



Universidad y Salud  
ARTÍCULO ORIGINAL

## Diseño de un alimento infantil listo para consumir fortificado con hierro a base de arveja (*Pisum sativum*)

Design of a ready-to-eat child food fortified with pea-based iron (*Pisum sativum*)

Zulma Villaquirán<sup>1</sup> [orcid.org/0000-0003-1456-0685](https://orcid.org/0000-0003-1456-0685)

Paola Burbano<sup>1</sup> [orcid.org/0000-0001-5412-682X](https://orcid.org/0000-0001-5412-682X)

Oswaldo Osorio-Mora<sup>1\*</sup> [orcid.org/0000-0002-0160-1815](https://orcid.org/0000-0002-0160-1815)

Andrés Felipe Cerón-Cardenas<sup>1</sup> [orcid.org/0000-0002-4548-4243](https://orcid.org/0000-0002-4548-4243)

Mauricio Alexander Bucheli-Jurado<sup>1</sup> [orcid.org/0000-0003-0743-3573](https://orcid.org/0000-0003-0743-3573)

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Universidad de Nariño. San Juan de Pasto, Colombia

Fecha de recepción: Mayo 24 - 2017      Fecha de revisión: Septiembre 22 - 2017      Fecha de aceptación: Diciembre 21 - 2017

Villaquirán Z, Burbano P, Osorio-Mora O, Cerón-Cardenas AF, Bucheli-Jurado MA. Diseño de un alimento infantil listo para consumir fortificado con hierro a base de arveja (*Pisum sativum*). *Univ. Salud.* 2018;20(1):4-15. DOI: <http://dx.doi.org/10.22267/rus.182001.104>

### Resumen

**Introducción:** La deficiencia de hierro es uno de los problemas nutricionales más prevalentes a nivel mundial y afecta principalmente a la población vulnerable como niños menores de 5 años. Los alimentos fortificados de consumo infantil hacen parte de las estrategias de intervención y se elaboran a partir de la mezcla ingredientes como cereales, frutas, leguminosas, entre otros. La arveja, es una leguminosa que puede ser empleada con el fin de aprovechar sus propiedades nutricionales. **Objetivo:** Diseñar un alimento infantil con arveja (*Pisum sativum*) listo para consumir, fortificado con hierro e higienizado por pasteurización. **Materiales y métodos:** Se seleccionó el porcentaje de arveja adecuado en el alimento mediante análisis sensorial. La selección de la sal de hierro se realizó mediante análisis fisicoquímico y sensorial empleando sulfato ferroso y hierro aminoquelado. Posteriormente se evaluó el crecimiento de microorganismos mesófilos con el fin de seleccionar el tratamiento térmico de pasteurización. La evaluación de vida útil se llevó a cabo a través de pruebas sensoriales. Finalmente se realizó la evaluación fisicoquímica, composicional y microbiológica del alimento higienizado. **Resultados:** La adición de arveja en porcentajes no mayores al 6,5% dentro de la formulación del alimento resultó aceptable para los padres de niños menores de 5 años. Por otra parte la sal seleccionada por generar menos cambios sobre el color y la acidez del alimento durante el almacenamiento fue hierro aminoquelado. Los resultados de tratamiento térmico mostraron que para reducir la concentración inicial de mesófilos y obtener un alimento de buena calidad de acuerdo con la normativa colombiana vigente fue necesario someter el alimento a 85°C durante 13 minutos (0,45 D), con lo que se consiguió mantener la calidad inicial del alimento durante 12 días bajo refrigeración. **Conclusiones:** El alimento desarrollado cumple con los criterios sensoriales y microbiológicos exigidos en la normativa colombiana vigente y es apto para el consumo, además se puede catalogar como alto en hierro y buena fuente de proteína, aportando el 25% y el 15% de la recomendación diaria en Colombia respectivamente.

**Palabras clave:** Alimentos infantiles; requerimientos nutricionales; alimentos fortificados; guisante; pasteurización; vida útil de los alimentos. (Fuente: DeCS, Bireme).

### Abstract

**Introduction:** Iron deficiency is one of the most prevalent nutritional problems at the global level which mainly affects the vulnerable population as children under 5 years of age. Fortified foods of child consumption are part of the intervention strategies, which are made from the mixture of ingredients such as cereals, fruits, legumes, among others.

\*Autor de correspondencia

Oswaldo Osorio Mora

e-mail: [osorio\\_oswaldo@hotmail.com](mailto:osorio_oswaldo@hotmail.com)

Pea is a legume that can be used in order to take advantage of its nutritional properties. **Objective:** To design a ready-to-eat child food with peas (*Pisum sativum*), fortified with iron and sanitized by pasteurization. **Materials and methods:** The appropriate percentage of peas in the food was selected by sensory analysis. The selection of iron salt was made by physicochemical and sensory analysis using ferrous sulphate and chelate iron. Subsequently, the growth of mesophilic microorganisms was evaluated in order to select the pasteurization heat treatment. The useful life evaluation was carried out through sensory tests. Finally, the physico-chemical, compositional and microbiological evaluation of the sanitized food was implemented. **Results:** The addition of peas in percentages not greater than 6.5% within the food formulation was acceptable for parents of children under 5. On the other hand, the selected salt to generate less changes on the color and acidity of the food during storage was chelate iron. The results of heat treatment showed that for reducing the initial concentration of mesophiles and obtaining a good quality food according to the Colombian regulations in force, it was necessary to submit the food to 85 °C for 13 minutes (0.45 D), which managed to maintain the initial quality of the food for 12 days under refrigeration. **Conclusions:** The developed food complies with the sensory and microbiological criteria demanded in the Colombian regulations in force and is suitable for consumption. Besides, it can be catalogued as high in iron and a good source of protein, contributing with 25% and 15% of the daily recommendation in Colombia, respectively.

**Keywords:** Infant food; nutritional requirements; food, fortified; peas; pasteurization; food storage. (Source: DeCS, Bireme).

## Introducción

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, generalmente es comercializada en fresco, deshidratada o enlatada<sup>(1)</sup>. Recientemente se han realizado estudios destinados a aprovechar sus características nutricionales, entre ellos deshidratación o secado<sup>(2)</sup>, elaboración de chips<sup>(3)</sup>, galletas<sup>(4)</sup>, bebidas<sup>(5)</sup>, alimentos complementarios en polvo<sup>(6)</sup>, snacks<sup>(7)</sup>, mayonesa<sup>(8)</sup>, entre otros.

Los productos fortificados o enriquecidos, son aquellos a los que se ha adicionado entre el 10% y 100% del valor de referencia para vitaminas, minerales, proteínas y fibra dietaria. Si el nutriente adicionado cubre del 10 al 19% del valor de referencia el alimento se declara “alto en” determinado nutriente o “buena fuente de” si contiene más del 20%, de acuerdo con la normativa colombiana vigente<sup>(9)</sup>. En Colombia las principales matrices utilizadas en la fortificación voluntaria son los cereales para desayuno, las pastas y las bebidas, siendo las vitaminas A, C y B1 y los minerales hierro, zinc y calcio los nutrientes más adicionados<sup>10</sup>. En cuanto a la fortificación con hierro, se han desarrollado productos que incluyen refrescos de fruta<sup>(11)</sup>, yogurt<sup>(12)</sup>,

suplementos alimenticios (papillas y bebidas)<sup>(13)</sup>, fórmulas infantiles<sup>(14)</sup>, entre otros. También se han realizado estudios de fortificación con hierro sobre matrices vegetales como trozos de calabaza procesados como snacks<sup>(15)</sup>.

