

DESARROLLO DE UN PROCESO DE OBTENCIÓN DE HARINA DE ALGARROBA EN UNA COMUNIDAD DEL NOROESTE ARGENTINO

Valentín Lastiri, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales - UNC,
valelastiri@gmail.com

Maitén P. Lorenzini, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales – UNC,
maitlorenzini@gmail.com

Agostina Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales - UNC,
agostinacordoba@gmail.com

Hernán Santa Cruz, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales - UNC,
herrsantacruz@gmail.com

Héctor Raúl Zanoni, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales - UNC,
hectorzanoni@gmail.com

Resumen—

La principal motivación de este trabajo es poner en práctica el rol social del ingeniero aportando el conocimiento para el desarrollo, por ejemplo, de economías regionales de zonas vulnerables, como lo es la población sita en la localidad de San José del Boquerón, Departamento de Copo, Santiago del Estero. Con este fin, se propuso el diseño y estandarización de un proceso para la obtención de harina de fruto de algarroba y su caracterización; evaluando además su aplicación al desarrollo de un producto alimenticio. El objetivo es agregar valor a un recurso natural, y recuperar saberes ancestrales perdidos. La adaptación de la propuesta tecnológica al territorio implica el uso de recursos accesibles y de bajo costo, como ser la chaucha de algarroba que hoy es utilizada por algunas familias exclusivamente para alimentar ganado porcino.

Como resultado se consiguió la estandarización del proceso de obtención de harina de vaina algarroba adaptado a la realidad social y tecnológica de la localidad. Estudios de distribución de tamaño de partícula y análisis microbiológico, así como el análisis de los atributos sensoriales se incluyen en la caracterización del producto farináceo obtenido.

En adición, se logró la aplicación exitosa de la harina de algarroba en la fabricación de galletas, las cuales fueron sometidas a testeos organolépticos que demostraron la aceptación del producto por parte de los potenciales consumidores. La evaluación de la calidad panadera y el análisis nutricional completan este estudio.

Palabras clave— *Prosopis Alba, San José del Boquerón, Harina de Fruto de Algarrobo.*

1. Introducción

Prosopis Alba, conocido comúnmente como “Algarrobo Blanco”, se encuentra principalmente en el centro y noroeste de Argentina abarcando las provincias de Salta, Formosa, Chaco, Santiago del Estero y Córdoba. Se calcula que la producción anual de frutos de este árbol es entre 5 y 40 kg dependiendo de las condiciones climáticas y la edad del ejemplar. Sus frutos se caracterizan por el alto contenido de carbohidratos, fibra y proteínas lo que los hace un alimento de alto valor nutritivo. Estas características hacen de la harina de algarroba un producto interesante para su aplicación en el desarrollo de alimentos funcionales. Diferentes autores han reportado estudios de aplicación de harina de algarroba en la producción de panes y galletas libres de gluten, con niveles de remplazo de harina de arroz que alcanzan el 15 % [1]–[5].

Este estudio comprende el diseño y estandarización del proceso de obtención de harina de fruto (vaina o chaucha) de algarrobo y caracterización de la misma, para su posterior uso en el desarrollo de un producto alimenticio tipo galleta. El trabajo busca, además, poner en práctica el rol social del ingeniero aportando los conocimientos básicos para producir un alimento altamente nutritivo, con materias primas disponibles en la zona afectada y con tecnología accesible para una comunidad de bajos recursos.

La localización del proyecto se da específicamente en la zona de monte santiagueño, a los alrededores de San José de Boquerón, departamento de Copo de la provincia de Santiago del Estero. Se prioriza el uso de recursos accesibles y de bajo costo, considerando que la región no cuenta con suministro eléctrico, ni de agua corriente, ni gas de red. Sólo se vive del y con monte, es decir, con acceso a fuego de leña y carbón para cocinar, calefaccionar e iluminar (Figura 1).



Figura 1. Fotos de la experiencia en San José de Boquerón. Izq.: Compartiendo una tarde con vecinas de la localidad. Der.: Masa de las galletas, Algarrobo de fondo.

