua hervida forman instantáneamente la papilla alimenticia. (Vagas Delgado & Salas Valerio, 2001). En la actualidad, las papillas que existen en el mercado contienen alrededor de 1% de proteínas. Estas se formulan principalmente, de purés de frutos y de almidón, con lo cual se obtiene un alimento muy reducido o nulo de proteínas (Guti, Gerardo, Elena, Guill, & Judith, 2009).

4.3.2 Ingredientes empleados en la elaboración de alimentos infantiles.

Según Reing (2001), una papilla debe contener cuatro ingredientes básicos: un alimento básico (cereal, tubérculo), una proteína animal o vegetal, una vitamina o suplemento mineral (fruta, verdura) y un suplemento energético (aceite, miel, azúcar, panela).

Sai, Urmila, Bhattacharya, & Venkateswara (2011), indican que este tipo de papillas (con cereales) suelen prepararse con leche y azúcar con el fin de mejorar la aceptabilidad y elaboraron papillas a partir de sémola o harina de trigo cruda y tostada, aislado proteico de soya, leche descremada y agua.

Álvarez, Serna y Villada (2012), indican que las papillas a base de cereales dulces son las mejor adaptadas y que la aceptación de los sabores salado y ácido requiere un aprendizaje más o menos prolongado. Dentro de las materias primas empleadas en la elaboración de las mismas se encuentran la leche en polvo, cereales como la harina de arroz, azúcares, emulsificantes y saborizantes (vainilla). Además deben estar fortificadas con minerales y vitaminas cubriendo así los requerimientos nutricionales de niños de corta edad (1 a 3 años).

Por lo general las papillas elaboradas por otros autores son instantáneas, empleando harinas crudas, precocidas o extruidas. Por ejemplo papillas con harina pre cocida de arroz, soya, agua, azúcar, sal y saborizante (vainilla o coco) (Wang, Maia, Silva y Cabral, 2000), o algunas elaboradas con harinas extruidas de garbanzo (HGE) y maíz (HME) encontrando una relación óptima de HGE:HME de aproximadamente 79:21 cubriendo los requerimientos de aminoácidos esenciales para niños de 2 a 5 años (Dorado et al., 2008).

Salgar (2011), desarrolló dos productos alimenticios para dos etapas de la alimentación complementaria: para niños de 8 a 11 meses (semilicuada) y de 12 a 24 meses (picado en trozos pequeños) de acuerdo a las características de los alimentos y los requerimientos energéticos de cada etapa, empleando para ello proteínas de origen animal (pollo), ahuyama, arroz, hígado de pollo y aceite vegetal. Los procesos de conservación empleados fueron esterilización (calor) y vacío.

Cereales: El contenido de almidón de los cereales, para ser aprovechado por el organismo humano debe ser degradado en el proceso de digestión. En los niños menores de un año el aparato digestivo aún no está completamente desarrollado y es necesario que las papillas de cereales sean sometidas a tratamientos térmicos para su fácil digestión. Al inicio de los primeros 8 meses es recomendable no usar cereales con contenido de gluten (Profeco, 2010). Los alimentos elaborados a base de cereales y/o farináceos para niños de corta edad, son alimentos con bajo contenido de humedad, elaborados con harinas de cereales o farináceas, adicionados o no de oleaginosas y/o leguminosas crudas o modificadas por procesos térmicos o enzimáticos, las cuales se diluyen con agua, leche u otro

liquido conveniente antes de su consumo (Ministerio de Salud, 1984).

El arroz (*Oryza sativa* L.) es una monocotiledónea perteneciente a la familia Poaceae, de origen Asiático. Posee raíces delgadas, fibrosas y fasciculadas. El tallo se forma de nudos y entrenudos alternados, de 60 a 120 cm de longitud. El grano de arroz es el ovario maduro y desde el punto de vista nutricional, no es solo una rica fuente de energía sino que también constituye una buena fuente de tiamina, riboflavina y niacina. Su perfil aminoacídico indica que presenta altos contenidos de ácido glutámico y aspártico, en tanto que la lisina es el aminoácido limitante (Alvarado, 2004). En la Tabla 3 se muestra la composición química del arroz.

Tabla 3. Composición química del arroz

Compuesto	Valor
Humedad	12,30 g
Energía	35 kcal /1469 kJ
Proteínas	6,70 g
Lípidos	0,40 g
Carbohidratos totales	80,10 g
Cenizas	0,50 g

Fuente: Instituto Colombiano de bienestar familiar,(2017)

Leche en polvo: La leche en polvo contiene muchas ventajas una de ellas es el aumento de anticuerpos en la sangre y la tolerancia a la lactosa al progreso de la edad, el uso de arroz con la adición de leche en la formulación del alimento favorecen al desarrollo de suspensiones viscosas en fase continua y de alta estabilidad evitando la formación de grumos (García M & Pacheco-Delahaye, 2010). La composición química de la leche se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Composición química de la leche descremada de vaca en polvo

Compuesto	Valor
Humedad	4.0 g
Energía	350 kcal /1464 kJ
Proteínas	37,00 g
Lípidos	0,50 g
Carbohidratos totales	50,50 g
Cenizas	7,90 g

Fuente: Instituto Colombiano de bienestar familiar,(2017)

4.3.3 Tecnologías para la elaboración de alimentos complementarios. La norma de Códex CAC/GL08-1991 de 2013 proporciona información sobre aspectos técnicos a cerca de la elaboración de este tipo de alimentos:

- **Tratamiento preliminar de las materias primas**, que garanticen materias primas limpias y de buena calidad. Estos tratamientos incluyen: limpiado o lavado, descascarado que busca reducir el contenido de fibra, fitatos, taninos y otras sustancias fenólicas que pueden reducir la digestibilidad de las proteínas, la biodisponibilidad de aminoácidos y la absorción de minerales y desgerminación para reducir el contenido de fitatos.
- **Molturación o triturado.** La norma indica que es importante someter a cocción prolongada los preparados a base de cereales, leguminosas o semillas oleaginosas molidos que no se han preparado, ya que la cocción mejora la digestibilidad y absorción de los nutrientes ya que gelatiniza las partes amiláceas o elimina factores anti nutritivos presentes en las legumbres frescas y secas.
- **Tostado.** Este proceso mejora el sabor y aroma del producto mediante la dextrinización del almidón, mejora la digestibilidad y ayuda a reducir la voluminosidad, aunque puede disminuir la calidad de las proteínas a causa de la reacción de Maillard por lo cual este proceso debe controlarse cuidadosamente. Las papilla elaboradas por Sai Manohar et al. (2011) demostraron que la calidad general de las papillas elaboradas con harina de trigo cruda fue mejor en relación con las preparadas con harina de trigo tostada, aunque estas últimas presentaron mejores características de sabor con una disminución de la viscosidad debido a la formación de almidones resistentes con menor capacidad de retención de agua durante el proceso de tostado.
- **Germinación, malteado y fermentación.** Mediante la maceración o humidificación de cereales y legumbres, que conlleva a la dextrinización y aumento de densidad de nutrientes del alimento. Además pueden inducir la hidrólisis de los fitatos reducir su efecto inhibitor en la absorción de los minerales, al tiempo que puede aumentar el contenido de vitamina B.
- **Predigestión enzimática.** En este proceso los ingredientes básicos son sometidos a la acción de enzimas en agua, que posteriormente se inactivan con el aumento de temperatura, la papilla se seca y se reduce a harina, la cual presenta características organolépticas mejoradas, mayor digestibilidad, densidad de nutrientes, solubilidad y requiere menos agua para preparar el alimento.
- **Cocción por extrusión.** Puede reducir el contenido de vitaminas y algunos aminoácidos por lo que debe controlarse. Los efectos de esta tecnología incluyen la reducción de la cantidad de agua necesaria para la preparación del alimento, la elaboración de aromas entre otros (Códex Alimentarius, 2013).

Recomendaciones nutricionales para niños menores de 4 años: Las tasas de mortalidad por desnutrición más altas por edad se presentan en menores de 5 años y mayores de 45. Dentro de las enfermedades seleccionadas como causas de muerte por desnutrición se encuentra la anemia por deficiencia de hierro (1 de cada 6 niños entre 1 y 4 años tiene anemia), de folatos, desnutrición proteico-calórica, entre otras. En Colombia, la resolución 333 de 2011 del Ministerio de Protección Social, establece los valores diarios de referencia de macro y micronutrientes por rangos de edad (Ministerio de la Protección Social, 2011). Para los niños de 6 meses a 4 años las recomendaciones nutricionales diarias establecidas en esta norma son: 19 g de fibra dietaria, 18 g de proteínas, 1332 UI de vitamina A, 32 mg de vitamina C, 385 mg de calcio, 12 mg de hierro, 3 mg de zinc, entre otras.

4.4 FORTIFICACION CON HIERRO

4.4.1 Deficiencia de hierro. El hierro cumple muchas funciones esenciales en el cuerpo, entre ellas la de alternar entre los dos estados de oxidación (Fe^{2+} y Fe^{3+}). Además forma parte la hemoglobina y mioglobina encargadas del transporte de oxígeno. La anemia por deficiencia de hierro, en general, disminuye la capacidad de trabajo y deteriora las defensas inmunológicas y afecta principalmente a lactantes, niños menores de 5 años (especialmente menores de 2 años), mujeres en edad fértil y embarazadas. La deficiencia prolongada de hierro en niños retrasa el desarrollo mental y afecta de forma permanente la función cognitiva. El principal factor que influye en la biodisponibilidad del hierro es el tipo de hierro y la cantidad: hemo y no hemo, por ejemplo, el hierro de las carnes se absorbe mejor que el hierro no hemo de los vegetales (Álvarez, Serna y Villada, 2012; Schulze, 2013).

Los bebés pueden emplear las reservas de hierro con las que nacen durante algunos meses, pero luego de los 6 meses requieren más hierro del que obtienen exclusivamente de la leche materna. Esta es la principal razón por la que se elaboran alimentos y formulas infantiles fortificadas con hierro. Se estima que más del 40% de lactantes y niños en el mundo sufren de deficiencia de hierro, y que su prevalencia es mayor en niños entre los 6 meses y 2 años de edad (Schulze, 2013).

Según la Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia 2010, la región Pacífica es la más afectada por anemia en menores de 5 años y, en general se presenta en mayor proporción en población del área rural y la perteneciente a los niveles 1 y 2 del SISBEN. Además las deficiencias existentes de vitamina A y Zinc en niños de 1 a 4 años de edad hacen que este sea considerado un problema de salud pública (ICBF, 2011). La prevalencia de anemia en niños de 6 a 59 meses es de un 27,5% de los cuales el 15,9% presenta

deficiencia de hierro y en niños de 1 a 4 años predominaba la deficiencia de vitamina A y zinc es de 24,3% y 43,3%, respectivamente (OSAN, 2014).

4.4.2 Compuestos para fortificar. La fortificación de los alimentos constituye una estrategia eficaz para superar la deficiencia de micronutrientes y para ello resulta importante asegurar su biodisponibilidad, la cual varía de acuerdo al compuesto empleado en la fortificación. El principal limitante es la alteración organoléptica que este tipo de compuestos puede causar en el producto final, generando el rechazo del alimento por parte de los consumidores (Boccio y Monteiro, 2004; Organización Panamericana de la Salud, 2002).

La Organización Panamericana de la Salud categoriza este tipo de compuestos en compuestos de hierro inorgánico y compuestos de hierro protegido. El primer grupo incluye los compuestos solubles en agua, poco solubles en agua/ solubles en soluciones ácidas e insolubles en agua/ poco solubles en soluciones ácidas, mientras que el segundo grupo contempla los compuestos quelados y encapsulados. Las características de cada uno de estos compuestos se presentan en la tabla 5.

Tabla 5. Características de los compuestos de hierro empleados para 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 A 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

Fuente: Organización Panamericana de la Salud, 2002

- (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.

Compuestos de hierro inorgánico: El **Sulfato ferroso** forma parte de los compuestos solubles en agua y su absorción puede variar de un 1 a un 50% dependiendo del estado de salud del consumidor, la presencia de promotores e inhibidores de absorción de hierro y el contenido de hierro en las comidas. Puede reaccionar fácilmente con sustancias de la matriz alimentaria ocasionando cambios sensoriales debido a la oxidación de las grasas, cambios físicos y precipitación del hierro. Su costo es relativamente bajo, teniendo en cuenta su biodisponibilidad (Álvarez et al., 2012). La biodisponibilidad de los demás compuestos de hierro suele medirse teniendo en cuenta la correspondiente al sulfato ferroso, con un equivalente al 100%.