Los alimentos complementarios (papillas con cereales, productos listos para consumo y alimentos enriquecidos) se definen 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. Los ingredientes idóneos para la preparación de los mismos incluyen 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<sup>(16-19)</sup>. Sin embargo, los alimentos complementarios de origen predominantemente vegetal, generalmente no proveen suficiente cantidad de ciertos nutrientes (especialmente hierro, zinc y calcio) para cubrir las ingestas recomendadas entre los 6 y 24 meses de edad y la fortificación ha resultado ser la estrategia más adecuada para corregirlo, con inconvenientes tanto en la elección del alimento a fortificar como en el compuesto adecuado para hacerlo, por cuanto en general aquellos compuestos con buena biodisponibilidad generan reacciones adversas sobre las características sensoriales del alimento ocasionando cambios indeseables para el consumidor<sup>(20,21)</sup>.

El objetivo del presente estudio fue desarrollar un alimento infantil pasteurizado tipo papilla a partir de arveja, fortificado con hierro, dirigido a niños menores de 5 años como alternativa de alimentación infantil y de aprovechamiento de esta leguminosa. El alimento fue diseñado mediante evaluación sensorial, fisicoquímica y microbiológica teniendo en cuenta la normativa colombiana vigente.

## Materiales y métodos

**Localización.** La investigación se desarrolló en el Laboratorio de investigación en Calidad y Conservación de Alimentos y Planta Piloto de la Universidad de Nariño.

**Materia prima.** Se utilizaron semillas de arveja fresca (*P. sativum*) adquiridas en un supermercado local ubicado en la ciudad de Pasto, cuya selección y clasificación se realizó de acuerdo con la norma técnica colombiana NTC 1250<sup>(22)</sup>. Para la formulación de la papilla se utilizó agua potable, arroz, leche descremada en polvo, azúcar y vainilla de marca comercial.

**Elaboración del alimento infantil.** Se utilizó arveja verde (Av) y arroz (Az) como materias primas, donde la mezcla de los mismos constituyó el 13% de la mezcla total. Las etapas a seguir para su elaboración fueron:

- Se pesó los ingredientes según los porcentajes establecidos para agua (78%), leche descremada en polvo (3%), azúcar (5,4%) y esencia de vainilla (0,6%);
- Se sometió la Av y Az a un proceso de cocción en agua a 92°C durante 34 y 30 minutos, respectivamente en una relación Av: Agua de 1:10 y Az: Agua de 1:7;
- Se mezclaron Az, Av, agua, leche y azúcar y se trituraron por 5 minutos en una licuadora convencional, la mezcla obtenida se filtró manualmente empleando una malla de acero inoxidable de 0,5 mm de diámetro;
- Se sometió la mezcla a cocción a 92°C durante 2 minutos con agitación constante;
- Se adicionó esencia de vainilla al finalizar la cocción;

- El alimento se enfrió hasta 30°C para las etapas posteriores de fortificación, pasteurización, envasado en recipientes estériles de 125 mL y almacenamiento a 4°C.

**Evaluación del contenido de arveja.** Se evaluó cinco porcentajes de arveja en el alimento (2,0%, 4,2%, 6,5%, 8,8% y 11,0%) teniendo en cuenta que el 13% de la mezcla total debía corresponder a Av y Az. Se establecieron los límites de acuerdo con análisis sensoriales previos. En una primera etapa, se evaluó la aceptabilidad global de 5 formulaciones diferentes sin fortificar mediante una prueba afectiva con escala hedónica de siete puntos (7=me gusta demasiado; 1=me disgusta demasiado), empleando un panel de 35 jueces no entrenados conformado por padres, madres y personas a cargo de niños de 6 meses a 2 años, dada la dificultad que representa realizar este tipo de análisis con consumidores de corta edad, con la intención de seleccionar el porcentaje de Av adecuado en el alimento.

**Selección de la sal de hierro.** Se empleó un diseño unifactorial categórico completamente aleatorizado con tres niveles; evaluando el efecto de sulfato ferroso (S) y hierro aminoquelado (A) sobre las características fisicoquímicas (pH, acidez, sólidos solubles, densidad, actividad de agua y viscosidad), físicas de color utilizando el sistema CIE con coordenadas L\*, a\*, b\* (L=luminosidad de negro a blanco, a=de rojo a verde y b=gradiente de azul) y sensoriales del alimento, además de su influencia sobre las características fisicoquímicas (pH, acidez, sólidos solubles) del mismo durante el almacenamiento a 4°C. Las pruebas fisicoquímicas se realizaron empleando las técnicas establecidas para este tipo de productos por Cenzano y De Marchi *et al.*<sup>(23,24)</sup>.

La fortificación se llevó a cabo adicionando 6 mg y 9,6 mg de S y A, respectivamente por cada porción de 125 gramos del alimento, teniendo en cuenta la concentración de hierro en S (20%) y A (25%) de acuerdo con las fichas técnicas de las sales.

La evaluación sensorial se desarrolló empleando un panel de 10 jueces entrenados, siguiendo la metodología expuesta en la normativa vigente (GTC 245 de 2013)<sup>(25)</sup>. Se aplicó una prueba dúo

trío para detectar posibles diferencias entre las sales de hierro empleadas y un test de valoración numérica entre las muestras fortificadas y el control, mediante la cuantificación de diferencias sensoriales para los atributos de sabor (metálico) y color. Adicionalmente, se realizó el análisis del contenido de hierro sobre el alimento sin fortificar y fortificado con la sal seleccionada.

**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.

**Determinación de vida útil.** Se evaluó la aceptación global del alimento durante los días 0, 7 y 14 de almacenamiento empleando un panel entrenado de 10 personas, mediante una escala hedónica de siete puntos (7=me gusta demasiado; 1=me disgusta demasiado), estableciendo como valor crítico sensorial un puntaje de 4 (no me gusta ni me disgusta)<sup>(26)</sup>. El cálculo del tiempo de vida útil se realizó mediante regresión lineal de los datos obtenidos.

Se evaluó el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos de pH, acidez, sólidos solubles, viscosidad y color (L, a, b y  $\Delta E$  (cambio de color)) durante el almacenamiento para establecer los valores críticos en el tiempo de vida útil determinado.

**Análisis microbiológico.** En laboratorios especializados de la Universidad de Nariño se llevó a cabo el análisis de aerobios mesófilos (siembra en profundidad), mohos y levaduras (siembra en profundidad), coliformes fecales y totales (tubos múltiples), *Salmonella* (aislamiento e identificación) y *Estafilococo* coagulasa (siembra en superficie), de acuerdo con los métodos establecidos en las normas técnicas colombianas vigentes.