2. Materiales y Métodos

Se trabajó con chauchas de algarroba de *Prosopis Alba* originarias de Santiago del Estero (Argentina) provistas por un proveedor local. La harina de algarroba fue obtenida a partir del proceso desarrollado en este trabajo, imitando las condiciones que se dan en la localización donde se desea implementar el mismo. Los reactivos utilizados fueron grado analítico y las técnicas fueron de referencia internacional. El trabajo experimental

se llevó a cabo en diferentes instalaciones de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC) y en San José del Boquerón.

Para los ensayos de caracterización de la harina de algarroba, así como para la composición química de las galletitas, se determinó el contenido de humedad por gravimetría, a través del método indirecto, el cual se basa en la pérdida de peso de la muestra por evaporación de agua. A su vez, se determinó el contenido de cenizas mediante el método directo basado en la oxidación completa de la materia orgánica; el contenido de proteínas mediante el método de Kjeldahl; y el contenido de materia grasa por extracción semi-continua con hexano durante 8 hs con un extractor Soxhlet y posterior gravimetría ^[1-2]. Finalmente, el contenido de fibra dietaria fue analizada se realizó según el método AACC 32-05 (1999) [8]. Todas las determinaciones se realizaron por triplicado.

Con objeto de conocer la eficiencia de la molienda se registró la masa de algarroba molida recolectada al finalizar esta operación y se calculó por diferencia la masa de algarrobas que se pierde durante la misma. El residuo retenido en la moledora manual se descartó, mientras que la algarroba molida se tamizó durante un minuto para luego tarar las fracciones retenidas en cada uno de los tamices.

Con el objetivo de determinar la carga microbiana inicial de la materia prima, se decidió llevar a cabo un análisis microbiológico en el que se determinó: hongos y levaduras, coliformes totales y mesófilos según protocolos estandarizados [9].

Durante el mes de septiembre de 2017 se realizó una visita a San José del Boquerón con el objetivo de poder entrevistar a las familias de la zona, evaluar el acceso y disponibilidad a las materias primas, las posibilidades tecnológicas con las que cuentan para la elaboración de las galletas, y de esta manera poder seleccionar una de las cinco alternativas propuestas como formulación base. En función de la experiencia vivencial, se diseñaron tres prototipos posibles (Tabla 1), el primero de ellos con un nivel de reemplazo del 20% de harina de trigo por harina de algarroba, el segundo con un 30% y el tercero con un nivel de reemplazo de harina del 40%.

Tabla 1. Composición química de las vainas de algarroba.

Componente	Prototipo 1	Prototipo 2	Prototipo 3
Harina de trigo	80 g	70 g	60 g
Harina de Algarroba	20 g	30 g	40 g
Huevo	1	1	1
Aceite de girasol	30 g	30 g	30 g
Azúcar	35 g	35 g	35 g

Fuente: elaboración propia

Para la prueba sensorial se empleó un panel con un total de 38 evaluadores no entrenados y se realizó por duplicado. De los 38 panelistas, 10 fueron hombres y 28 mujeres con un rango de edades entre 18 y 66 años. Por otro lado, 15 manifestaron haber consumido previamente galletas de algarroba y 23 desconocer el producto. Se utilizó una escala hedónica verbal de nueve puntos. Durante la prueba se le pidió a cada evaluador que indique su nivel de agrado sobre los siguientes parámetros para cada una de las muestras

que se le brindaron: aspecto, color, aroma, sabor, textura y aceptabilidad general. Con objeto de evitar la influencia de una muestra sobre la otra, eliminar interacciones entre las mismas y lograr centrar la atención del evaluador en un único producto se realizó la prueba en forma monádica secuencial. Es decir, cada evaluador probó una muestra a la vez y luego evaluó el desempeño de la misma. Al finalizar con la evaluación de la primera muestra, continuó con la siguiente repitiendo la operación. Para la interpretación de los resultados se analizó cada parámetro mediante un análisis de la varianza (ANOVA) con un nivel de significancia del 5%. En el caso de los atributos que mostraron diferencias, se estableció la diferencia significativa mínima entre las muestras aplicando la prueba de Tukey.

Durante los estudios de calidad panadera se midió la fuerza de rotura utilizando un texturómetro “Instron” (Universal Testing Machine, modelo 3342, EUA) con una carga de 500 N.

Finalmente, se realizó una determinación aproximada del valor energético de la galleta tomando como referencia los valores que usualmente se utilizan en la estimación del mismo: 9 kcal/g para los lípidos, 4 kcal/g para las proteínas y 4 kcal/g para los carbohidratos.