El **fumarato ferroso**, con características similares al sulfato ferroso, interactúa menos con la matriz alimentaria y se ubica dentro de los compuestos menos solubles en soluciones ácidas.

Dentro de los compuestos insolubles en agua se encuentran el **hierro elemental**, el **pirofosfato** y **ortofosfato férrico**, que presentan bajos niveles de solubilidad y absorción en los seres humanos.

Compuestos de hierro protegido: El hierro aminoquelado es uno de los compuestos quelados de hierro, del cual existen el bisglicinato ferroso y el trisglicinato férrico, este último causa menos reacciones en el alimento pero su biodisponibilidad es menor que el bisglicinato, cuya absorción es 1.1 a 5 veces mayor que la del sulfato ferroso y su costo es 15 a 25 veces mayor.

Finalmente dentro de los compuestos encapsulados se encuentran el sulfato ferroso encapsulado y el fumarato ferroso encapsulado, en los cuales la sal de hierros está cubierta con capas de aceite hidrogenado, etilcelulosa o maltodextrina, que la protegen hasta que pueda ser liberada y absorbida en el intestino, lo cual previene o retrasa muchos cambios sensoriales ya mencionados asociados con estos compuestos. El sulfato encapsulado previene la oxidación de grasas durante el almacenamiento, pero la cápsula se disuelve con el calor lo cual conduce a reacciones en el color de bebidas o alimentos complementarios y su costo dependiendo del material de la cápsula, es 3 a 4 veces el del sulfato ferroso (Álvarez et al., 2012; Zuidam, 2012).

Algunos métodos para mejorar la absorción de estos compuestos son la adición de promotores como ácido ascórbico o Na_2EDTA (etilendiaminotetraacetato disódico). Este último es importante debido a que mantiene su efecto aún en

presencia de inhibidores de la absorción, además es estable en presencia de calor. Otro método útil, es la degradación o eliminación de inhibidores como los fitatos presentes en cereales y leguminosas o los polifenoles, que actúan formando complejos con el hierro disminuyendo su disponibilidad para la absorción (Organización Panamericana de la Salud, 2002).

5. METODOLOGIA

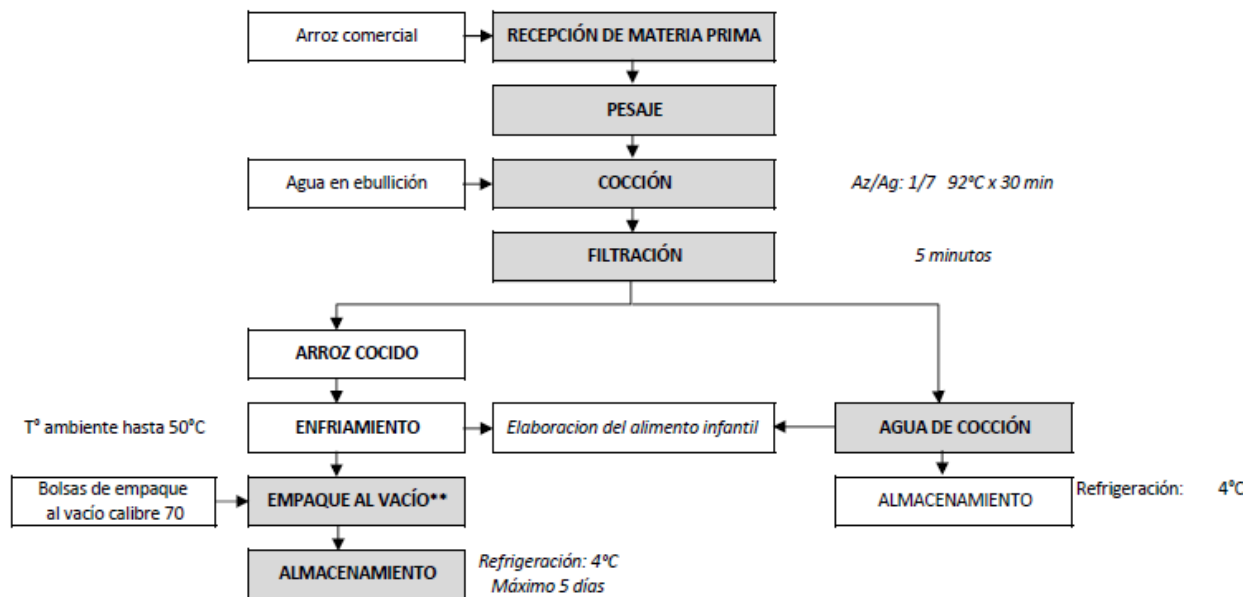
5.1 LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN Y OPERACIONES PRELIMINARES

5.1.1 Localización. El presente trabajo se desarrolló en las instalaciones de Planta Piloto de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Laboratorios Especializados y Laboratorio de Investigación en Conservación y Calidad de alimentos de la Universidad de Nariño (sede Torobajo) ubicados en el municipio de Pasto a una altura de 2527 msnm, con una temperatura promedio de 18°C y humedad relativa de 70%.

5.1.2 Materia prima. Se emplearon granos de arveja verde (*Pisum sativum* L.) y arroz (*Oryza sativa*) de marca comercial como materias primas. Además se utilizó leche descremada en polvo, azúcar y esencia de vainilla, los cuales fueron obtenidos en un supermercado local ubicado en el municipio de San Juan de Pasto (Nariño).

5.1.3 Tratamiento preliminar de las materias primas. El arroz cocido se obtuvo siguiendo las etapas mostradas en la Figura 1, partiendo de arroz crudo comercial que no se acondicionó por tratarse de un producto procesado que ha sido sometido a tratamientos preliminares. Los granos de arroz se pesaron, se sometieron a cocción durante 30 minutos y finalmente se filtraron (Figura 2). El agua de cocción de este alimento se conservó para elaborar la papilla.

Figura 1. Diagrama de flujo sobre el tratamiento preliminar del arroz



** Opcional, en caso de que alimento no se realice de inmediato.

Convenciones. Az: arroz; Ag: agua potable.

Fuente: Este estudio.

Figura 2. Tratamiento preliminar del arroz



Fuente: Este estudio.

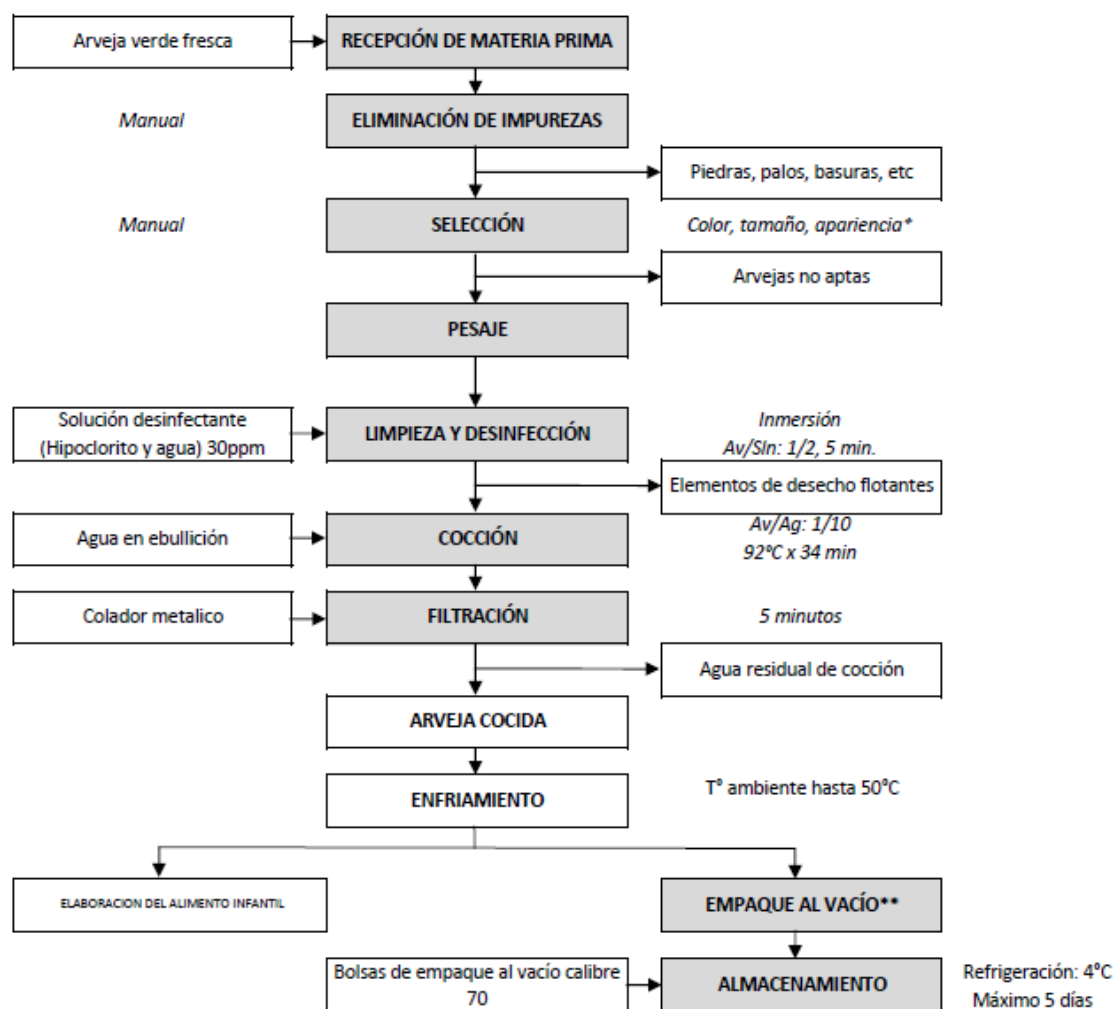
Por otra parte, la arveja se acondicionó por tratarse de un producto fresco y se sometió a cocción al igual que el arroz como se muestra en la Figura 3, pero en este caso el agua de cocción fue desechada. En la Figura 4 se muestran las etapas del proceso de acondicionamiento para la arveja.

Figura 3. Tratamiento preliminar de la arveja



Fuente: Este estudio.

Figura 4. Diagrama de flujo sobre el tratamiento preliminar de la arveja



*Los parámetros de selección (color, tamaño y apariencia) estuvieron basados en la Norma Técnica Colombiana 1250 de 1979 para arveja verde (ICONTEC, 1979)

** Opcional, en caso de que alimento no se realice de inmediato.

Convenciones. Av: arveja verde fresca; Ag: agua potable; Sln: solución desinfectante.

Fuente: Este estudio.

5.2 ELABORACIÓN DEL ALIMENTO INFANTIL

Teniendo en cuenta la revisión bibliográfica, estudios y pruebas preliminares llevadas a cabo por las autoras del presente estudio, el alimento fue elaborado utilizando arveja y arroz como materias primas, donde la mezcla de los mismos constituyó el 13% de la mezcla total.

El contenido de arveja-arroz en el alimento se determinó teniendo en cuenta que se pretendía elaborar un alimento alto en proteína de acuerdo con la normativa vigente (Ministerio de la Protección Social, 2011). Debido a que la leche en polvo también es una fuente de proteína, se estableció un valor de éste ingrediente que aportaría en teoría del 10% al 11% de la recomendación diaria por porción (1,8 g) y el valor restante de proteína necesario sería aportado por la combinación de la mezcla leguminosa-cereal.

Para dar palatabilidad al producto, se adicionaron los siguientes ingredientes secundarios: azúcar (edulcorante), leche descremada en polvo (fuente de proteína animal) y vainilla como aditivo permitido en la legislación vigente, los cuales se mantuvieron constantes para todas las formulaciones a evaluar (Tabla 6).