**Análisis fisicoquímico.** Se realizó el análisis de pH usando un pH metro JENWAY 3510, acidez mediante titulación, sólidos solubles empleando

un refractómetro ATAGO con escala de 0-53°Brix, densidad mediante el método del picnómetro, viscosidad empleando un viscosímetro Brookfield modelo DV3T LV aguja LV-03(63) a 10 rpm durante 50 segundos y actividad de agua con un medidor de actividad acuosa Rotronic HigróLab. Las pruebas fisicoquímicas se realizaron empleando las técnicas establecidas para este tipo de productos<sup>(23,24)</sup>. Las mediciones se efectuaron por triplicado.

**Análisis físico.** Para la evaluación del color se empleó un espectrofotómetro Konica Minolta, CM-5. Los parámetros evaluados corresponden a: croma (C), tono (h) y cambio de color ( $\Delta E$ ) a partir de las coordenadas L, a y b como lo describen otros autores<sup>(27)</sup> y efectuando las mediciones por triplicado para cada tratamiento.

**Análisis bromatológico.** Se cuantificó humedad, cenizas, extracto etéreo, fibra cruda, contenido de proteína, energía y de hierro. Los métodos empleados para ello fueron los determinados por el laboratorio (termogravimetría, extracción soxhlet, digestión ácido base, Kjeldhal, calorimetría y oxidación húmeda, de acuerdo con protocolos de la AOAC y adaptados)

**Análisis estadístico.** Se empleó el análisis de varianza (ANOVA) y test de Tukey ( $p < 0,05$ ) para identificar diferencias significativas entre los porcentajes de arveja, las sales de hierro y las variables fisicoquímicas evaluadas durante el almacenamiento. Además, se realizó análisis de regresión para los datos obtenidos en la selección del tratamiento térmico y en el estudio de vida útil. El análisis de los datos se desarrolló con el software Statgraphics Centurion XVI.

## Resultados

**Evaluación del contenido de arveja en la formulación.** De acuerdo con la evaluación sensorial, un contenido de arveja mayor al 6.5% en la formulación del alimento disminuye su aceptabilidad. El análisis de medias demuestra que el porcentaje más alto de arveja (11,0%) es significativamente diferente al resto de las muestras por lo cual fue descartado (Tabla 1).

**Tabla 1.** Calificación promedio asignada por los padres al alimento infantil según el porcentaje de arveja empleado

% Arveja	Calificación promedio* ± D.E.**
2,0	4,8±1,0 ab
4,2	4,8±1,0 ab
6,5	5,2±1,0 a
8,8	4,5±1,0 b
11,0	3,3±0,8 c

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

\*\*DE=Desviación Estándar

Por lo tanto, el porcentaje seleccionado fue 6,5% de arveja con base a la mezcla total, siendo este tratamiento el mejor valorado por los adultos y con un mayor porcentaje de leguminosa con respecto a las muestras restantes.

**Selección de la sal de hierro.** Las variables fisicoquímicas evaluadas no se mostraron afectadas significativamente por la adición de alguna sal con respecto al control el día cero de

almacenamiento, mientras que todos los parámetros de color analizados presentaron diferencias estadísticamente significativas entre las sales de hierro y el blanco, siendo S la sal que los afectó en mayor medida (Tabla 2).

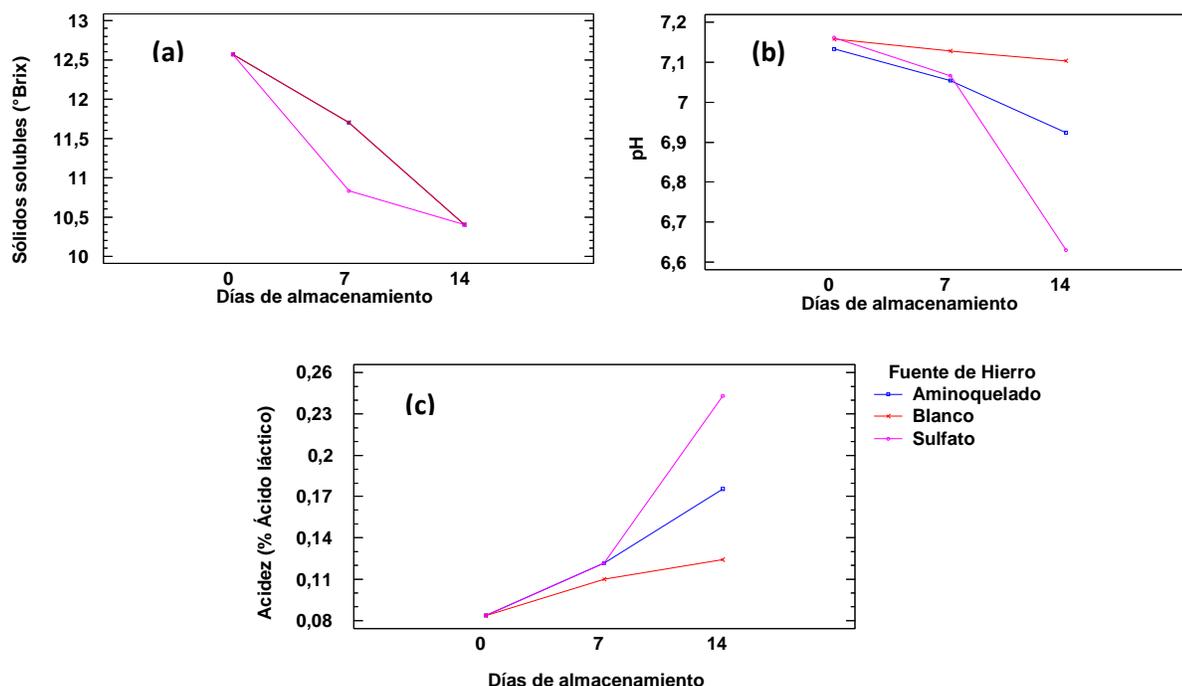
**Tabla 2.** Parámetros de color L, a y b del alimento infantil (Promedios±D.E\*)

Parámetro	Blanco	A	S
L	62,22±0,07 <sup>a</sup>	57,97±0,07 <sup>b</sup>	56,53±0,07 <sup>c</sup>
a	-2,88±0,02 <sup>a</sup>	-3,40±0,01 <sup>b</sup>	-3,47±0,04 <sup>c</sup>
b	21,84±0,05 <sup>a</sup>	16,79±0,03 <sup>b</sup>	14,94±0,13 <sup>c</sup>

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

\*D.E=Desviación Estándar. Nota: Blanco: sin fortificar; A: con hierro aminoquelado; S: con sulfato ferroso.

Durante los 14 días de almacenamiento se evidenció una disminución significativa de SST y pH en todos los tratamientos que con el consecuente aumento de acidez (Figura 1) reflejó la presencia de actividad metabólica celular.



**Figura 1.** Efecto de la fuente de hierro sobre: (a) el contenido de sólidos solubles, (b) pH, y (c) acidez del alimento infantil durante el almacenamiento

Además, el análisis de varianza mostró que las sales no afectaron significativamente el contenido

de sólidos solubles durante el almacenamiento pero sí los valores de pH y acidez (Tabla 3).