3. Resultados y Discusión

3.1 Caracterización de la Algarroba

La Tabla 2 presenta la composición química obtenida a partir de la caracterización de las vainas de algarroba.

Tabla 2. Composición química de las vainas de algarroba.

Componente	Valor porcentual (%)
Humedad	12,8 \pm 0,2
Cenizas	2,4 \pm 0,1
Proteínas Totales	7,7 \pm 1,0
Materia Grasa	1,6 \pm 0,1
Fibra Dietaria Total	36,9
Carbohidratos	38,6

Fuente: elaboración propia

3.2 Proceso de elaboración de la harina

La Figura 2 presenta el proceso para obtener harina de fruto de algarrobo blanco. El mismo involucra la recolección, lavado, secado, almacenamiento, molienda y tamizado.

Desarrollo de un proceso de obtención de harina de algarroba en una comunidad del noroeste argentino.



Figura 2. Diagrama de flujo del proceso estandarizado para la obtención de la harina de algarroba.

Una de las etapas cruciales para la elaboración de la harina es la etapa de secado de las vainas de algarroba. Para llevar a cabo este proceso se simularon en una estufa calefactora dos alternativas, un secado sobre chapa expuesta al sol y un horno de barro como los que se encuentran disponibles en la localidad. Se analizaron los efectos sobre la harina de dos temperaturas de secado; a 60 °C, debido a que la chapa de zinc expuesta al sol en verano alcanza temperaturas entre los 60 y 80 °C [10] y 150°C en función de testeos de la temperatura alcanzada por el horno en un tiempo aproximado de 20 min. Las curvas de secado de las vainas a las dos temperaturas ensayadas se presentan en la Figura 3. Se observa, como estaba previsto, un menor tiempo de secado a 150°C. No obstante, se analizaron los efectos de secado a 60°C y 150°C en las etapas de molienda y tamizado a los fines de determinar la temperatura y tiempo adecuados para esta etapa.

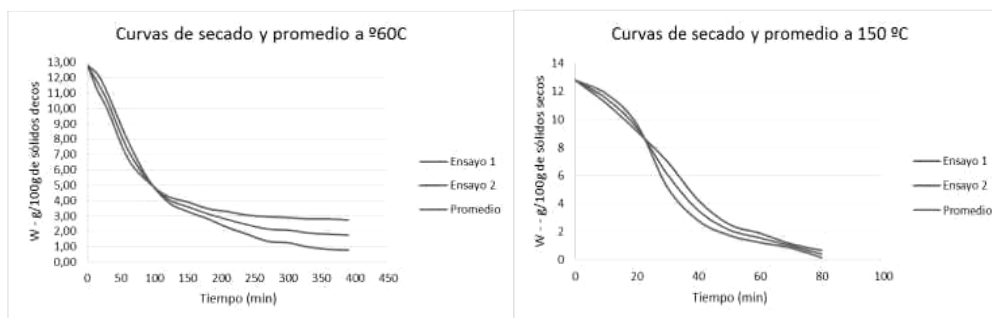


Figura 3. Curvas de secado a 60°C (izq.) y 150°C (der.).

De acuerdo a lo expresado, los parámetros de secado se fijaron específicamente por la eficiencia de la operación de molienda (EM), el rendimiento en harina (de la fracción que pasa por el tamiz N° 16 y de la que pasa por el tamiz N° 20) respecto a la masa inicial de algarroba [RH₁₆ (Mi) y RH₂₀ (Mi) respectivamente] y la eficiencia de la operación de tamizado (ET). La Figura 4 presenta los resultados obtenidos a diferentes

Desarrollo de un proceso de obtención de harina de algarroba en una comunidad del noroeste argentino.

tiempos de secado de las vainas para el rendimiento en harina. Lógicamente, el rendimiento en harina aumenta para la fracción que pasa por el tamiz N°16. Sin embargo, para las vainas sometidas a secado a 150°C los RH obtenidos fueron mayores y más estables respecto a los registrados para la algarroba secada a 60°C. A los fines de evitar inconvenientes de empaste, se trabajó con algarroba con un contenido de humedad máximo del 6%.