En la Figura 13 se muestra el proceso desarrollado para obtener el alimento en cuestión bajo condiciones higiénicas de manipulación, partiendo de arveja fresca cocida (Avc), arroz cocido (Azc), agua potable y demás ingredientes. Las etapas se llevaron a cabo como se describe a continuación:

- **Pesaje:** Se pesaron los ingredientes secundarios (Figura 5) y el agua (que incluye el agua resultante de la cocción de arroz) de acuerdo con los porcentajes establecidos en la Tabla 6. Cabe resaltar que tanto arveja como arroz se pesaron antes de ser acondicionados ya que éstos absorben alrededor del 6% y 200% su peso inicial en agua luego de la cocción, respectivamente la cual hace parte de la cantidad total de agua establecida en la formulación.

Figura 5. Pesaje de los ingredientes



Fuente: Este estudio.

- **Mezcla:** Se mezclaron y trituraron algunos componentes del alimento (arveja cocida, arroz cocido, agua, azúcar y leche en polvo descremada) con ayuda de una licuadora convencional marca Oster de cuatro velocidades durante aproximadamente 5 minutos con el fin de reducir el tamaño de partícula de la materia prima e incorporarlos con el resto de ingredientes (Figura 6).

Figura 6. Trituración y mezcla de los ingredientes



Fuente: Este estudio.

- Filtración: La mezcla obtenida en la etapa anterior se filtró manualmente con el fin de desechar partículas de gran tamaño, empleando una malla de acero inoxidable de 0,5 mm de diámetro (Figura 7).

Figura 7. Filtración de la mezcla



Fuente: Este estudio.

- Cocción: La mezcla filtrada se llevó a ebullición (92°C) durante 2 minutos con agitación constante para lograr la consistencia adecuada mediante la gelatinización de las partes amiláceas (Figura 8). Por otra parte la cocción mejora la digestibilidad y absorción de los nutrientes (Códex Alimentarius, 2013).

Figura 8. Cocción de la mezcla



Fuente: Este estudio.

- Adición de esencia. La esencia de vainilla se adicionó al finalizar la cocción para evitar pérdidas de la misma por evaporación, agitando de manera manual durante 1 minuto (Figura 9).

Figura 9. Adición de esencia de vainilla



Fuente: Este estudio.

- Fortificación: Para la adición de las sales se diluyó la cantidad de hierro calculada para 100 g de peso neto de la papilla, en una muestra de 10 g del alimento y se agitó por 3 minutos. Luego, la muestra que contenía la sal de hierro fue adicionada a la mezcla restante y se agitó nuevamente. En la Figura 10 se muestran las sales de hierro empleadas.

Figura 10. Sales de hierro empleadas en la fortificación del alimento



Fuente: Este estudio.

- **Pasteurización:** Se llevó a cabo en recipientes metálicos de un litro de capacidad (Figura 11), bajo condiciones higiénicas desinfectando las superficies y el ambiente de trabajo con una solución de amonio cuaternario.

Figura 11. Pasteurización del alimento infantil



Fuente: Este estudio.

- **Envasado:** El alimento pasteurizado se envasó en caliente en recipientes estériles de vidrio de 125 mL de forma manual (Figura 12).

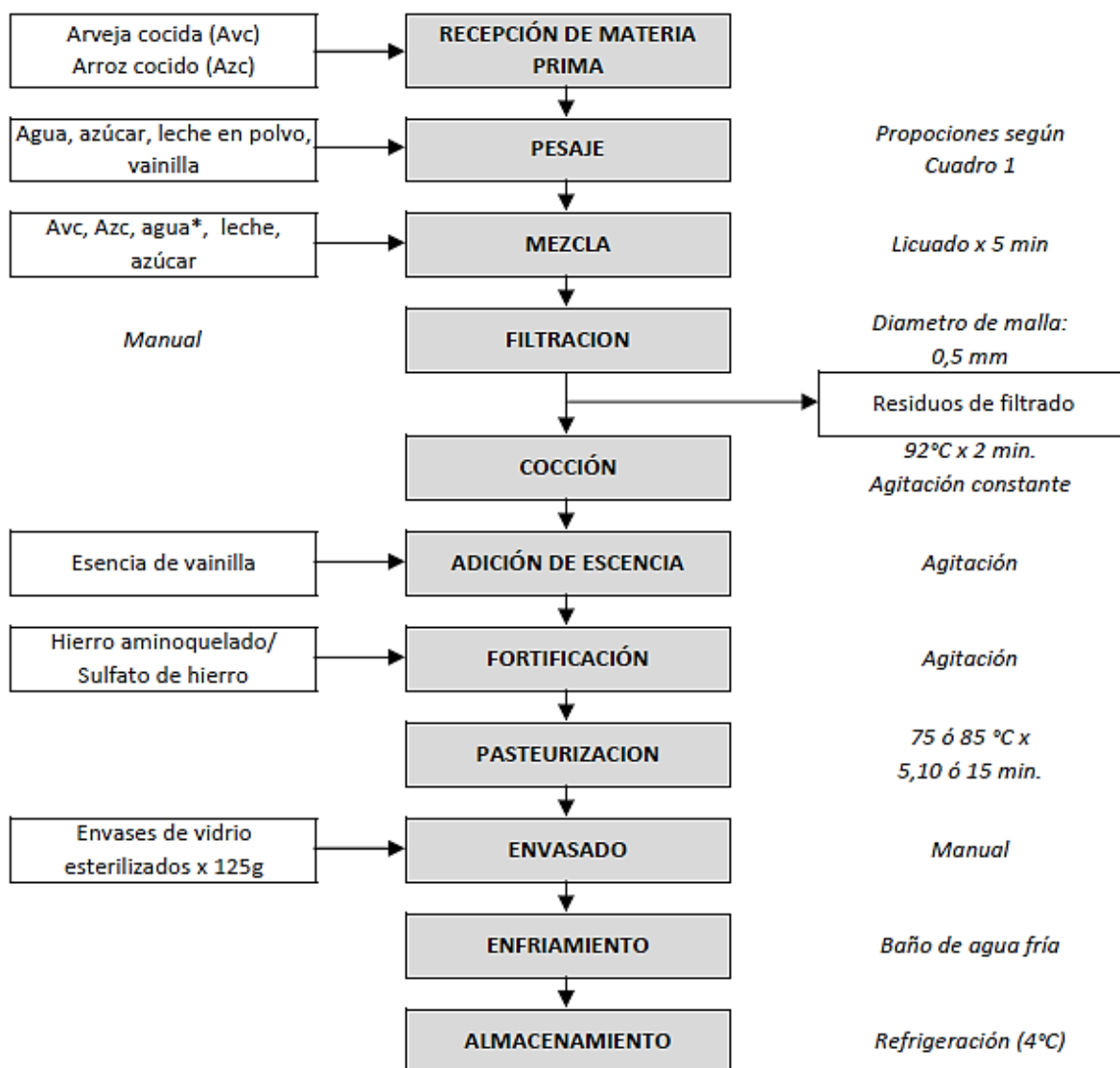
Figura 12. Envasado del alimento infantil



Fuente: Este estudio.

- **Enfriamiento:** Los envases llenos se sumergieron en un baño de agua fría (6°C) con el fin de realizar un choque térmico, durante 20 minutos.
- **Almacenamiento:** El producto final se almacenó a temperatura de refrigeración (4°C) hasta su posterior análisis.

Figura 13. Diagrama de flujo sobre la elaboración del alimento infantil.



*Incluye agua resultante del proceso de cocción de arroz.

Convenciones. Avc: arveja verde cocida; Azc: arroz cocido.

Fuente: Este estudio.

Tabla 6. Formulación general para la elaboración del alimento infantil semisólido

Ingrediente	Porcentaje (%)
Arveja + Arroz (Av + Az)	13
Agua (Ag)	78
Leche descremada en polvo	3
Azúcar	5,4
Esencia de vainilla	0,6
Total	100

Fuente: Este estudio.

5.3 EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE ARVEJA EN LA FORMULACIÓN DEL ALIMENTO

Se evaluaron cinco porcentajes de arveja, desde el 15% hasta el 85% en la mezcla Arveja-Arroz. Estos límites se establecieron de acuerdo con análisis sensoriales previos.

En una primera etapa, se evaluó la aceptabilidad global de 5 formulaciones diferentes sin fortificar (Tabla 7) mediante una prueba afectiva con escala hedónica de 7 puntos (Tabla 8), que se llevó a cabo en las instalaciones de Planta Piloto de la Universidad de Nariño empleando un panel de 35 jueces no entrenados conformado por padres, madres y personas a cargo de niños de 6 meses a 2 años de edad con el fin de seleccionar el porcentaje de arveja adecuado en el alimento (Anexo 1).

Tabla 7. Porcentajes de arveja evaluados para la selección de la formulación adecuada

Formulación	Arveja verde fresca (AV)
	Porcentaje con base en la mezcla AV-AZ (%)
1	85
2	67,5
3	50
4	32,5
5	15

Convenciones. Av: arveja verde fresca; Az: Arroz crudo.

Fuente: Este estudio.

Tabla 8. Escala hedónica de siete puntos empleada en la evaluación sensorial del alimento infantil con adultos

Descripción	Puntaje
Me gusta demasiado	7
Me gusta mucho	6
Me gusta	5
No me gusta ni me disgusta	4
Me disgusta	3
Me disgusta mucho	2
Me disgusta demasiado	1

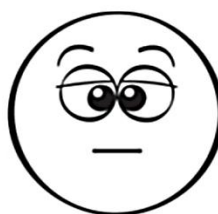
Fuente: Este estudio.

Posteriormente, se evaluaron aquellos tratamientos seleccionados en la anterior prueba empleando jueces no entrenados, con edades comprendidas entre los 3 y 5 años. La evaluación sensorial se desarrolló en un centro de educación preescolar de la ciudad de Pasto con 45 niños, empleando una escala hedónica facial de tres puntos (Figura 14) ya que el uso de una escala más amplia generaba confusión de acuerdo con pruebas preliminares.

Figura 14. Escala hedónica facial de tres puntos



1: No me gusta



**2: No me gusta ni me
disgusta**



3: Me gusta

Fuente: Moura, Nhoque, Matsunaga, & Ré (2011)

5.4 FORTIFICACIÓN DEL ALIMENTO

Para fortificar el alimento se adicionaron cantidades de 6 mg y 9,6 mg de sulfato ferroso (S) y hierro aminoquelado (A), respectivamente por cada porción de 125 gramos del alimento, asumiendo concentraciones de hierro elemental de 20% en S y de 25% en A de acuerdo con las fichas técnicas de las sales. En teoría con estas cantidades se logra cubrir el 10% (1,2 mg) de la recomendación diaria con S obteniendo un alimento fortificado buena fuente de hierro y el 20% (2,4 mg) con A

obteniendo un alimento fortificado alto en hierro de acuerdo con la normativa colombiana vigente (Ministerio de la Protección Social, 2011).

5.5 SELECCIÓN DE LA SAL DE HIERRO PARA LA FORTIFICACIÓN DEL ALIMENTO

Para seleccionar la sal de hierro adecuada, se evaluó el efecto de la adición de dos fuentes de hierro (sulfato ferroso y hierro aminoquelado) sobre las siguientes características fisicoquímicas, físicas y sensoriales del alimento infantil y su influencia sobre las características fisicoquímicas del mismo durante el almacenamiento a temperatura de refrigeración (4°C).

Análisis fisicoquímico: Se evaluó el efecto de las sales sobre el pH, acidez, sólidos solubles, densidad, actividad de agua y viscosidad del alimento. Durante el almacenamiento se evaluaron los tres primeros parámetros mencionados. Los análisis se realizaron por triplicado para el tratamiento control y para las muestras fortificadas.

Análisis físico: Los componentes registrados en este estudio corresponden a las coordenadas L, a y b, efectuando las mediciones por triplicado para cada tratamiento el día cero.

Análisis sensorial: Estas pruebas se realizaron con un panel de 10 jueces entrenados, cuya selección y entrenamiento se llevó a cabo siguiendo la metodología expuesta en la normativa vigente (GTC 245 de 2013). Se aplicó una *prueba dúo trío* para determinar si los jueces detectaban diferencias entre las dos sales de hierro empleadas (Anexo 2) y un *test de valoración numérica* para determinar si los jueces detectaban diferencias significativas entre las muestras fortificadas y el control mediante la cuantificación de diferencias sensoriales para los atributos de sabor (metálico) y color (Anexo 3).