**Tabla 3.** Parámetros fisicoquímicos del alimento infantil evaluados durante el almacenamiento

Parámetro	Blanco	A	S
SST(°Brix)	11,6±1,2 a	11,6±1,2 a	11,3±1,1 a
pH	7,1±0,1 a	7,0±0,1 b	6,9±0,2 c
Acidez (%)	0,11±0,02 c	0,13±0,04 b	0,15±0,07 a

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

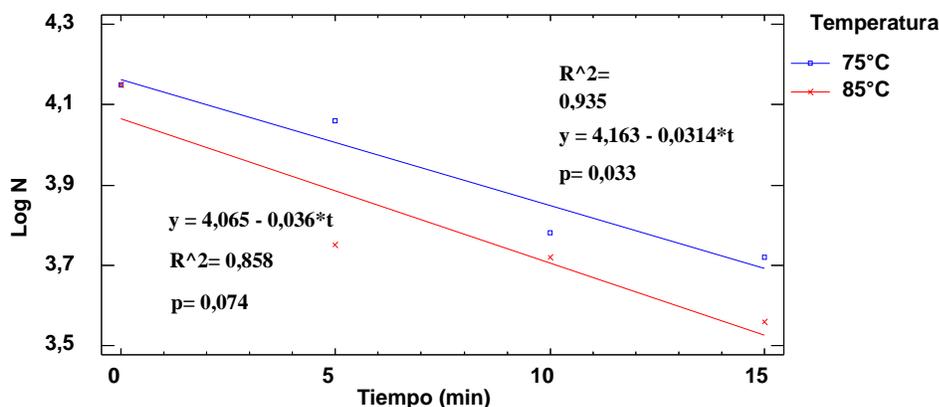
\*D.E=Desviación Estándar. Blanco: sin fortificar; A: con hierro aminoquelado; S: con sulfato ferroso (Promedios±D.E\*).

De acuerdo con los resultados de la prueba dúo trío ( $p < 0,05$ ) los jueces lograron identificar diferencias entre los alimentos con S y A. La cuantificación de dichas diferencias mediante el test de valoración numérica arrojó valores promedio de  $10 \pm 2$  para el alimento con S y  $10 \pm 1$  para el alimento con A, en cuanto al atributo de sabor metálico con respecto al alimento sin fortificar, cuyo valor de referencia fue 10. Esto indica que con la cantidad de hierro empleada no se detectó el sabor metálico de las sales. Sin embargo, los valores asignados al atributo de color para la papilla con S ( $15 \pm 2$ ) y con A ( $16 \pm 2$ ) demostraron que las sales afectan el color del alimento incrementando la intensidad del mismo.

Con los análisis realizados se puede deducir que la sal adecuada para fortificar el alimento infantil es A, puesto que a pesar de ocasionar alteraciones sobre el color, la acidez y el pH del alimento durante el almacenamiento, lo hace en menor medida que S al ser una sal de hierro protegida que no interactúa en gran medida con la matriz alimentaria, incluso al incluirla en un porcentaje mayor.

Adicionalmente, los resultados del análisis de contenido de hierro arrojaron valores de 0,25 mg de hierro/porción para el alimento sin fortificar y de 2,75 mg de hierro/porción para el alimento fortificado con hierro aminoquelado.

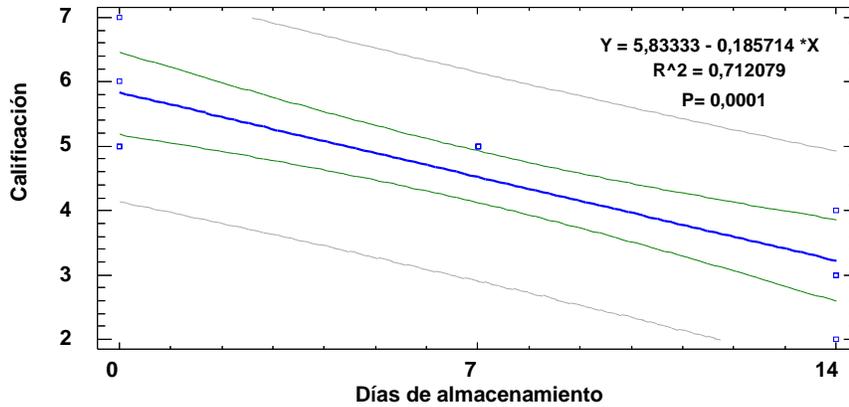
**Selección del tratamiento térmico.** Los valores de D (condiciones necesarias para disminuir la población de microorganismos al 10%) obtenidos indican que al someter el alimento 32 minutos a  $75^\circ\text{C}$  ( $D_{75^\circ\text{C}}$ ) o 28 minutos a  $85^\circ\text{C}$  ( $D_{85^\circ\text{C}}$ ) se reduce la cantidad de microorganismos a la décima parte del valor inicial. (Figura 2).

**Figura 2.** Gráfico de supervivencia de Mesófilos aerobios para dos temperaturas de pasteurización del alimento infantil

El tiempo de tratamiento térmico se determinó empleando la ecuación aplicada por Encina *et al.*<sup>(28)</sup>. Los resultados del cálculo demuestran que es necesario someter el alimento a tratamiento térmico durante 13 minutos ( $75^\circ\text{C}$ ) o 14 minutos ( $85^\circ\text{C}$ ), lo que equivale a 0,45 D para disminuir la carga de hasta 5000 UFC/mL y obtener un alimento de buena calidad. De acuerdo con las características básicas del alimento se seleccionó

el tratamiento térmico  $85^\circ\text{C}$  durante 13 minutos para los análisis posteriores.

**Determinación de vida útil.** En la Figura 3 se observa la regresión lineal aplicada sobre los resultados obtenidos para aceptabilidad durante los 14 días de almacenamiento. Al reemplazar el valor crítico en la ecuación se obtuvo una vida útil de 12 días.