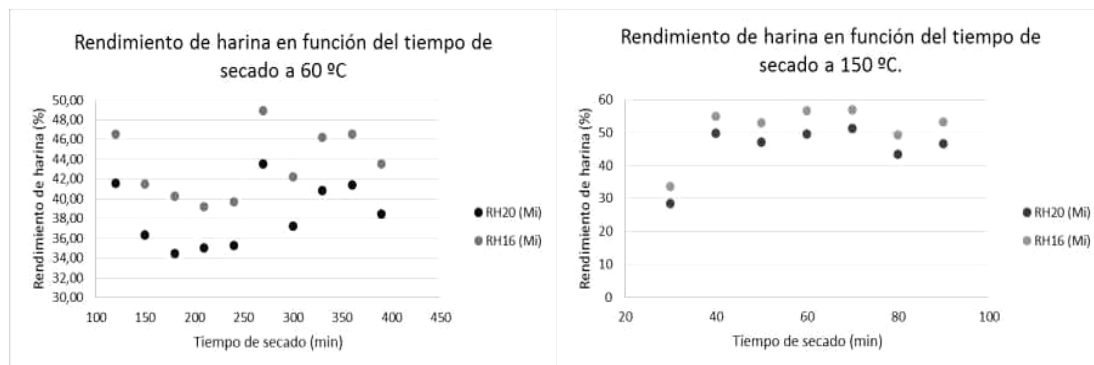


Figura 4. Rendimiento en harina en función del tiempo de secado a 60°C (izq.) y 150°C (der.).

La Figura 5 muestra los resultados de EM y ET. Se observa un marcado aumento en la EM con el tiempo de secado para el ensayo a 150°C. Para el caso del ensayo a 60 °C la EM disminuye entre los 120 y 180 min de secado para luego aumentar y volver al mismo nivel que a los 120 min. Esto puede deberse al contenido de gomas de las vainas de algarroba que expuestas al calor interfieren en el proceso de molienda disminuyendo la fragilidad de la muestra.

Los resultados de la ET muestran una variación de 3 % en ambos casos, lo que indica que no existe influencia del tiempo de secado en el proceso de tamizado de la harina (Figura 5, der.).

En función de los resultados obtenidos, se escogieron los siguientes parámetros de secado para la producción de harina de algarroba: 150 °C, tiempo de secado: 40 min y Humedad final de la muestra: 3,5 %.

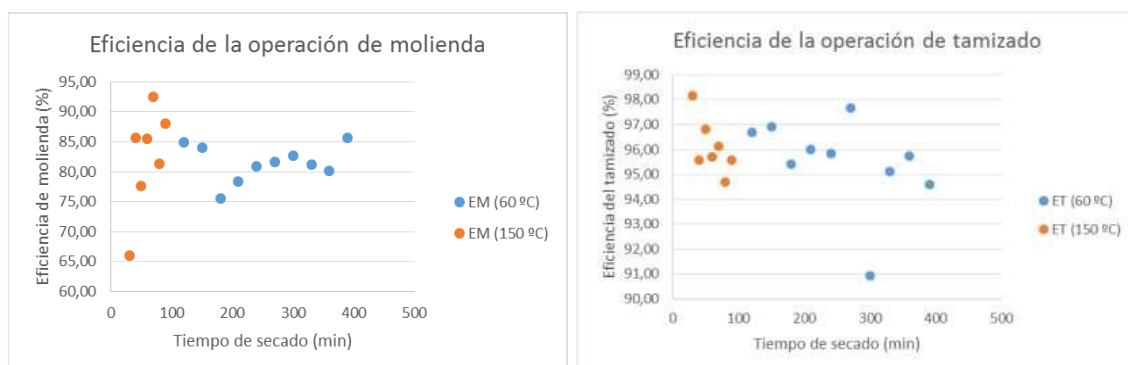


Figura 5. Eficiencia de Molienda (izq.) y Eficiencia de Tamizado (der.) en función del tiempo de secado a 60°C y 150°C.

3.3 Caracterización de la harina

Del estudio de la distribución de diámetro de partícula pudo observarse que el 40% de la harina de vaina de algarrobo obtenida posee un D_p mayor a 0,30 mm, es decir, el 60 % de la harina posee un D_p menor a 0,30 mm. Esta distribución de tamaños da como resultado una harina de aspecto grueso que aporta una textura y aspecto artesanal al producto, lo cual es beneficioso para el objetivo buscado.