Análisis del contenido de hierro: Adicionalmente se realizó el análisis del contenido de hierro sobre el alimento sin fortificar y fortificado con la sal seleccionada. Los análisis se llevaron a cabo en laboratorios especializados mediante la técnica de oxidación húmeda.

5.6 SELECCIÓN DEL TRATAMIENTO TÉRMICO

Los factores de estudio en esta etapa fueron temperatura en dos niveles (75°C y 85°C) y tiempo de tratamiento (5, 10 y 15 minutos).

Las pruebas se realizaron por duplicado para evaluar el efecto de los factores mencionados sobre el desarrollo de microorganismos mesófilos (UFC/mL) antes y después de aplicar cada tratamiento.

5.7 DETERMINACIÓN DE VIDA ÚTIL

Se evaluó la aceptación sensorial con una escala hedónica de siete puntos donde 1= me disgusta demasiado, 7= me gusta demasiado, similar a la mostrada en la Tabla 8. Se realizó la prueba con un panel entrenado de 10 personas durante los días 0, 7 y 14, estableciendo como límite crítico sensorial un puntaje de 4 (no me gusta ni me disgusta). El cálculo del tiempo de vida útil se realizó mediante regresión lineal de los datos obtenidos.

Además se evaluó el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos de pH, acidez, sólidos solubles, viscosidad y color (L, a, b y ΔE) durante el almacenamiento para establecer los valores críticos de los mismos en el tiempo de vida útil sensorial determinado. Estos análisis se llevaron a cabo sobre muestras del alimento pasteurizado y almacenado bajo condiciones de refrigeración (4°C).

5.8 ANÁLISIS FÍSICO DEL ALIMENTO

Para la evaluación del color se empleó un espectrofotómetro Konica Minolta, CM-5. Los componentes registrados en este estudio corresponden a las coordenadas L que representa la luminosidad (0 negro – 100 blanco), a que representa el eje de rojo a verde (valores positivos son rojo; valores negativos verde) y b de amarillo a azul (valores positivo son amarillo; valores negativos azul). Además se realizaron los cálculos para la diferencia total de color ΔE (Ferrer, Alegria, Farré, Clemente, & Calvo, 2005). Las mediciones se efectuaron por triplicado para cada tratamiento.

5.9 ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DEL ALIMENTO

Las pruebas fisicoquímicas se realizaron en las instalaciones de Planta Piloto de Ingeniería Agroindustrial y en el Laboratorio de Investigación en Conservación y Calidad de alimentos, empleando las técnicas descritas en la Tabla 10.

Tabla 9. Técnicas y métodos de análisis fisicoquímico

Parámetro	Técnica/ instrumento	Método
pH	pH metro	CENZANO, 1994
Sólidos solubles	Refractómetro	HART Y FISHER, 1991
Acidez	Titulación	HART Y FISHER, 1991
Densidad	Picnómetro	CENZANO, 1994
Viscosidad	Viscosímetro	
Actividad de agua	Medidor de actividad acuosa	

Fuente: Este estudio.

pH: El pH se determinó insertando un electrodo directamente dentro de la papilla usando un pH metro JENWAY 3510 (Cenzano, 1994).

Preparación de la muestra: La preparación de las muestras para determinar sólidos solubles y acidez se llevó a cabo de acuerdo con el método planteado por Cenzano (1994) para cremogenados. Se tomaron 400 g del producto y se diluyó hasta 1 L con agua destilada, mezclando y homogenizando el producto antes de cada toma de muestra. Los resultados se refirieron a 100 g de producto teniendo en cuenta el factor de dilución. Luego se procedió como indica la metodología para cada determinación.

Sólidos solubles: Se determinaron de manera ordinaria empleando un refractómetro ATAGO con escala de 0-53°Brix. Se filtró la muestra a través de un tapón de algodón absorbente colocado en un embudo pequeño. Se descartaron las primeras gotas y luego se colocaron 2 o 3 sobre el prisma.

Acidez: Mediante titulación, siguiendo la metodología planteada por (Hart & Fisher, 1991), se tomaron 25 mL de la dilución preparada inicialmente en un recipiente con 200 mL de agua destilada que contenía 0,3 mL de Fenolftaleína al 1% por cada 100 mL de solución a titular con NaOH 0,1 N. Los resultados fueron expresados como mL de NaOH 0,1N por cada 100 g de producto. Teniendo en cuenta que el alimento contiene leche, la acidez también fue expresada como % de ácido láctico empleando la siguiente ecuación:

$$\text{Acidez (\% Ac. Láctico)} = \frac{\text{mL de NaOH gastados} * 0,009 * 100}{\text{Peso de la muestra(g)}}$$

Densidad: Mediante el método del picnómetro (Cenzano, 1994) empleando una balanza semi analítica marca VIBRA, precisión 0,001 g, utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Densidad(g/mL)} = \frac{\text{Peso picnómetro lleno(g)} - \text{Peso picnómetro vacío(g)}}{\text{Volúmen del picnómetro (mL)}}$$

Viscosidad: Se determinó empleando un viscosímetro Brookfield modelo DV3T LV. La medición de éste parámetro se llevó a cabo depositando 400 mL del alimento a temperatura ambiente (18°C) en un beaker de 500 mL. Luego se introdujo la aguja LV-03(63) a 10 rpm durante 50 segundos, tiempo suficiente para que la gráfica se estabilizara y se registró el valor de viscosidad obtenido en centipoises (cP).

Actividad de agua: Se determinó con un medidor de actividad acuosa Rotronic HgroLab.

5.10 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DEL ALIMENTO

Este tipo de pruebas se llevó a cabo en laboratorios especializados de la Universidad de Nariño donde se determinaron los parámetros mencionados en la Tabla 10.

Tabla 10. Técnicas de análisis bromatológico, laboratorios UDENAR

Parámetro	Técnica
Humedad	Termogravimétrica
Cenizas	Termogravimétrica
Contenido de grasa	Soxhlet
Fibra cruda	Digestión ácido base
Proteína	Kjedhal
Energía	Calorimetría de bomba
Hierro	Oxidación húmeda, EAA

Fuente: Este estudio.

5.11 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL ALIMENTO

Para la selección del tratamiento térmico, se llevó a cabo el conteo de microorganismos aerobios Mesófilos (UFC/ mL) como un indicador de la eficacia de cada tratamiento, empleando el método de recuento en placa. Estas pruebas se realizaron por triplicado.

Para el análisis completo del producto final, se llevaron a cabo los análisis mostrados en la Tabla 9, realizados por laboratorios especializados de la Universidad de Nariño.

Tabla 11. Técnicas de análisis microbiológico, laboratorios UDENAR

Parámetro	Método	Técnica
Aerobios mesófilos	Recuento en placa	Siembra en profundidad
Coliformes totales	NMP	Tubos múltiples
Coliformes fecales	NMP	Tubos múltiples
Mohos y levaduras	Recuento en placa	Siembra en profundidad
Salmonella	Presencia/ Ausencia	Aislamiento e identificación
<i>Estafilococo coagulasa</i>	Recuento en placa	Siembra en superficie

Fuente: Este estudio.

5.12 DISEÑO EXPERIMENTAL

Evaluación del contenido de arveja en la formulación del alimento: Los resultados obtenidos con el análisis sensorial de aceptabilidad para seleccionar el contenido de arveja en la formulación del alimento, fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA) y al test de Tukey ($p < 0,05$).

Selección de la sal de hierro para la fortificación del alimento: Se empleó un diseño unifactorial categórico completamente aleatorizado con tres niveles, donde el factor de estudio fue la fuente de hierro empleada (control, hierro aminoquelado y sulfato ferroso). Se realizaron dos repeticiones para cada tratamiento con el fin de determinar el efecto de la sal de hierro utilizada sobre algunos parámetros fisicoquímicos (pH, acidez, sólidos solubles, densidad, A_w y viscosidad) y físicos (color: L, a y b). Para los resultados obtenidos en la evaluación fisicoquímica del alimento fortificado durante el periodo de almacenamiento se obtuvieron las medias y las desviaciones estándar mediante análisis de varianza (ANOVA).

Selección del tratamiento térmico: Para identificar el tratamiento térmico adecuado se realizaron análisis de regresión lineal para los datos obtenidos en el análisis de microorganismos Mesófilos.

Determinación de vida útil: Se realizaron análisis de regresión lineal para aquellos datos obtenidos en el estudio de vida útil. El análisis de todos los datos se realizó en el software Stathgraphics Centurion XVI.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE ARVEJA EN LA FORMULACIÓN DEL ALIMENTO

Las respuestas de la prueba afectiva oscilaron entre 5 (me gusta) y 3 (me disgusta), donde un contenido de arveja mayor al 50% en la mezcla arveja-arroz disminuye la aceptabilidad del producto. La mayoría de los jueces concuerdan en que los principales atributos afectados por la arveja y que más disgustan son el color verde y la consistencia, ya que las muestras con mayor contenido de arveja son más fluidas debido a que el contenido de almidón proveniente del arroz que funciona como un espesante disminuye. La coloración de las papillas en el día cero de almacenamiento se observa en la Figura 15. Resultados similares obtuvieron Sai et al., (2011) al evaluar las características sensoriales de papillas elaboradas con harina de trigo y harina de trigo tostada, donde la aceptabilidad general de las mismas disminuyó en aquellas elaboradas con harina de trigo tostada, hecho atribuido a la disminución de la viscosidad debido a la formación de almidones resistentes durante el proceso de tostado con menor capacidad de retención de agua, afectando además la apariencia y la sensación en la boca del alimento.

El análisis de medias de acuerdo con la prueba de Tukey ($p < 0,05$) demuestra que existen diferencias significativas entre la muestra con el porcentaje más alto de arveja (85%) y el resto de las muestras por lo cual fue descartada (Tabla 12).

Tabla 12. Calificación promedio asignada por los padres al alimento infantil según el porcentaje de arveja empleado (7= me gusta extremadamente; 1= me disgusta extremadamente)

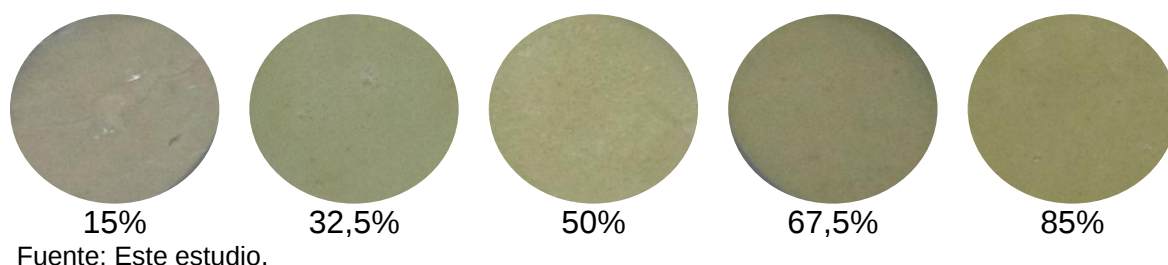
Porcentaje de arveja (%)	Calificación promedio* $\pm$ D.E.**
15	4,8 $\pm$ 1,0 ^{ab}
32,5	4,8 $\pm$ 1,0 ^{ab}
50	5,2 $\pm$ 1,0 ^a
67,5	4,5 $\pm$ 1,0 ^b
85	3,3 $\pm$ 0,8 ^c

*Medias seguidas con letra diferente son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

**DE=Desviación Estándar

Fuente: Este estudio.

Figura 15. Color de alimento infantil con los diferentes porcentajes de arveja evaluados en el día cero de almacenamiento.



La evaluación sensorial realizada con niños, demuestra q no hay diferencias significativas entre los porcentajes de arveja evaluados (Tabla 13), además las calificaciones asignadas demuestran que para la mayoría de los niños es agradable el sabor del alimento.

Tabla 13. Calificación promedio asignada por los niños al alimento infantil según el porcentaje de arveja empleado (3= me gusta; 1= me disgusta)

Porcentaje de arveja (%)	Calificación promedio* $\pm$ D.E.**
15	2,9 $\pm$ 0,4 ^a
32,5	2,8 $\pm$ 0,6 ^a
50	2,9 $\pm$ 0,4 ^a
67,5	2,7 $\pm$ 0,6 ^a

*Medias seguidas con letra diferente son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

**DE=Desviación Estándar

Fuente: Este estudio.