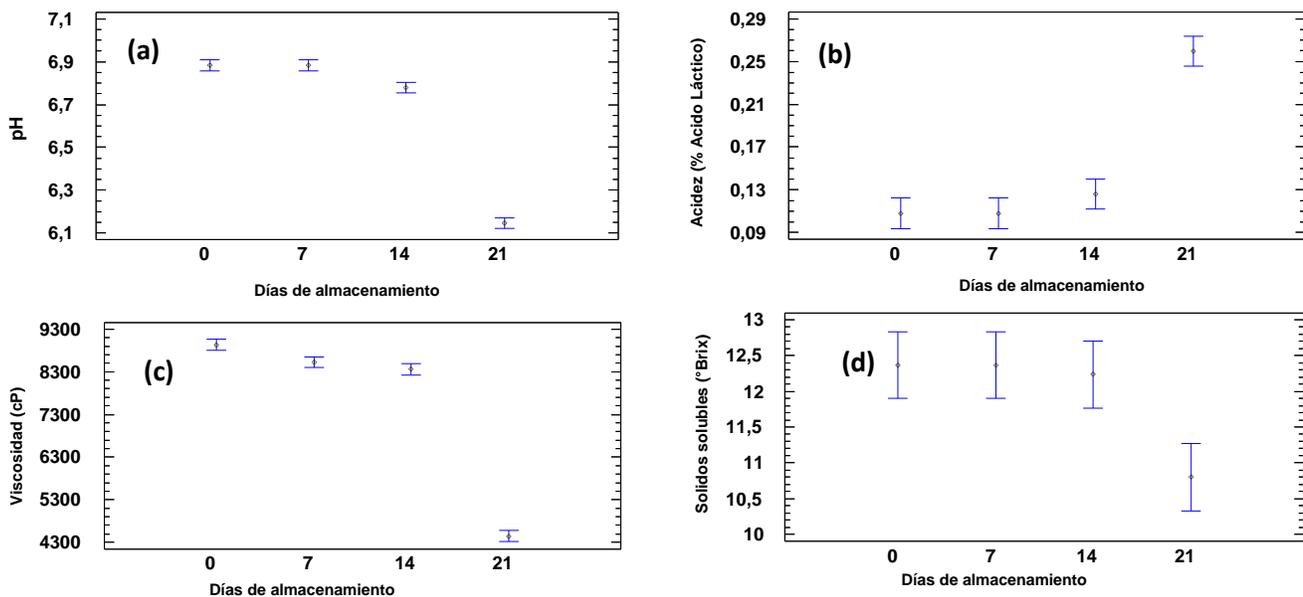


**Figura 3.** Regresión lineal de aceptabilidad del alimento infantil durante el almacenamiento

Los datos obtenidos en la evaluación fisicoquímica y de color se ajustaron mejor a los siguientes modelos: cuadrado doble de X para pH, sólidos solubles, viscosidad, L y b; cuadrado de X para cuadrado de X-inverso de Y para acidez.

Con los modelos ajustados fue posible realizar los cálculos predictivos al cabo de 12 días para pH (6,73), acidez (0,12 % ac. láctico), sólidos solubles (12,06°Brix), viscosidad (8010,41 cP), L (60,14), a (-0,48), b (24,01) y ΔE (1,54) Se presentaron diferencias significativas luego del día 7 para pH

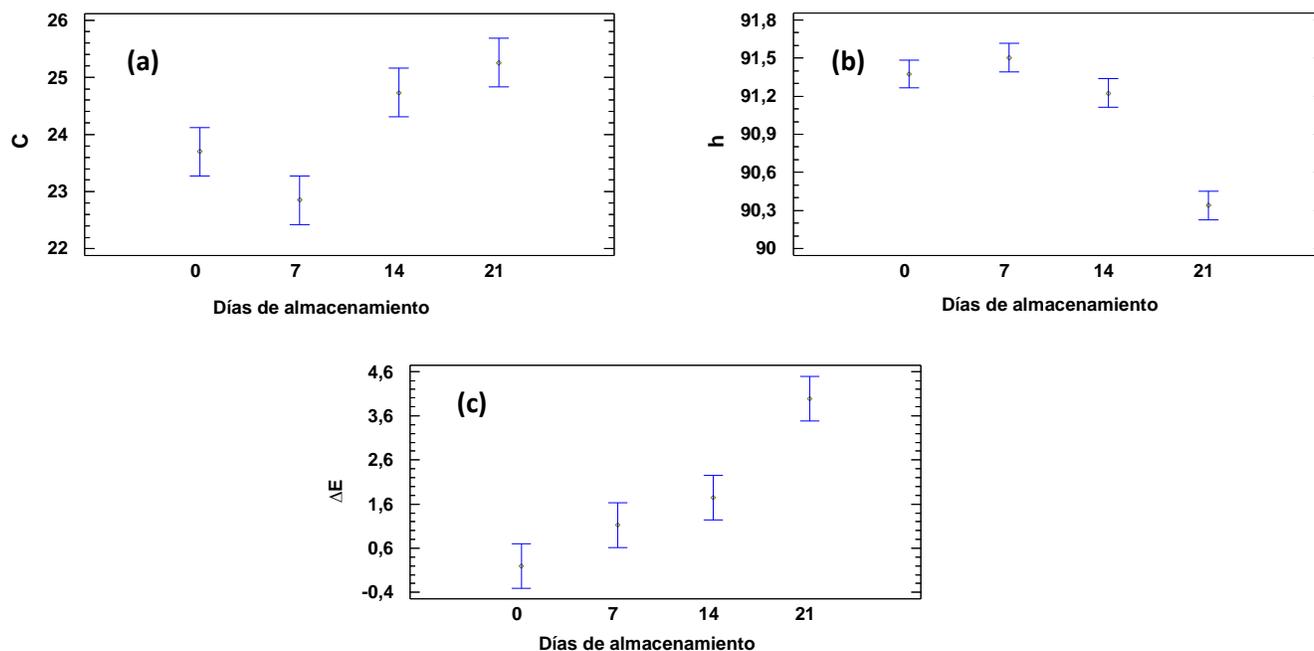
(Figura 4a) y luego del día 14 para acidez (Figura 4b) y sólidos solubles (Figura 4c), evidenciando un comportamiento similar al presentado en la evaluación de las sales de hierro (Figura 1), que en conjunto con los resultados para microorganismos mesófilos confirman que las variaciones de estos parámetros se atribuyen principalmente al crecimiento de microorganismos, aunque en menor medida al aplicar un tratamiento térmico de pasteurización. La viscosidad disminuyó significativamente luego del día cero (Figura 4d).



**Figura 4.** Efecto del tiempo de almacenamiento sobre: (a) pH, (b) acidez, (c) viscosidad y (d) sólidos solubles del alimento infantil pasteurizado

**Análisis físico.** (Figura 5) Los valores de cromaticidad (C) (Figura 5a) y cambio de color  $\Delta E$  (Figura 5c) mostraron una tendencia a aumentar durante el almacenamiento, mientras que el tono (h) disminuyó significativamente (Figura 5b). El aumento en la intensidad cromática (C), que se

relaciona con la saturación de los tonos grises, indica que hubo una disminución en la pureza del color entre los días 7 y 21 de almacenamiento. En general, luego del día 14 se observó una variación significativa de color y deterioro en el tono del alimento.



**Figura 5.** Efecto del tiempo de almacenamiento sobre los parámetros de color: (a) C; (b) h y (c)  $\Delta E$  del alimento infantil pasteurizado

**Análisis fisicoquímico.** La caracterización fisicoquímica del alimento infantil arrojó valores de 6,88, 12,0°Brix y 0.11% para para pH, sólidos solubles y acidez (expresada en % de ácido láctico) y de 1.081 g/mL y 8930.7 cP, para densidad y viscosidad, respectivamente. La actividad acuosa fue de 97%.

**Análisis bromatológico.** Los resultados del análisis bromatológico del alimento infantil pasteurizado se muestran en la Tabla 4.

**Análisis microbiológico.** Los resultados del análisis microbiológico demostraron que el alimento cumple con las especificaciones establecidas en la normativa colombiana vigente<sup>(29)</sup> para Coliformes totales (<3 bacterias/g), Coliformes fecales (<3 bacterias/g), Mesófilos (3800 UFC/g), Hongos y levaduras (<10 UFC/g),

Estafilococo coagulasa (<100 UFC/g) y Salmonella (Negativo/25 g).