Los resultados del análisis microbiológico realizado permitieron descartar la presencia de hongos, levaduras y coliformes, mientras que el recuento de mesófilos fue de 32 UFC/g, valor que se encuentra por debajo del límite impuesto por el Código Alimentario Argentino para harina de trigo que es 105 UFC/g [11]. Estos resultados indican que desde el punto de vista de la inocuidad la harina obtenida no tiene una carga microbiana significativa.

3.4 Análisis sensorial de las galletas

El análisis sensorial de las tres formulaciones propuestas para la elaboración de galletitas se llevó a cabo con 38 candidatos que manifestaron haber consumido productos similares elaboradas con harinas alternativas. Los valores medios para cada atributo se presentan en la Figura 6. Analizando el gráfico es de esperar que entre aroma y aspecto no se encuentren diferencias significativas y que, por lo tanto, los tres prototipos propuestos son similares en dichos atributos. Por otro lado, se observa la posibilidad de que el prototipo con un nivel de reemplazo del 20% alcance un puntaje significativamente mayor para los atributos de sabor, textura y aceptabilidad general, mientras que el prototipo con un 40% de reemplazo sea el preferido en cuanto al color.

Los resultados del análisis de la varianza realizado sobre los valores promedio obtenidos para cada atributo demostraron que efectivamente no se presentan diferencias significativas entre los puntajes asignados por los evaluadores para el aroma y el aspecto de las muestras. Sin embargo, en cuanto al color se registró un puntaje promedio significativamente superior para la galleta con un nivel de reemplazo de harina del 40% por sobre la galleta con menor nivel de reemplazo (20%). En cuanto al sabor, se registró un puntaje promedio significativamente superior para la galleta con un nivel de reemplazo del 20% por sobre la galleta con mayor nivel de reemplazo (40%). Por último, tanto en la aceptabilidad general como para la textura, se registraron diferencias significativas entre las tres galletas. La galleta con menor nivel de reemplazo de harina (20%) fue la que obtuvo un mayor puntaje promedio en ambos atributos por sobre las otras dos, mientras que la galleta con un 30% de reemplazo de harina fue la que logró el menor puntaje promedio.

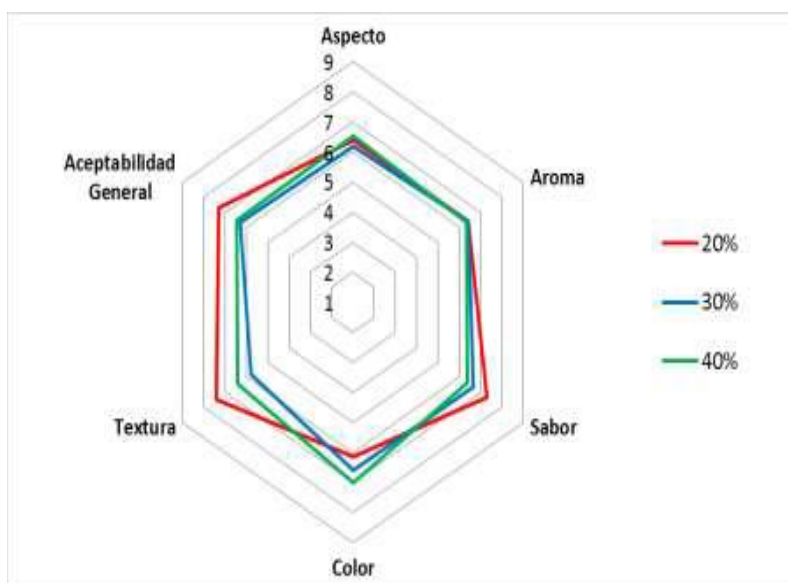


Figura 6. Puntajes promedio asignados a cada atributo sensorial.

3.5 Evaluación de la calidad panadera

Los resultados obtenidos para el factor galletita (FG) se incluyen en la Tabla 3. Se considera que una galletita es de buena calidad cuanto mayor sea el diámetro y menor sea la altura o espesor, de modo que las harinas que produzcan valores más altos de FG son consideradas de mejor calidad para la elaboración de este tipo de productos. El prototipo correspondiente a la galleta elaborada con un nivel de reemplazo de harina del 20% se considera con la mejor calidad galletera al presentar un menor espesor. La comparación de los FG obtenidos para las muestras elaboradas con harina de algarroba evidencia que, a mayores proporciones de harina de algarroba, el espesor aumenta mientras que el diámetro se mantiene constante. Este efecto sobre el espesor se relaciona al aumento del contenido de fibra en la formulación de las galletitas [12].