Debido a que el análisis sensorial con niños no arrojó diferencias significativas entre los tratamientos, el porcentaje seleccionado fue 50% arveja, siendo este tratamiento el mejor valorado por los adultos y con un mayor porcentaje de leguminosa con respecto a las muestras restantes. Por lo tanto la formulación final del alimento se estableció como se muestra en la Tabla 14.

De acuerdo con la composición del alimento, el producto obtenido se puede catalogar como un alimento complementario elaborado a base de cereales para lactantes y niños pequeños ya que la cantidad de arroz en base seca constituye más del 25% del alimento; sin embargo esta categoría no incluye dentro de la composición ingredientes como la leche, de manera que por tratarse de un

alimento preparado en una mezcla de leche descremada reconstituida podría clasificarse también dentro de los alimentos lácteos para niños mayores de 12 meses elaborado a partir de sólidos lácteos y otros ingredientes idóneos para su alimentación de acuerdo con el proyecto de resolución establecido en Colombia para alimentos infantiles (Ministerio de Salud y Protección Social, 2011).

Tabla 14. Formulación final para la elaboración del alimento infantil

Ingrediente	Porcentaje en base húmeda (%)	Porcentaje en base seca (%)
Arveja	6,5	29,5
Arroz	6,5	29,5
Agua (Ag)	78	-
Leche descremada en polvo	3	13,6
Azúcar	5,4	24,5
Esencia de vainilla	0,6	2,7
Total	100	100

Fuente: Este estudio.

6.2 SELECCIÓN DE LA SAL DE HIERRO PARA LA FORTIFICACIÓN DEL ALIMENTO

Análisis fisicoquímico: Los parámetros fisicoquímicos evaluados no se mostraron afectados significativamente por la adición de alguna sal con respecto al control el día cero de almacenamiento (Tabla 15).

Tabla 15. Valores promedio de pH, sólidos solubles, acidez, viscosidad, densidad y actividad acuosa de la papilla sin fortificar (blanco), fortificada con sulfato ferroso (SF) y fortificada con hierro aminoquelado (HA) (Promedios±D.E*).

Parámetro	Blanco	SF	HA	Promedio
pH	7,16±0,01 ^a	7,16±0,01 ^a	7,16±0,01 ^a	7,16±0,01
Sólidos solubles(°Brix)	12,6±0,8 ^a	12,6±0,8 ^a	12,6±0,8 ^a	12,6±0,7
Acidez (% Ác. láctico)	0,08±0,01 ^a	0,08±0,01 ^a	0,08±0,01 ^a	0,08±0,01
Acidez (mL NaOH/100 g)	9,3±0,5 ^a	9,3±0,5 ^a	9,3±0,5 ^a	9,3±0,5
Viscosidad (cP)	8931,0±100,6 ^a	8931,3±100,6 ^a	8931,7±100,1 ^a	8931,3±1,7
Densidad (g/mL)	1,081±0,002 ^a	1,084±0,004 ^a	1,086±0,004 ^a	1,083±0,003
Actividad acuosa (%)	0,970±0,001 ^a	0,970±0,001 ^a	0,971±0,001 ^a	0,970±0,001

Fuente: Este estudio.

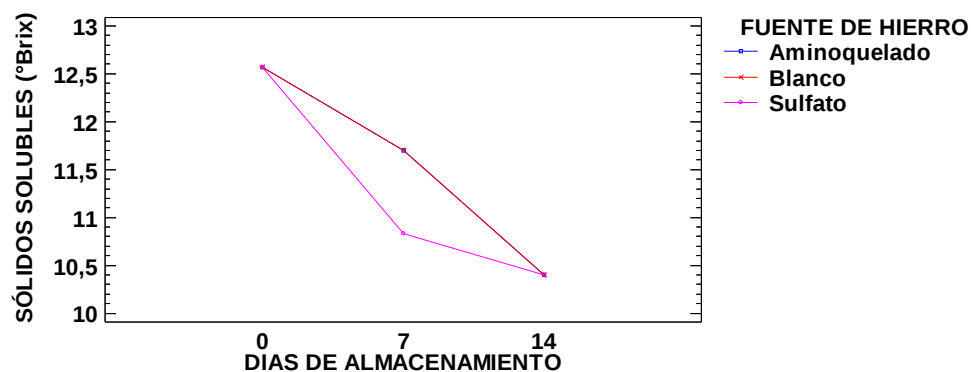
Medias seguidas con letras iguales en la misma fila no son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey (p<0,05). *D.E=Desviación Estándar.

El promedio total de los valores obtenidos fue de 8931 cPs, 97%, 1.083 g/mL, 6.8, 12.6°Brix y 9.3 mL NaOH/100 g (0,08 % Ac. Láctico), para viscosidad, actividad acuosa, densidad, pH, sólidos solubles y acidez respectivamente.

El seguimiento realizado sobre el pH, la acidez y los sólidos solubles del alimento durante los días 0, 7 y 14 se muestra en las Gráficas 1, 2 y 3. Las sales de hierro empleadas no afectan el contenido de sólidos solubles durante el almacenamiento (Gráfica 1), aunque se evidenciaron disminuciones significativas de éste parámetro durante los 14 días, que en concordancia con la disminución en el pH de todos los tratamientos y el consecuente aumento de acidez, reflejan la presencia de actividad metabólica celular.

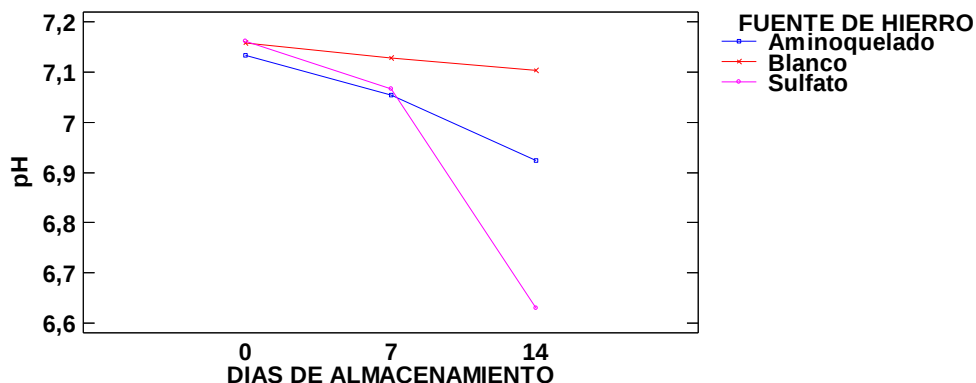
Se presentaron diferencias significativas entre las sales de hierro durante el almacenamiento para pH y acidez, con una mayor variación el día 14 en las muestras con sulfato (Gráficas 2 y 3). Teniendo en cuenta que la matriz alimentaria cuenta con las características y los componentes adecuados para el desarrollo de la reacción de Maillard (contenido de lactosa y proteínas), las sales de hierro parecen acelerar la reacción cuyos efectos pueden deberse a cambios en el pH. Resultados similares reportan Perea, Padrón, Valdés, Paz, & Brito, (2007) al evaluar el pH y la acidez de una leche triple concentrada esterilizada fortificada con gluconato ferroso estabilizado con glicina, donde se observó una tendencia normal de aumento de pH y disminución de acidez durante el almacenamiento, pero que fue mayor en la leche fortificada a partir de los 3 meses de almacenamiento. La disminución del pH se podría explicar teniendo en cuenta durante la reacción desaparecen los grupos amino básicos, además los productos finales de la reacción como las melanoidinas presentan una naturaleza ácida (Bosch, 2007). Según Fagerson, (1969) la acidificación del medio es resultado de la pérdida de la capacidad tamponante del grupo amino sobre el carboxílico y de la aparición de ácidos débiles como levulínico, pirúvico, láctico y fórmico.

Gráfica 1. Efecto de la fuente de hierro sobre el contenido de sólidos solubles del alimento infantil durante el almacenamiento.



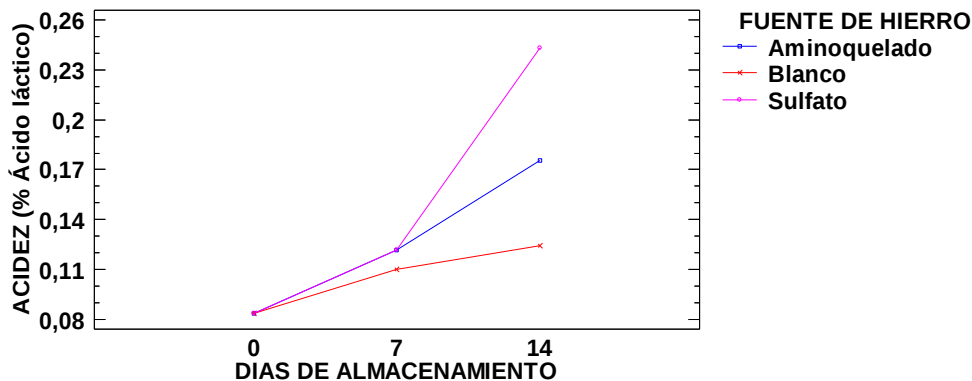
Fuente: Este estudio.

Gráfica 2. Efecto de la fuente de hierro sobre el pH del alimento infantil durante el almacenamiento



Fuente: Este estudio.

Grafica 3. Efecto de la fuente de hierro sobre la acidez del alimento infantil durante el almacenamiento



Fuente: Este estudio.

Por otra parte, se ha demostrado que la presencia de iones de hierro (Fe^{2+}) estimula la acumulación de compuestos coloreados (melanoidinas) en soluciones de lactosa/glicina con sulfato ferroso (Ramonaitytė, Keršienė, Adams, Tehrani, & Kimpe, 2009). De manera similar estudios realizados por Kwak & Lim, (2004) demuestran que la acumulación de los productos de la reacción de Maillard como las melanoidinas se tiende a acelerar en la presencia de iones metálicos especialmente Fe^{2+} y Cu^{2+} . Esto explicaría el efecto de las sales sobre la acidez y el pH del alimento.

Análisis físico: Todos los parámetros de color analizados (L, a, b) presentaron diferencias estadísticamente significativas entre las sales de hierro y el blanco, siendo el sulfato ferroso (SF) la sal que afecta en mayor medida los parámetros evaluados con respecto al control (Blanco) como se muestra en la Tabla 16. Aunque el hierro aminoquelado (HA) es un compuesto protegido, los datos obtenidos arrojan diferencias significativas entre esta sal y el control, es decir que también altera el color del alimento. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por otros autores que demostraron que el hierro aminoquelado afecta el color de productos como pulpas de mora y remolacha, pero se concluye que el uso de sales queladas para la fortificación de productos de origen vegetal resulta ser una estrategia excelente ya que no se modifican las características sensoriales del producto en gran proporción (Arcos, 2010).

Los componentes L, a y b indican que el alimento se torna más oscuro, más verde y menos amarillo respectivamente, con la adición de las sales y en mayor medida con sulfato de hierro, ya que éste tiene la desventaja de producir cambios en las propiedades sensoriales del mismo (color, sabor, olor). Esta sal actúa catalizando los procesos oxidativos, produciendo la oxidación de los ácidos grasos insaturados y el enranciamiento de los lípidos del alimento. Este proceso catalítico también afecta a otros nutrientes como las vitaminas y los aminoácidos, disminuyendo significativamente el valor nutricional del alimento (Álvarez et al., 2012; J. Boccio & Monteiro, 2004).

Tabla 16. Valores promedio de los parámetros de color L, a y b de la papilla sin fortificar (blanco), fortificada con sulfato ferroso (SF) y fortificada con hierro aminoquelado (HA) (Promedios $\pm$ D.E*).

Parámetro	Blanco	SF	HA
L	62,22 $\pm$ 0,07 ^a	56,53 $\pm$ 0,07 ^c	57,97 $\pm$ 0,07 ^b
a	-2,88 $\pm$ 0,02 ^a	-3,47 $\pm$ 0,04 ^c	-3,40 $\pm$ 0,01 ^b
b	21,84 $\pm$ 0,05 ^a	14,94 $\pm$ 0,13 ^c	16,79 $\pm$ 0,03 ^b

Fuente: Este estudio.