**Tabla 4.** Composición proximal del alimento pasteurizado (% en base húmeda), contenido de hierro (mg/100 g) y energía (kcal/100 g)

Parámetro	Valor
Humedad	82,8
Materia seca	17,2
Hierro	2,2
Ceniza	0,34
Extracto etéreo	0,02
Fibra cruda	0,11
Proteína	2,02
Extracto no nitrogenado	14,7
Energía	74

## Discusión

Al evaluar el contenido de arveja en la formulación del alimento, el 80% de los jueces concordaron en que los atributos afectados por ella que más disgustaron fueron el color verde y la consistencia. Lo anterior se puede atribuir a que las muestras con mayor contenido de arveja se tornan más fluidas, debido a que disminuye el contenido de almidón de arroz que actúa como espesante. Resultados similares se obtuvieron en papillas elaboradas con harina de trigo<sup>(17)</sup> donde la aceptabilidad general disminuyó en aquellas con menor viscosidad.

El comportamiento de los parámetros fisicoquímicos evaluados durante el almacenamiento como el incremento de sólidos solubles, la disminución de pH y el consecuente aumento de acidez en todos los tratamientos, se atribuye principalmente a las reacciones de deterioro causadas por el crecimiento de microorganismos, el consumo de azúcares y la producción de metabolitos de naturaleza ácida<sup>(30)</sup>.

Por otra parte, teniendo en cuenta que la matriz alimentaria cuenta con las características y los componentes adecuados para el desarrollo de la reacción de Maillard, el efecto significativo de las sales sobre el pH y la acidez del alimento durante el almacenamiento se podría atribuir a la desaparición de los grupos amino básicos y la aparición de productos finales de ésta reacción que presentan una naturaleza ácida como las melanoidinas<sup>(31)</sup>, pues se ha demostrado que la presencia de iones de hierro ( $\text{Fe}^{2+}$ ) incrementa la velocidad de acumulación de las mismas<sup>(32-34)</sup>.

El sulfato ferroso demostró ser el compuesto que afectó en mayor medida la acidez y los parámetros de color del alimento, debido a que se trata de un compuesto soluble en agua de alta biodisponibilidad pero con la desventaja de permitir que el hierro iónico libre interactúe con los componentes del alimento mientras que el hierro aminoquelado es un compuesto protegido que reduce la interacción del metal con los compuestos del alimento y por lo tanto genera menos cambio sobre el color del alimento en comparación con sulfato ferroso<sup>(10)</sup>.

Los resultados del contenido de hierro demostraron que el alimento sin adición de fortificante solo aporta el 2% del valor diario de referencia establecido en la Resolución 0333 de 2011, mientras que con la cantidad de hierro aminoquelado empleada el alimento aporta el 23% de éste valor, por lo tanto el alimento obtenido luego de la fortificación cumple con los requisitos para ser denominado alto en hierro<sup>(9)</sup>. No se debe confundir este valor con la cantidad de hierro absorbida por el organismo (biodisponibilidad), que depende de muchos factores como la cantidad ingerida, la combinación de alimentos entre otros<sup>(10)</sup>, sin embargo se ha demostrado en estudios clínicos desarrollados con niños preescolares que el hierro aminoquelado logra un mayor aumento del contenido de ferritina en la sangre en comparación con el sulfato ferroso<sup>(35)</sup>.

En cuanto a tratamiento térmico (85°C por 13 minutos), el tiempo de retención para este producto se encuentra de 8 a 10 veces por encima del obtenido para otros alimentos como refrescos de fruta<sup>(11,36)</sup> o leche<sup>(37)</sup>, ya que las características del alimento son ideales para el desarrollo microbiano (actividad acuosa, pH, viscosidad) y por lo tanto se deben aplicar tratamientos más severos. Tratamientos similares fueron aplicados en mezclas de mango obteniendo tiempos de pasteurización de 16,02 min a 85°C<sup>(28)</sup> o en algunos productos con pH similar como la pulpa de aguacate (pH 6,7) al aplicar un tratamiento térmico a 65°C x20 min, lo que garantizó un control microbiológico adecuado<sup>(38)</sup>. El tiempo de vida útil del producto (12 días) se encuentra por encima del tiempo promedio de la leche pasteurizada (7 días) y es similar al reportado por otros autores en fórmulas infantiles líquidas elaboradas a base de leche (11 días), al aplicar un tratamiento térmico de 75°C por 15 segundos<sup>(14)</sup>, con un tiempo de retención inferior en comparación con la papilla debido a las características fisicoquímicas de las bebidas como la viscosidad, que al ser menor permite una mayor velocidad de penetración de calor.

La evolución del contenido de sólidos solubles, pH y acidez del alimento pasteurizado durante el almacenamiento demuestra que el tratamiento

térmico permite mantener los valores iniciales de acidez y sólidos solubles durante 14 días (Figura 4) mientras que sin tratamiento se evidenciaron diferencias significativas a partir del día 7 (Figura 1). Sin embargo, la viscosidad disminuyó significativamente luego del día cero debido a la sinéresis, ya que la continua degradación de amilosa a glucosa con el tiempo reduce la viscosidad del producto y afecta de manera negativa su calidad<sup>(39)</sup>.

El incremento de la cromaticidad (C), la disminución del tono (h) y la variación de color ( $\Delta E$ ) del alimento durante el almacenamiento, muestran que la pureza e intensidad del color disminuyen a medida que transcurre el tiempo, resultados similares se reportaron en estudios realizados durante el almacenamiento de frijón<sup>(40)</sup>. Algunos autores atribuyen estos cambios a la degradación de la clorofila a feofitina y otros compuestos con la consecuente pérdida del color verde<sup>(41,42)</sup>. Jang y Lee lo atribuyen a las diversas reacciones que tienen lugar en el producto durante el almacenamiento, entre ellas la desintegración de la estructura de la papilla<sup>(39)</sup>. En este sentido, la variación de los parámetros de color en el alimento infantil se debe principalmente a la desintegración de la matriz alimentaria más que a los efectos de oscurecimiento causados por la reacción de Maillard, pues estos últimos generan un comportamiento opuesto como lo demuestran otros autores<sup>(43,44)</sup>.

El análisis fisicoquímico mostró que el pH se torna básico y la acidez baja debido a la presencia de ingredientes como la leche, lo cual resulta peligroso ya que favorece la proliferación de microorganismos y la evolución de reacciones de degradación como la de Maillard. La actividad de agua presentó valores altos que podrían comprometer la vida útil del alimento, la estabilidad y la calidad microbiológica ya que el crecimiento de la mayoría de bacterias se produce en una actividad de agua por encima de 0,9<sup>(45)</sup>. Los sólidos solubles son similares a los de una compota, como la elaborada a base de gulupa<sup>(46)</sup>. La viscosidad para este tipo de productos presenta un rango de variación muy amplio, se han reportado viscosidades que oscilan entre

1560 y 4797 cP en una compota de aguaymanto<sup>(47)</sup>.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis bromatológico, el alimento cubre el 14% de la ingesta diaria recomendada para proteínas por porción, por lo tanto se puede catalogar como un alimento buena fuente de proteína además de ser un alimento alto en hierro. El aporte energético se encuentra dentro del rango establecido para alimentos a base de cereales para lactantes y niños pequeños, en los cuales el contenido energético no debe ser menor a 0,8 kcal/gr<sup>(48)</sup>. Gracias a que se empleó leche descremada, el contenido de grasa (extracto etéreo) es bajo, aportando el 0,1% de la recomendación diaria.