Tabla 3. Valores medios de FG, diámetro (D) y espesor(E) de los prototipos.

Muestra	FG	D (cm)	E (cm)
Testigo	4,25 \pm 0,6	4,98 \pm 0,1	1,20 \pm 0,2
20% Harina de algarroba	6,43 \pm 0,8	4,42 \pm 0,1	0,70 \pm 0,1
30% Harina de algarroba	5,76 \pm 0,6	4,44 \pm 0,1	0,78 \pm 0,1
40% Harina de algarroba	5,35 \pm 0,7	4,45 \pm 0,1	0,84 \pm 0,1

Fuente: elaboración propia.

Durante el ensayo de textura de las galletitas se midió la fuerza necesaria para romperlas. La Figura 7 presenta los valores obtenidos para el módulo de Young (Y). El grado de deformación elástica es mayor para la muestra con 0% de harina de algarroba, mientras que, con un nivel de reemplazo del 20% se obtiene la galletita más frágil con menor deformación. El agregado de 20% de harina de algarroba en la formulación

produce un aumento del módulo de Young, sin embargo, al aumentar el nivel de reemplazo el módulo de Young disminuye linealmente. Este resultado sugiere que un mayor contenido de fibra en la formulación podría contribuir a aumentar la fragilidad de la galleta hasta un cierto límite para después disminuirla. A partir de lo expuesto anteriormente se deduce que la textura de las galletitas se ve afectada directamente por el contenido de fibra de cada muestra. El contenido de fibra junto con el resto de los componentes de la harina capaces de absorber agua (carbohidratos y proteínas) le confieren a la galletita un mayor grado de dureza, esto se debe a que durante el horneado de las galletas la sacarosa se disuelve en agua permitiendo la expansión de la masa. Posteriormente cuando el agua comienza a evaporarse sobre la superficie de la galletita, se produce la cristalización de la sacarosa que estaba disuelta en el agua debido a la difusión del agua desde el interior hacia el exterior. Si la evaporación de agua es muy grande o su disponibilidad es baja, el grado de cristalización de la sacarosa es mayor, lo que produce que la galletita se vuelva más dura.

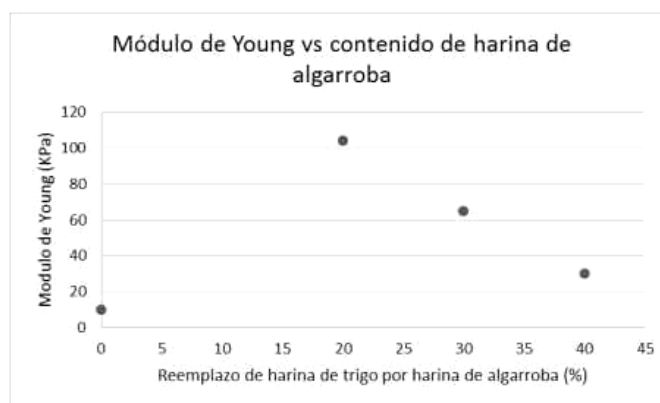


Figura 7. Módulo de Young e función del nivel de reemplazo de harina de trigo.

Por lo tanto, y en base a los resultados de la evaluación sensorial de la textura, se concluye que la muestra correspondiente a la formulación con un nivel de reemplazo del 20% sensorialmente también es la menos dura de las tres muestras con harina de algarroba, y a su vez la más aceptada por los consumidores.

3.6 Análisis nutricional

Para el análisis nutricional se trabajó con el producto o prototipo correspondiente a la formulación con un nivel de reemplazo de harina de trigo por harina de algarroba del 20%. La Tabla 4 presenta la composición final de las galletitas a partir de la cual se calculó el valor energético resultando 49,9 kcal por unidad.

Tabla 4. Composición química de las galletas elaboradas con un reemplazo del 20% con harina de vaina de algarroba.