Medias seguidas con letras diferentes en la misma fila son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

*D.E=Desviación Estándar

Análisis sensorial: De acuerdo con los resultados de la prueba dúo trío con 9 aciertos de 10 jueces en total, a un nivel de significancia del 5% (Anexo 4), existe diferencia significativa entre las dos sales de hierro (Anzaldúa, 1994), es decir que los jueces lograron identificar diferencias entre los alimentos fortificados con sulfato y hierro aminoquelado. Los resultados concuerdan con lo esperado por tratarse de un panel entrenado y con los resultados obtenidos anteriormente sin embargo no es posible mediante esta prueba cuantificar dicha diferencia, mientras que el test de valoración numérica si permite hacerlo.

De acuerdo con los resultados aportados por el test de valoración numérica (Tabla 17), los jueces no detectaron diferencias entre las sales de hierro y la muestra sin fortificar en cuanto a sabor metálico, pero si detectaron diferencias en el color de la muestras lo cual indica que con la cantidad de hierro empleada no se detecta el sabor metálico de la sal, pero se afectan algunas características sensoriales como el color.

Tabla 17. Valores promedio de puntajes asignados a los atributos de sabor (metálico) y color del alimento infantil fortificado con sulfato ferroso y hierro aminoquelado (Promedios $\pm$ D.E*).

Fuente de hierro	Sabor metálico**	Color
Sulfato ferroso	10 $\pm$ 2 ^a	15 $\pm$ 2 ^a
Hierro aminoquelado	10 $\pm$ 1 ^a	16 $\pm$ 2 ^a

Fuente: Este estudio.

Medias seguidas con letras iguales en la misma columna no son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey ($p>0,05$).

*D.E=Desviación Estándar

**Valores menores o mayores que 10 indican respectivamente, una disminución o aumento en la intensidad del atributo evaluado.

Los puntajes obtenidos para el color, muestran que hubo un aumento en la intensidad del mismo en concordancia con los resultados obtenidos en el análisis físico del alimento, confirmando que la adición de las sales de hierro empleadas intensifica el color del alimento. Resultados similares reporta Perea et al., (2007) en la evaluación sensorial llevada a cabo con una leche triple concentrada esterilizada, donde algunos jueces encontraron un color ligeramente más oscuro en la leche fortificada que en ningún momento se les hizo rechazable. De acuerdo con Hurrell, (1997) los compuestos de hierro de alta solubilidad como el sulfato ferroso aportan un hierro de alta biodisponibilidad, pero tienen la desventaja de permitir que el hierro libre iónico interactúe con los componentes del alimento, produciendo cambios sensoriales del mismo como la decoloración.

Según Boccio et al., (1997) el producto ideal para fortificar alimentos es aquel que proporciona una alta biodisponibilidad de hierro, no disminuye el valor nutricional del producto a través de la oxidación de nutrientes, no altera las propiedades

sensoriales, es resistente a las tecnologías de procesamiento y es de bajo costo. De acuerdo con los análisis realizados sobre las dos sales de hierro, se puede deducir que la sal más adecuada para fortificar el alimento infantil es el hierro aminoquelado ya que genera los menores cambios de color y se percibe de manera similar al sulfato ferroso que se encuentra en una proporción menor, además no altera la acidez ni el pH del producto durante el almacenamiento como lo hace el sulfato gracias a que se trata de una sal de hierro protegido que no interactúa en gran medida con la matriz alimentaria.

Análisis del contenido de hierro: En la Tabla 18 se muestran los resultados del análisis realizado sobre el alimento fortificado, el cual demuestra que el alimento sin adición de fortificante solo logra cubrir el 2% de la recomendación diaria (0,25 mg/porción), mientras que con la cantidad de hierro aminoquelado empleada se logró cubrir el 23% de la ingesta diaria recomendada (2,75 mg/ porción) por lo tanto el alimento obtenido luego de la fortificación cumple con los requisitos para ser denominado un alimento alto en hierro (Ministerio de la Protección Social, 2011).

Tabla 18. Contenido de hierro en el alimento infantil fortificado con hierro aminoquelado y sin fortificación.

Tratamiento	Contenido de hierro* (mg/100 g)	Contenido de hierro (mg/porción)**	Porcentaje de la recomendación/ día
Alimento sin fortificar	0,2	0,25	2%
Alimento fortificado	2,2	2,75	23%

*Fuente: Laboratorios especializados Universidad de Nariño.

**Una (1) porción= 125 g.

6.3 SELECCIÓN DEL TRATAMIENTO TÉRMICO

Los resultados del crecimiento de microorganismos Mesófilos (UFC/mL) en función del tiempo de pasteurización para cada combinación de temperatura y tiempo se muestran en la Tabla 19. La normativa colombiana vigente (Ministerio de Salud y Protección Social, 2011) permite un índice máximo de 5000 UFC/mL y 10000 UFC/mL para identificar un nivel de calidad aceptable y buena respectivamente, en alimentos lácteos en forma líquida sometidos a pasteurización. Los resultados de Mesófilos para el tratamiento control (blanco) demuestran que el alimento se encuentra por encima de los valores permitidos y no es suficiente con el tratamiento menos severo (75°Cx5 min) ya que no logra disminuir los valores a un nivel aceptable.

Se puede observar que el tratamiento con mayor temperatura y tiempo (85°Cx15 min) elimina la mayor cantidad de microorganismos Mesófilos como era de esperarse, sin embargo es necesario determinar el tiempo de tratamiento térmico adecuado para obtener un alimento que cumpla con los requerimientos microbiológicos establecidos en la normativa vigente.

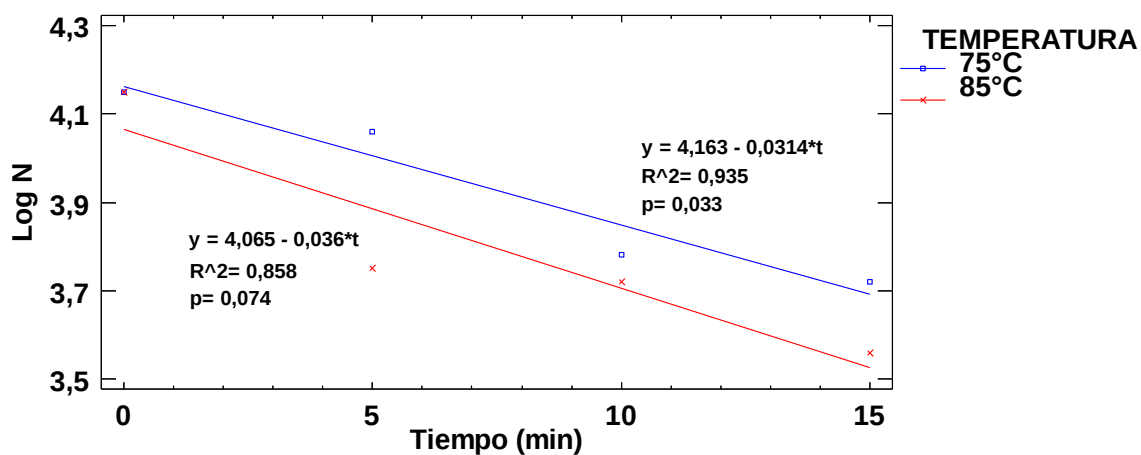
Tabla 19 . Carga microbiana de Mesófilos aerobios (UFC/mL) en el alimento infantil sometido a diferentes tratamientos de pasteurización.

Tratamiento	Mesófilos aerobios (UFC/ml)
Blanco	$1,4 \times 10^4$
75°C x 5min	$1,16 \times 10^4$
75°C x 10min	6×10^3
75°C x 15min	$5,2 \times 10^3$
85°C x 5min	$5,6 \times 10^3$
85°C x 10min	$5,3 \times 10^3$
85°C x 15min	$3,6 \times 10^3$

Fuente: Este estudio.

Con los datos obtenidos para Mesófilos aerobios, se construyó el gráfico de supervivencia para cada temperatura evaluada (Gráfica 4), representando los valores de Log N en función del tiempo, obteniendo una recta de pendiente negativa de valor k (constante cinética de muerte térmica) para cada temperatura.

Grafica 4. Gráficos de supervivencia de mesófilos aerobios para dos temperaturas de pasteurización del alimento infantil.



Fuente: Este estudio.

El resultado de $1/k$ se define como el valor D, es decir el tiempo de reducción decimal que para éste caso resulta ser bastante alto (Tabla 20) en comparación con los obtenidos para otros alimentos como la leche lo cual se puede atribuir a las características del alimento que como se mencionó antes, son ideales para el desarrollo de flora microbiana. Los valores obtenidos indican que se requieren someter el alimento 32 minutos a 75°C o 28 minutos a 85°C para reducir la cantidad de Mesófilos aerobios presentes en el alimento infantil a la décima parte del valor inicial.

Tabla 20. Valores de tiempo de reducción decimal (D) obtenidos para dos temperaturas de pasteurización del alimento infantil.

Temperatura de pasteurización	Ecuación ajustada	k	D (min)
75°C	$y = -0,0314x + 4,163$	0,0315	32
85°C	$y = -0,036x + 4,065$	0,0359	28

Fuente: Este estudio.

El tiempo de tratamiento o tiempo de muerte térmica (F) se determinó empleando la ecuación:

$$F = D \times \gamma$$

Dónde:

F= Tiempo de muerte térmica.

D= Tiempo de reducción decimal.

γ = Índice de reducción.

El índice de reducción decimal se determinó mediante la expresión: $\text{LogNo} - \text{LogN}$ (No= número inicial de microorganismos antes del tratamiento térmico; N= número final de microorganismos luego del tratamiento térmico a una temperatura constante). En éste caso N toma los valores máximos permitidos en la norma.

Tabla 21. Tiempo de muerte térmica (F) necesario para obtener un alimento de calidad buena o aceptable según la normativa colombiana vigente.

Nivel de calidad	Mesófilos* UFC/g (máx.)	F (min)		Índice de reducción (D)	
		75°C	85°C	75°C	85°C
Buena calidad	5000	14,2	12,5	0,45	0,45
Calidad aceptable	10000	4,6	4,1	0,15	0,15

*Ministerio de Salud y Protección Social, (2011)

La Tabla 21 muestra los resultados del tiempo de muerte térmica o de tratamiento requerido para alcanzar los niveles permitidos para Mesófilos aerobios en el alimento. Es necesario someter el alimento a tratamiento térmico durante 13 a 14 minutos (equivalente a 0,45 D) para disminuir la carga de microorganismos mesófilos hasta 5000 UFC /mL en el producto y obtener un alimento de buena calidad tanto a 75°C como a 85°C. Resultados similares fueron obtenidos por Encina et al., (2013) que establecieron tiempos de pasteurización de 16,02 min a 85°C en mezclas binarias de mango: carambola partiendo de una carga inicial de $1,6 \times 10^4$ UFC/mL hasta valores menores a 10 UFC/mL, que son posible alcanzar debido a las características ácidas de las frutas evitando el desarrollo de bacterias lo cual permite aplicar tratamientos menos severos en comparación con el alimento infantil. La severidad de los tratamientos aplicados sobre la papilla se debe a características como el pH, pues alimentos con pH básico requieren un tiempo más prolongado de pasteurización en comparación con alimentos de características ácidas; en algunos productos con pH similar como la pulpa de aguacate (pH 6,7) se aplicó un tratamiento térmico a 65°C x20 min, lo que garantizó un control microbiológico adecuado (Restrepo et al., 2016), o en bebidas lácteas con pH de 6 el tratamiento aplicado fue de 76°C x 10 minutos (Rocha & Coy, 2006).

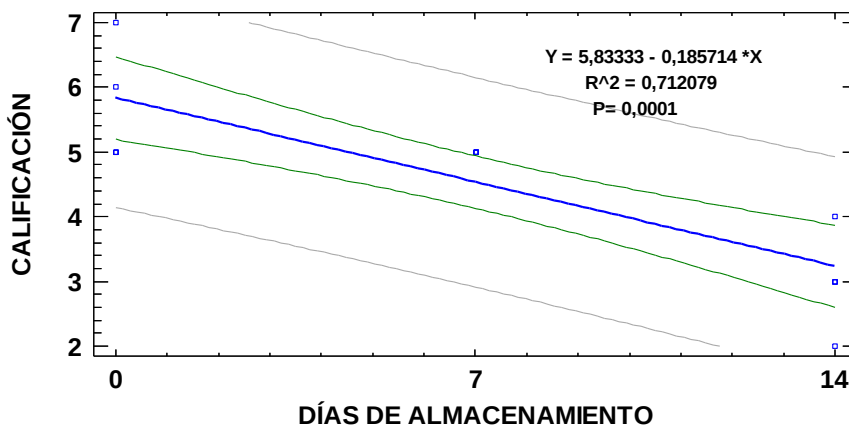
De acuerdo con los resultados anteriores, el tratamiento térmico seleccionado para aplicar sobre el alimento infantil es de 85°C durante 13 minutos, ya que debido a las características básicas del alimento se requiere aplicar el tratamiento más severo para conservar la calidad del mismo durante un tiempo más prolongado.