Finalmente, el alimento también cumple con los requisitos establecidos en normas similares a la colombiana como la chilena<sup>(49)</sup> para papillas y alimentos listos para consumir, lo cual indica que el alimento es seguro para el consumidor siempre que se mantenga bajo las condiciones establecidas de almacenamiento (4°C) y no sobrepase los requisitos de la norma.

## Conclusiones

Es posible emplear arveja en la elaboración de alimentos tipo papilla en porcentajes no mayores al 6,5%, en combinación con cereales y otros ingredientes que mejoran la palatabilidad del producto.

La sal de hierro adecuada para fortificar el alimento infantil es hierro aminoquelado ya que el empleo de sulfato genera cambios perceptibles de color, además ocasiona alteraciones de pH y acidez durante el almacenamiento.

Con respecto al tratamiento térmico, 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 lo que equivale a 0,45 D. Por otra parte, la evaluación sensorial del alimento pasteurizado permitió atribuir un periodo de 12 días de vida útil a 4°C. Finalmente, el alimento obtenido se puede

catalogar como alto en hierro y buena fuente de proteína aportando el 25% y 15% de la ingesta diaria recomendada.

### Fuentes de financiación

Este trabajo ha sido financiado por el Sistema General de Regalías mediante el proyecto "Evaluación de la aptitud de nuevas líneas de arveja (*Pisum sativum* L.) para el procesamiento agroindustrial, actualmente aptas agronómicamente en el Departamento de Nariño".

### Conflicto de intereses

Dentro de esta investigación no hubo conflicto de intereses.

## Referencias

1. Boye JJ, Ma Z. Impact of processing on bioactive compounds of field peas. En: Processing and impact on active components in food. EEUU: Elsevier Inc; 2015. p. 63-70.
2. Pantoja DC, Osorio O, Mejía DF, Váquiro H. Procesamiento de Arvejas (*Pisum sativum* L.). Parte 1: Modelado de la Cinética de Secado por Capa Delgada de Arveja, Variedades Obonuco Andina y Sureña. Inf Tecnol. 2016;27(1):69-80. doi:10.4067/S0718-07642016000100009.
3. Osorio O, Rodríguez G, Castellanos F, Chávez A. Procesamiento de Arvejas (*Pisum sativum* L.). Parte 3: Cinética de Pérdida de Agua en Chips de Arveja en Condiciones de Fritura Convencional y a Vacío. Inf Tecnol. 2016;27:33-42. doi:10.4067/S0718-07642016000400004.
4. Morales-Polanco E, Campos-Vega R, Gaytán-Martínez M, Enriquez LG, Loarca-Piña G. Functional and textural properties of a dehulled oat (*Avena sativa* L) and pea (*Pisum sativum*) protein isolate cracker. LWT - Food Sci Technol. 2017;86:418-423. doi:10.1016/j.lwt.2017.08.015.
5. Logroño M, Vallejo L, Benítez L. Análisis bromatológico, sensorial y aceptabilidad de galletas y bebida nutritiva a base de una mezcla de quinua, arveja, zanahoria y tocte. Rev Aliment Hoy. 2015;23(35):53-64.
6. Fikiru O, Bultosa G, Fikreyesus Forsido S, Temesgen M. Nutritional quality and sensory acceptability of complementary food blended from maize (*Zea mays*), roasted pea (*Pisum sativum*), and malted barley (*Hordium vulgare*). Food Sci Nutr. 2017;5:173-181. doi:10.1002/fsn3.376.
7. Philipp C, Buckow R, Silcock P, Oey I. Instrumental and sensory properties of pea protein-fortified extruded rice snacks. Food Res Int. 2017;(May):0-1. doi:10.1016/j.foodres.2017.09.048.
8. Barrios L, Osorio O, Cerón A, Figueroa L. Evaluación de una alimento semisólido tipo mayonesa a base de arveja (*Pisum sativum* L.) como sustituto parcial por aceite vegetal. Vitae. 2016;23(1):S438-S441.
9. Ministerio de la Protección Social. Resolución Número 333 De 2011. Bogotá: MinSalud; 2011. p. 56.
10. Serpa-Guerra AM, Vélez-Acosta LM, Barajas-Gamboja JA, Castro-Herazo CI, Gallego-Zuluaga R. Compuestos de hierro para la fortificación de alimentos: El desarrollo de una estrategia nutricional indispensable para países en vía de desarrollo - Una revisión TT - Iron compounds for food fortification: The development of an essential nutritional str. Acta Agronómica. 2016;65(4):340-353. doi:10.15446/acag.v65n4.50327.
11. Serpa Guerra AM, Barajas Gamboa, Jaime Alejandro Velásquez Cock JA, Vélez Acosta LM, Zuluaga Gallego R. Desarrollo de un refresco a partir de la mezcla de fresa (*Fragaria ananassa*), mora (*Rubus glaucus*), gulupa (*Passiflora edulis*) y uchuva (*Physalis peruviana* L.) fortificado con hierro dirigido a niños en edad pre-escolar. Perspect en Nutr humana. 2015;17(2):151-163. doi:10.17533/udea.penh.v17n2a05.
12. Hashemi Gahrue H, Eskandari MH, Mesbahi G, Hanifpour MA. Scientific and technical aspects of yogurt fortification: A review. Food Sci Hum Wellness. 2015;4(1):1-8. doi:10.1016/j.fshw.2015.03.002.
13. Morales JC, Sánchez-vargas E, García-zepeda R, Villalpando S. Sensory evaluation of dairy supplements enriched with reduced iron, ferrous sulfate or ferrous fumarate. Salud Pública Mex. 2015;57(15):14-21.
14. López-Marín BE, Álvarez-Rivera JM, Carvajal de Pabón LM. Desarrollo de dos fórmulas infantiles como alternativa económica y saludable para seguridad alimentaria y nutricional de la población lactante. Univ Salud. 2016;18(2):291-301. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0124-71072016000200010&lang=pt](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-71072016000200010&lang=pt).
15. Genevois C, de Escalada PM, Flores S. Novel strategies for fortifying vegetable matrices with iron and Lactobacillus casei simultaneously. LWT - Food Sci Technol. 2017;79:34-41. doi:10.1016/j.lwt.2017.01.019.
16. Códex Alimentarius. Directrices sobre preparados alimenticios complementarios para lactantes de más edad y niños pequeños. España: FAO/OMS; 2013. p. 1-11.
17. Sai R, Urmila GR, Bhattacharya S, Venkateswara G. Wheat porridge with soy protein isolate and skimmed milk powder: Rheological, pasting and sensory characteristics. J Food Eng. 2011;103(1):1-8.
18. Vilakati N, Taylor JRN, MacIntyre U, Kruger J. Effects of processing and addition of a cowpea leaf relish on the iron and zinc nutritive value of a ready-to-eat sorghum-cowpea porridge aimed at young children. LWT - Food Sci Technol. 2016;73:467-472. doi:10.1016/j.lwt.2016.06.022.
19. Chysirichote T, Phongpipatpong M. Effect of Sterilizing Temperature on Physical Properties of Rice Porridge Mixed with Legumes and Job's Tear in Retortable Pouch. J Food Process Preserv. 2015;39:2356-2360. doi:10.1111/jfpp.12483.
20. Boccio J, Monteiro JB. Fortificación de alimentos con hierro y zinc pros y contras desde un punto de vista alimenticio y nutricional. Rev Nutr. 2004;17(1):71-78.