Componente	Valor porcentual (%)	Kcal cada 100 g de galleta
Humedad	6,6 \pm 0,2	-
Cenizas	0,6 \pm 0,02	-
Proteínas Totales	9,2 \pm 0,05	36,5

Materia Grasa	18,0 \pm 0,2	161,6
Fibra Dietaria Total	9,8	-
Carbohidratos	55,9	223,6

Fuente: elaboración propia.

4. Conclusiones y recomendaciones

El presente trabajo permitió desarrollar un proceso estandarizado de obtención de harina de vaina algarroba adaptado a la mano de obra y tecnología disponible en la zona de estudio, garantizando el uso de materias primas de fácil acceso en la zona y de bajo costo para las familias. En adición, se logró diseñar con éxito una galletita elaborada con harina de algarroba con un importante valor nutritivo y un sabor aceptado por los consumidores habituales y potenciales del producto.

A su vez, cabe destacar la valerosa experiencia humana de poder intercambiar saberes con los lugareños, directamente en sus hogares y cocinas, durante los procesos de obtención de la harina y preparación de las galletas de algarroba. Fue muy gratificante para el grupo de trabajo que los lugareños expresaran su emoción con gusto, tras probar el producto recién horneado, al recordar su infancia cuando sus madres o abuelas les hacían algún alimento con contenido de algarroba.

Finalmente, es de destacar la importancia del estudio en cuanto a la potencialidad de desarrollo de una actividad económica en la zona. En esta línea, futuros esfuerzos pueden dirigirse a la realización de un estudio de mercado para confirmar la factibilidad del desarrollo de una economía regional a partir del producto final (galletitas) o intermedio (harina de vaina de algarroba).

5. Referencias

- [1] A. DURAZZO, V. TURFANI, V. NARDUCCI, E. AZZINI, G. MAIANI, AND M. CARCEA, (2014). *Nutritional characterisation and bioactive components of commercial carobs flours*. Food Chem., vol. 153, pp. 109–113.
- [2] L. ROMÁN, A. GONZÁLEZ, T. ESPINA, AND M. GÓMEZ, (2017). *Degree of roasting of carob flour affecting the properties of gluten-free cakes and cookies*. J. Food Sci. Technol., vol. 54, no. 7, pp. 2094–2103.
- [3] K. TSATSARAGKOU, S. YIANNOPOULOS, A. KONTOGIORGI, E. POUILLI, M. KROKIDA, AND I. MANDALA, (2014). *Effect of Carob Flour Addition on the Rheological Properties of Gluten-Free Breads*. Food Bioprocess Technol., vol. 7, no. 3, pp. 868–876.
- [4] K. TSATSARAGKOU, G. GOUNAROPOULOS, AND I. MANDALA, (2014). *Development of gluten free bread containing carob flour and resistant starch*. LWT - Food Sci. Technol., vol. 58, no. 1, pp. 124–129.
- [5] S. AYDIN AND Y. ÖZDEMİR, (2017). *Development and Characterization of Carob Flour Based Functional Spread for Increasing Use as Nutritious Snack for Children*. J. Food Qual., vol. 2017, pp. 1–7.
- [6] C. C. GERHARDT, (2015). *Análisis de nitrógeno*. Nota Inf., p. 6.
- [7] G. P. GUTIÉRREZARANGO, A. R. VERGARA RUIZ, AND H. MEJÍA

- VÉLEZ, (2004). *Análisis composicional, microbiológico y digestibilidad de la proteína de la harina de larvas de Hermetia illuscens L (diptera:stratiomyidae) en Angelópolis-Antioquia, Colombia.*
- [8] AACC INTERNATIONAL. *Approved Methods of Analysis*, 11th Ed. .
- [9] MINISTERIO DE SALUD PRESIDENCIA DE LA NACIÓN, (2011). *Análisis Microbiológico De Los Alimentos.*
- [10] MELÉNDEZ SÁNCHEZ AND F. V. B. VILLEGAS, *De Tales a Newton : ciencia para personas inteligentes.* Ellago, 2013.
- [11] A.N.M.A.T., “Codigo Alimentario Argentino. Ley 18284.” .
- [12] M. S. BLANCO CANALIS, M. E. STEFFOLANI, A. E. LEÓN, AND P. D. RIBOTTA, (2017). *Effect of different fibers on dough properties and biscuit quality.* J. Sci. Food Agric., vol. 97, no. 5, pp. 1607–1615.