6.4 VIDA ÚTIL SENSORIAL DEL ALIMENTO

Determinación de vida útil sensorial: En la Gráfica 5 se observa la regresión lineal aplicada sobre los resultados obtenidos para aceptabilidad durante los 14 días de almacenamiento. Se estableció el punto de aceptación crítico el centro de

la escala hedónica (4= ni me gusta ni me disgusta) ya que es a partir de entonces cuando el alimento deja de ser agradable para el consumidor. Puesto que el valor P es menor a 0,05 ($P < 0,05$) hay una relación estadísticamente significativa entre los dos parámetros (Calificación, Almacenamiento) por lo que es posible la relación en regresión lineal.

Gráfica 5. Regresión lineal de aceptabilidad del alimento infantil pasteurizado durante el almacenamiento



Fuente: Este estudio.

El valor de r^2 obtenido es considerado muy bueno para la relación de los datos, considerando que valores de r^2 (en datos sensoriales en función del tiempo) por encima de 0,6 se consideran muy buenos, mientras que valores entre 0,4 y 0,6 se consideran moderados (De Marchi, Monteiro, & Cardello, 2003). Al reemplazar el valor crítico en la ecuación lineal se obtuvo que la vida útil sensorial del producto es de 12 días.

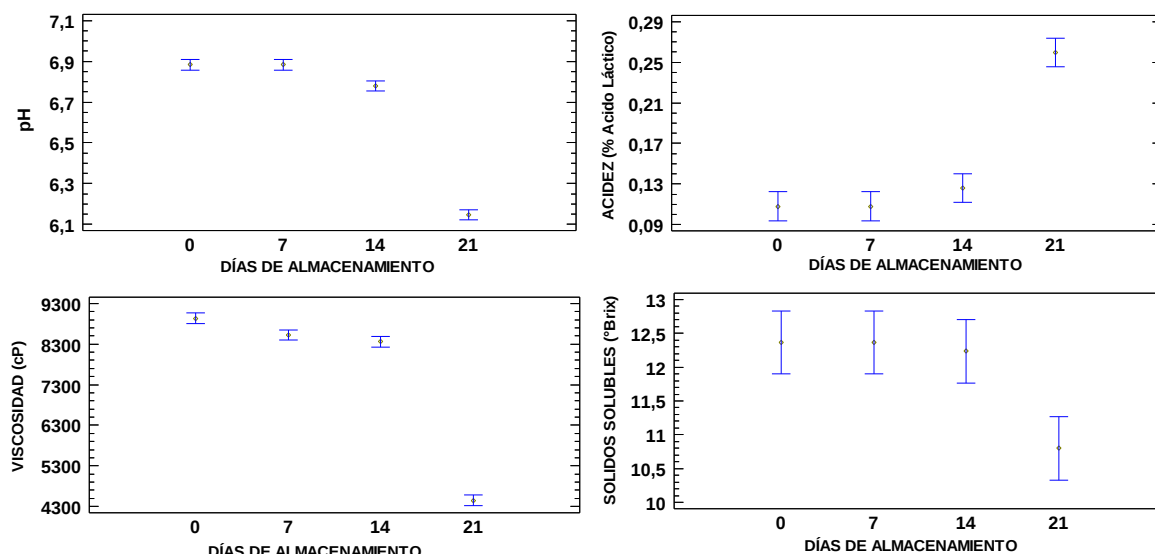
Determinación de valores críticos: En la Gráfica 6 se puede ver el comportamiento del pH, acidez, sólidos solubles y viscosidad durante el almacenamiento presentando diferencias significativas luego del día 7 para pH y después del día 14 para acidez y sólidos solubles demostrando que la actividad metabólica celular se incrementa luego de ese día.

Jang & Lee, (2012) reportan un comportamiento similar al evaluar la evolución del pH de una papilla esterilizada elaborada con pollo, arroz y ginseng presentando una disminución de éste parámetro desde 6,49 a 6,05 luego de 28 semanas de almacenamiento, atribuyendo este hecho a la oxidación de lípidos ya que no se presentó crecimiento microbiano durante 3 meses. Sin embargo, en el caso del alimento infantil con arveja las reacciones de degradación de lípidos son poco probables o en caso de presentarse resultarían imperceptibles ya que se emplearon materias primas con bajo contenido de grasa, por lo tanto la disminución

de pH y el consecuente aumento de acidez (Tabla 25) se atribuye en este caso al desarrollo de microorganismos.

La viscosidad presenta disminuciones significativas durante el almacenamiento luego del día cero de almacenamiento pasando de 8930,7 cP a 4452,0 cP , debido a la sinéresis o separación de fases que ocurre en el alimento y que afecta de manera negativa la calidad del mismo (Jang & Lee, 2012). La cocción de arroz ocasiona la gelatinización del almidón, ya que este proceso toma lugar bajo condiciones de humedad excesiva (>63%) (Lai & Kokini, 1991) caracterizado por el hinchamiento de los gránulos de almidón y el drenado de amilosa, la formación de un gel y la fusión de la amilopectina. Sin embargo, el estado amorfo del almidón tiende a convertirse en a un estado cristalino insoluble, resultando en el espesamiento de la mezcla con almidón y expidiendo agua por recristalización de amilosa y amilopectina. La continua degradación de amilosa a glucosa con el tiempo puede reducir la viscosidad del producto (Jang & Lee, 2012). Vicuna, (2015) explica que el agua añadida en la cocción de al arroz pasa a formar parte del alimento, elevando la cantidad de agua libre; si se añade líquido sobre una superficie seca se construirán capas superiores (agua libre) sobre la capa mono molecular propia de la superficie denominada agua ligada, esto lo permite la estructura del alimento.

Gráfica 6. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre pH, acidez, sólidos solubles y viscosidad del alimento infantil pasteurizado



Fuente: Este estudio.

Los datos obtenidos se ajustaron al modelo denominado cuadrado doble de X para pH, sólidos solubles y viscosidad, mientras que para la acidez se ajustaron al

modelo cuadrado de X–inverso de Y, ya que estos modelos mostraron el mejor ajuste de los datos (mayor R^2) como se muestra en la Tabla 22. El pH calculado a los 12 días de la vida útil sensorial es de 6,73 como se muestra en la (Tabla 22) el cual se asemeja al obtenido por Figuerola, Estévez, & Avendaño, (2008) con valores entre 6,3 y 6,2 un puré de frijol con actividad acuosa intermedia luego de 15 días de almacenamiento. Al ser un producto elaborado con leche su pH también se asemeja al reportado por Barrera, (2012) al evaluar el pH de leche pasteurizada en baño maría obteniendo valores de 6,68 luego de 15 días, sin embargo sólo se observaron diferencias significativas luego de 30 días al reportar un valor de 6,61.

Tabla 22. Parámetros fisicoquímicos calculados para los 12 días de vida útil sensorial

Parámetro	Valor	Ecuación	R^2
pH	6,73	$y = (48,449 - 0,0222805 * x^2)^{1/2}$	0,91
Acidez (% ácido láctico)	0,12	$y = 1/(9,76598 - 0,0126244 * x^2)$	0,91
Sólidos solubles (°Brix)	12,06	$y = (157,379 - 0,0831091 * x^2)^{1/2}$	0,75
Viscosidad (cP)	8010,41	$y = (8,31682 * 10^7 - 131955 * x^2)^{1/2}$	0,90

Fuente: Este estudio.

Los modelos matemáticos empleados en el ajuste de datos para los parámetros de color fueron cuadrado doble de X para L y b y cuadrado de X para a y ΔE . Se determinaron los parámetros de color L, a y b para el día 12 (Tabla 23). También se calculó el cambio total de color ΔE para éste día tal como se hizo en Rampilli & Andreini, (1992) ya que éste valor es la combinación más apropiada de los parámetros que describe la cinética de la degradación de color (Salamanca G. & Abril R., 2008).

Tabla 23. Parámetros de color L, a, b y ΔE calculados para los 12 días de vida útil sensorial.

Parámetro	Valor	Ecuación	R^2
L	60,14	$y = (3719,18 + 0,990881 * x^2)^{1/2}$	0,91
a	-0,48	$y = -0,632619 + 0,000996807 * x^2$	0,87
b	24,01	$y = (544,218 + 0,226811 * x^2)^{1/2}$	0,70
ΔE	1,54	$y = 0,38881 + 0,00802443 * x^2$	0,92

Fuente: Este estudio.

6.5 ANÁLISIS FÍSICO DEL ALIMENTO

Los valores de L, a, b y ΔE muestran una tendencia a aumentar durante el almacenamiento (Tabla 24). Jang & Lee, (2012) reportan resultados similares al evaluar los mismos parámetros de color durante el almacenamiento en una papilla elaborada con arroz, pollo y ginseng, quienes atribuyeron tal comportamiento a las diversas reacciones fisicoquímicas que tienen lugar en el producto como la de Maillard, desintegración de la estructura de la papilla, etc. Por lo tanto, teniendo en cuenta el comportamiento de retrogradación del alimento evaluado en el presente estudio, la tendencia a aumentar de L y b se atribuyen principalmente a la desintegración de la matriz alimentaria más que a los efectos de oscurecimiento causados por la reacción de Maillard, pues los efectos causados por ésta última muestran resultados opuestos como los obtenidos por Santos et al., (2008) que observó una tendencia de disminución para las coordenadas L y b durante el almacenamiento de pulpa de mango pasteurizada, atribuyendo éste hecho a la aparición de otros compuestos, resultantes principalmente del oscurecimiento no enzimático producido por la reacción de Maillard.

La tendencia a aumentar que presenta el parámetro a (Tabla 24) se podría atribuir a la degradación de los pigmentos de clorofila aportados por la arveja, presentes en el alimento infantil. Cortés & Chirlat, (2008) atribuyen el aumento del parámetro a durante el almacenamiento de manzanas verdes deshidratadas a la degradación de pigmentos de clorofila, responsables de la coloración verdosa del producto. De manera similar Vallejo & Velazco, (2015) atribuyen el incremento del parámetro a en arvejas debido al fenómeno de degradación de clorofila con la consecuente pérdida del color verde.

Tabla 24. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre los parámetros de color L, a, b y ΔE del alimento infantil pasteurizado (Promedios $\pm$ D.E*).

Días	L	a	b	ΔE
0	60,91 $\pm$ 0,15 ^c	-0,5 $\pm$ 0,03 ^{bc}	23,69 $\pm$ 0,16 ^c	0,20 $\pm$ 0,21 ^c
7	61,63 $\pm$ 0,88 ^b	-0,6 $\pm$ 0,03 ^b	23,49 $\pm$ 0,10 ^c	1,13 $\pm$ 0,72 ^b
14	62,28 $\pm$ 0,06 ^b	-0,52 $\pm$ 0,02 ^c	24,72 $\pm$ 0,18 ^b	1,75 $\pm$ 0,09 ^b
21	64,56 $\pm$ 0,027 ^a	-0,15 $\pm$ 0,03 ^a	25,25 $\pm$ 0,16 ^a	3,98 $\pm$ 0,18 ^a

Medias seguidas con letra diferente en la misma columna son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

*DE=Desviación Estándar

Fuente: Este estudio.

6.6 ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DEL ALIMENTO

Los resultados del análisis fisicoquímico del alimento se muestran en la Tabla 25. El pH se torna básico y la acidez baja debido a la presencia de ingredientes básicos como la leche lo cual resulta peligroso debido a que se favorece la proliferación de microorganismos y la evolución de reacciones de degradación como la de Maillard (Bosch, 2007). Resultados similares fueron obtenidos por Salgar (2011), quien evaluó el pH de varios productos complementarios elaborados a base de verduras y carnes los cuales mostraron un pH superior a 4,6.