21. Organización Panamericana de la Salud. Principios de orientación para la alimentación complementaria del niño amamantado. Washington: OPS; 2003.
22. ICONTEC. Alverja verde. Bogotá: ICONTEC. NTC 1250; 1979 p. 4.
23. Cenzano I. Métodos oficiales de análisis de los alimentos. Madrid: Mundi-prensa libros SA; 1994:570 p.
24. Hart F, Fisher H. Análisis moderno de los alimentos. España: Editorial Acribia; 1991:619.
25. ICONTEC. Análisis sensorial. Guía general para la selección, entrenamiento y seguimiento de evaluadores. Parte 1: Evaluadores seleccionados. Bogotá: ICONTEC. GTC 245; 2013 p. 23.
26. De Marchi R, Monteiro M, Cardello HMAB. Avaliação da Vida-de-Prateleira de um Isotônico Natural de Maracujá (*Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa* Deg.). *Brazilian J Food Technol.* 2003;6(2):291-300.
27. Mathias-Rettig K, Ah-Hen K. El color en los alimentos un criterio de calidad medible Color. *AgroSur Univ Austral Chile.* 2014;42(2):39-48. doi:10.4206/agrosur.2014.v42n2-07.
28. Encina C, Bernal A, Rojas D. Efecto de la temperatura de pasteurización y proporción de mezclas binarias de pulpa de carambola y mango sobre su capacidad antioxidante lipofílica. *Ing Ind.* 2013;(31):197-219.
29. Ministerio de Salud y Protección Social. Proyecto de Resolución de 2011. Bogotá D. C., Colombia; 2011:36.
30. Clavijo-Romero V, Ortíz D, Serna-Jiménez J. Identificación de factores microbiológicos asociados al deterioro de jugo (naranja-mandarina) mínimamente procesado para su bioconservación. *Aliment hoy.* 2016;24(39):156-167.
31. Fageron IS. Thermal Degradation of Carbohydrates. 1969;17(4):747-750.
32. Ramonaitytė DT, Keršienė M, Adams A, Tehrani KA, Kimpe N De. The interaction of metal ions with Maillard reaction products in a lactose-glycine model system. *Food Res Int.* 2009;42:331-336. doi:10.1016/j.foodres.2008.12.008.
33. Kwak EJ, Lim SI. The effect of sugar, amino acid, metal ion, and NaCl on model Maillard reaction under pH control. *Amino Acids.* 2004;27:85-90. doi:10.1007/s00726-004-0067-7.
34. Fuentes M, Olmos P, Santos JL. Productos finales de glicación avanzada (AGEs) y su importancia en enfermedades crónicas relacionadas con la nutrición. *Rev chil endocrinol diabetes.* 2015;8(2):70-77. [http://www.revistasoched.cl/2\\_2015/5-.pdf](http://www.revistasoched.cl/2_2015/5-.pdf).
35. Rojas ML, Sánchez J, Villada Ó, et al. Eficacia del hierro aminoquelado en comparación con el sulfato ferroso como fortificante de un complemento alimentario en preescolares con deficiencia de hierro, Medellín, 2011. *Biomédica.* 2013;33:350-360. doi:10.7705/biomedica.v33i3.775.
36. Pinchao Y a., Osorio O, Mejía D. Inactivación térmica de pectinmetilesterasa en jugo de uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Inf Tecnol.* 2014;25(5):55-64. doi:10.4067/S0718-07642014000500009.
37. Tirado DF, Yacub B, Cajal J V, et al. Pasteurizador de leche para la elaboración de suero costeño. *Milk pasteurizer Elabor sour cream.* 2017;11(21):36-41. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=124329914&lang=es&site=ehost-live>.
38. Restrepo A, Fuentes M, Durango M, Millán L, LONDOÑO J, Ochoa S. Evaluación del uso potencial de la tecnología de ultrasonidos sobre la calidad microbiológica y fisicoquímica de la pulpa de aguacate. *Vitae.* 2016;23(1):S774-S778.
39. Jang DH, Lee KT. Quality changes of ready-to-eat ginseng chicken porridge during storage at 25 °C. *Meat Sci.* 2012;92(4):469-473. doi:10.1016/j.meatsci.2012.05.013.
40. López Á, Trujillo Y, Penagos L. Efecto de las condiciones de empaclado y el tiempo de almacenamiento en el color del grano de frijol seco cargamento blanco (*Phaseolus vulgaris* L.). *Rev Científica Guillermo Okham.* 2010;8(1):73-82.
41. Pinchao Y a., Andrade JC, Osorio O. Procesamiento de Arvejas (*Pisum sativum* L.). Parte 4: Optimización del Proceso de Escaldado de Arvejas (*Pisum sativum* L.) Variedades Sureña y Andina en base a la Inactivación de Peroxidasa. *Inf Tecnol.* 2016;27(4):43-52. doi:10.4067/S0718-07642016000400005.
42. Cortés M, Chiralt A. Cinética de los cambios de color en manzana deshidratada por aire fortificada con vitamina E. *Vitae.* 2008;15(1):8-16.
43. Santos A, Mota A, César P, Laureano J. Efeito dos métodos de conservação, tipos de embalagem e tempo de estocagem na coloração de polpa de manga “ Ubá ” produzida em sistema orgânico. *Ceres.* 2008;55(6):504-511.
44. Moreno DC, Sierra HM, Díaz-Moreno C. Evaluación de parámetros de calidad físico-química, microbiológica y sensorial en tomate deshidratado comercial (*Lycopersicon esculentum*). *Rev UDCA Actual y Divulg Científica.* 2014;17:131-138.
45. Clayton K, Bush D, Keener K. Métodos para la conservación de alimentos. *Emprend Aliment.* 2010:6. <https://www.extension.purdue.edu/extmedia/FS/FS-15-S-W.pdf>.
46. Parra R. Caracterización fisicoquímica y sensorial de una compota a partir de gulupa (*Passiflora edulis*) almidón de sagú (*Canna edulis*) y stevia. *Vitae.* 2012;19(1):S219-S221.
47. Guevara A, Málaga R. Determinación de los parámetros de proceso y caracterización del puré de aguaymanto. *Ing Ind.* 2013;(31):167-195.
48. Códex Alimentarius. Norma de Codex para alimentos elaborados a base de cereales para lactantes y niños pequeños. España: FAO/OMS; 2006. p. 1-10.
49. Ministerio de Salud de Chile. Reglamento sanitario de los alimentos. DTO. N° 977/96. Chile: Ministerio de Salud; 1996.