Tabla 25. Resultados del análisis fisicoquímico

Parámetro	Valor $\pm$ D.E.*
pH	6,88 $\pm$ 0,01
Sólidos solubles(°Brix)	12,0 $\pm$ 0,0
Acidez (% ácido láctico)	0,108 $\pm$ 0,0
Acidez (ml NaOH/100 g)	6,9 $\pm$ 0,0
Viscosidad (cP)	8930,7 $\pm$ 101,7
Densidad (g/mL)	1,081 $\pm$ 0,024
Actividad acuosa (%)	0,971 $\pm$ 0,001

*D.E.: Desviación estándar

Fuente: Este estudio.

La actividad de agua presentó valores altos que podrían comprometer la vida útil del alimento, la estabilidad y la calidad microbiológica del mismo ya que el crecimiento de la mayoría de bacterias se produce a una actividad de agua por encima de 0,9 (Clayton, Bush, & Keener, 2010), datos similares son reportados por Campaña (2012) en una papilla con camote y quinua y por Vicuna, (2015) en compotas de mango y manzana. Los sólidos solubles son similares a los de una compota, como la elaborada por Parra, (2012) a base de gulupa con almidón de sagú y stevia (15°Brix) y la viscosidad para este tipo de productos presenta un rango de variación muy amplio, Guevara & Málaga (2013) reportan viscosidades entre 1560 y 4797 cP en una compota de aguaymanto, mientras que Vicuna, (2015) reporta valores de 3000 a 10500 cP en compotas de mango y de 2120 a 8070 cP en compotas de manzana.

6.7 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DEL ALIMENTO

De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis bromatológico (Tabla 26) y teniendo en cuenta las recomendaciones de ingesta diaria para proteínas, el alimento cubre el 14 % de la ingesta diaria recomendada para este nutriente por

porción, por lo tanto se puede catalogar como un alimento buena fuente de proteína además de ser un alimento alto en hierro. Por otra parte el alimento aporta una cantidad de hierro equivalente a 2,97 mg/100 kcal, cumpliendo con los límites establecidos para este tipo de alimentos que deben contener como mínimo 1 mg/100 kcal de hierro, ya que los depósitos del recién nacido sólo cubren sus necesidades hasta el tercer o cuarto mes de vida.

El aporte energético se encuentra dentro del rango establecido para alimentos a base de cereales para lactantes y niños pequeños (13 kcal/g en base seca), en los cuales el contenido energético no debe ser menor a 4 kcal/gr en base seca (Códex Alimentarius, 2006).

Gracias a que se empleó leche descremada, el contenido de grasa (extracto etéreo) es bajo aportando el 0,1% de la recomendación diaria.

Tabla 26. Resultados del análisis bromatológico del alimento infantil fortificado con hierro.

Parámetro	Unidad de medida	Alimento infantil fortificado		Recomendación diaria
		Base húmeda (B.H.)*	Base seca (B.S.)**	Niños mayores de 6 meses y menores de 4 años (B.H.)
Humedad	g/100 g	82,8	-	Ne
Materia seca	g/100 g	17,2	-	Ne
Hierro	mg/100 g	2,2	12,8	12 mg
Ceniza	g/100 g	0,34	2	Ne
Extracto etéreo	g/100 g	0,02	0,1	19 g
Fibra cruda	g/100 g	0,11	0,6	Ne
Proteína	g/100 g	2,02	11,8	18 g
Extracto no nitrogenado	g/100 g	14,7	85,5	Ne
Energía	kcal/100 g	74	-	Ne

Ne: No especificado

*Fuente: Laboratorios especializados Universidad de Nariño.

**Cálculo a partir de resultados en base húmeda

6.8 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL ALIMENTO

Los resultados del análisis microbiológico (Tabla 27) muestran que el alimento cumple con las especificaciones establecidas en la normativa colombiana vigente (Ministerio de Salud y Protección Social, 2011), también cumple con los requisitos establecidos en normas similares como la de Chile (Ministerio de Salud de Chile, 1996) para papillas y alimento listos para consumir, lo cual indica que el alimento es seguro para el consumidor durante el tiempo de vida útil establecido siempre que se mantenga bajo las condiciones establecidas de almacenamiento (4°C).

Tabla 27. Resultados del análisis microbiológico del alimento infantil pasteurizado fortificado con hierro.

Parámetro	Unidades	Valor obtenido*	Valor de referencia**
Coliformes totales	No bacterias /g	<3	<1
Coliformes fecales	No bacterias /g	<3	<1
Mesófilos	UFC/g	3800	10000
Recuento de hongos y levaduras	UFC/g	<10	-
Recuento de estafilococo cuagulasa	UFC/g	<100	<100
Salmonella/25g	Positivo/Negativo	Negativo	Ausencia

*Fuente: Laboratorios especializados Universidad de Nariño.

**Fuente: Ministerio de Salud y Protección Social (2011) y Ministerio de Salud de Chile (1996).

7. CONCLUSIONES

Es posible emplear arveja en la elaboración de alimentos infantiles tipo papilla en porcentajes no mayores al 6,5% dentro de la formulación general en combinación con cereales como el arroz y otros ingredientes que mejoran la palatabilidad del producto como la vainilla y que son agradables para los consumidores finales.

El empleo de sulfato ferroso para fortificar el alimento infantil de este estudio genera cambios perceptibles de color y además ocasiona alteraciones de pH y acidez durante el almacenamiento, debido a la acción catalizadora del hierro sobre el desarrollo de la reacción de Maillard, en una mayor proporción que el hierro aminoquelado. Por lo tanto, la sal de hierro adecuada para fortificar el alimento es hierro aminoquelado.

Para reducir la concentración inicial de microorganismos mesófilos y obtener un alimento de buena calidad de acuerdo con la normativa colombiana vigente es necesario someter el alimento a 85°C durante 13 minutos lo que equivale a 0,45D. La evaluación sensorial del alimento infantil pasteurizado, permitió atribuir un periodo de 12 días de vida útil bajo condiciones de refrigeración.

La caracterización fisicoquímica del alimento infantil arrojó valores de 6.88, 12.0°Brix y 0.11% de ácido láctico para para pH, sólidos solubles y acidez y 1,081 g/mL y 8930,7 cP, para densidad y viscosidad, respectivamente.

El alimento obtenido se puede catalogar como alto en hierro y buena fuente de proteína aportando el 23% y 14% de la ingesta diaria recomendada, respectivamente de acuerdo con la normativa colombiana vigente.

8. RECOMENDACIONES

Realizar un estudio que permita incluir en la fortificación otras sales de hierro con el fin de evaluar su efecto sobre la matriz alimentaria en cuestión.

Evaluar un tratamiento más severo para incrementar el tiempo de vida útil del producto como la esterilización, debido a las características fisicoquímicas del alimento que permiten el desarrollo de reacciones de degradación y el crecimiento microbiano.

Realizar un estudio de factibilidad económica y de mercados para determinar la viabilidad en la producción comercial del alimento infantil.

Seguir realizando estudios que busquen generar valor agregado a una materia prima tan importante para el departamento de Nariño como lo es la arveja, incluyéndola en nuevos procesos de transformación.

BIBLIOGRAFIA

ÁLVAREZ HENAO, María Victoria , Sandra Irene Serna García, y María Eugenia Villada Ramírez Villada Ramírez. *Papilla de arroz instantánea para niños de 12 a 36 meses fortificada con micronutrientes: Una alternativa para la alimentación infantil*. Caldas, Antioquia: Corporación Universitaria Lasallista, Ingeniería de Alimentos, Especialización en Alimentación y nutrición, 2012.

ICBF. «Bienestarina. Instituto Colombiano de Bienestar Familiar.» Bogota DC, 2008.

LACASA GODINA, Antonio. *Ciencia de la leche, principios de tecnica lechera*. Barcelona: Reverte S.A., 2003.

LAROUSSE, y L S. *Diccionario Manual de la Lengua Española Vox*. 2007.

RAMPILLI, M, y R ANDREINI. «Evaluation of colour components in sterilized milk.» *Ital. J. Food Sci*, 1992: 4, 285-291.

SAÑUDO, S, O CHECA, y M ARTEAGA. «Manejo agronomico de leguminosas en zonas cerealistas: La arveja.» *Fenalce, Universidad de Nariño, Profiza, Corpoica y Corpocebada* (Fenalce, Universidad de Nariño, Profiza, Corpoica y Corpocebada), 1999: pp 98.

VAGAS DELGADO, Fernando, y SALAS VALERIO, Francisco. «Caracterización reológica de papillas alimenticias para niños de corta edad.» *Canales científicos Unalm*, 2001: Vol 47, pp 64 - 81.

VELA GUTIERREZ, Guilber. «Impacto nutricional y sensorial de un alimento infantil (papilla) adicionado con lactosuero.» *Avances en seguridad alimentaria y nutricional*, 2009: Vol 1, pp 31- 36.

ANEXOS

Anexo A. Formato de prueba de medición del grado de satisfacción y codificación

Nombre: _____ **Fecha:** _____

Producto: ALIMENTO INFANTIL (PAPILLA) CON ARVEJA

Pruebe las muestras que se presentan a continuación. Por favor marque con una X el renglón que indique su opinión según la escala acerca de cada una.

MUESTRAS

ESCALA	241	313	652	465	854
Me gusta demasiado					
Me gusta mucho					
Me gusta					
Ni me gusta ni me disgusta					
Me disgusta					
Me disgusta mucho					
Me disgusta demasiado					

Comentarios _____

MUCHAS GRACIAS

Codificación de las muestras para la medición del grado de satisfacción

PORCENTAJE DE ARVEJA	CÓDIGOS
85%	313
67,5%	854
50%	241
32,5%	652
15%	465

Anexo B. Formato de prueba dúo- trío y codificación

Nombre: _____ **Juez N°** ____ **Fecha:** _____

Frente a usted hay una muestra de referencia marcada con **R**, y dos muestras codificadas. Una de las muestra es idéntica a **R**, y la otra es diferente. Por favor escriba el código de la muestra diferente.

CODIGO DE LA MUESTRA DIFERENTE _____

COMENTARIOS: _____

MUCHAS GRACIAS

Codificación de las muestras para la prueba dúo-trío

FUENTE DE HIERRO	CÓDIGOS
Hierro aminoquelado	864 y 275
Sulfato ferroso	600 y 121

Anexo C. Formato Test de valoración numérica

Nombre: _____ Fecha: _____

Por favor pruebe primero la muestra codificada y compárela con la muestra de referencia "**R**". Marque con una X el lugar de la escala donde usted crea que corresponde la intensidad de cada propiedad. Los valores positivos representan una mayor intensidad del atributo y los negativos una disminución del atributo con respecto a **R**

ATRIBUTO	MENOS QUE R		R	MAS QUE R	
	-2	-1	0	1	2
SABOR METALICO					
COLOR					

COMENTARIOS _____

MUCHAS GRACIAS

Anexo D. Tabla A-1 del libro de Anzaldúa (1994) para el análisis de la prueba dúo-trío

162 *Análisis sensorial en el desarrollo y control de la calidad de alimentos*

Tabla A-1 Número de jueces requerido, en una prueba de comparación apareada o dúo-trío, para emitir juicios correctos, con tres niveles de significación diferentes (prueba de una cola). Nota: no es válido para pruebas de preferencia.

Número de jueces	Nivel de significación		
	5%	1%	0,1%
7	7	7	—
8	7	8	—
9	8	9	—
10	9	10	10
11	9	10	11
12	10	11	12
13	10	12	13
14	11	12	13
15	12	13	14
16	12	14	15
17	13	14	16
18	13	15	16
19	14	15	17
20	15	16	18
21	15	17	18
22	16	17	19
23	16	18	20
24	17	19	20
25	18	19	21
26	18	20	22
27	19	20	22
28	19	21	23
29	20	22	24
30	20	22	24
31	21	23	25
32	22	24	26
33	22	24	26
34	23	25	27
35	23	25	27
36	24	26	28
37	24	26	29
38	25	27	29
39	26	28	30
40	26	28	30
41	27	29	31
42	27	29	32
43	28	30	32
44	28	31	33
45	29	31	34
50	32	34	37