

Artículo original

Textura y análisis descriptivo cuantitativo de galletas elaboradas con harinas de granos fermentados de *Phaseolus vulgaris* o *Cajanus cajan*.

Texture and quantitative descriptive analysis of cookies made with fermented grain flours from *Phaseolus vulgaris* or *Cajanus cajan*.

Vivas Odry^{1*}, Sangronis Elba².

¹Departamento de Ciencia de Los Alimentos, Facultad de Farmacia y Bioanálisis, Universidad de Los Andes, Mérida, C.P. 5101, Venezuela. ²Departamento de Tecnología de Procesos Biológicos y Bioquímicos, Universidad Simón Bolívar, Caracas, C.P. 1080, Venezuela.

Recibido: 28 de junio de 2021 –Aceptado: 18 de septiembre de 2021

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por harinas de leguminosas fermentadas en la textura instrumental y sensorial, así como en el Análisis Descriptivo Cuantitativo (ADC) en galletas. Las galletas control se elaboraron con 100% harina de trigo, mientras que las sustituidas contenían 30% de harina de *Phaseolus vulgaris* fermentada (GPF) o 30% de harina de *Cajanus cajan* fermentada (GCF), según el caso. Se empleó un texturómetro TA-XT2i para determinar dureza y fracturabilidad. Para determinar la textura sensorial y el ADC, se entrenó un panel de cinco personas. Adicionalmente, se realizó un análisis de compuestos volátiles utilizando un cromatógrafo de gases acoplado a un espectrómetro de masas (CG-EM), a fin de detectar compuestos que pudiesen explicar los olores y sabores detectados por los evaluadores. Los resultados revelan que todas las muestras presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre sí en todos los parámetros analizados. El ADC mostró descriptores sensoriales que fueron comunes para las tres muestras y descriptores que se presentaron sólo en las galletas que contenían las harinas de leguminosas fermentadas. El olor a queso

madurado identificado por los evaluadores en las GPF, puede atribuirse a compuestos identificados como dimetil disulfuro y ácido butírico, mientras que en las GCF el olor y sabor a miel puede ser responsabilidad de compuestos como el benzaldehído, α -butirolactona y 3-metil-butanal. El estudio demostró que la adición de harina de leguminosas fermentadas afectó la textura y también la apariencia, olor, sabor y sensación residual de las galletas evaluadas.

PALABRAS CLAVE

Perfil sensorial, textura, panel entrenado, harinas compuestas, leguminosas fermentadas, compuestos aromáticos, aroma, sabor.

ABSTRACT

The effect of partial substitution of wheat flour by fermented legume flours was evaluated on the instrumental and sensory texture, as well as on the Quantitative Descriptive Analysis (QDA) in cookies. The control biscuits were made with 100% wheat flour, while the substituted ones contained 30% fermented *Phaseolus vulgaris* flour (GPF) or 30% fermented *Cajanus cajan* flour (GCF), respectively. A TA-XT2i texturometer was used to

determine hardness and fracturability. To determine the sensory texture and the **QDA**, a panel of five people was trained. Additionally, an analysis of volatile compounds was carried out using a gas chromatograph coupled to a mass spectrometer (GC-MS), in order to detect compounds that could explain the odors and flavors detected by the evaluators. The results reveal that all the samples presented significant differences ($p < 0.05$) among themselves in all the parameters analyzed. **QDA** showed sensory descriptors that were common for the three samples and descriptors that were presented only in the cookies containing the fermented legume flours.

The smell of ripened cheese identified by the evaluators in **GPF** can be attributed to compounds identified as dimethyl disulfide and butyric acid, while in **GCF** the smell and taste of honey can be the responsibility of compounds such as benzaldehyde, α -butyrolactone and 3-methylbutanal. The study showed that addition of fermented legume flours affected the texture and also the appearance, smell, taste and residual sensation of the cookies evaluated.

KEY WORDS

Sensory profile, texture, trained panel, composite flours, fermented legumes, aromatic compounds, aroma, flavor.

INTRODUCCIÓN

Las leguminosas son un alimento con un alto valor nutricional principalmente por su contenido de proteínas, carbohidratos complejos y minerales [1]. Representan la proteína de origen vegetal de más bajo costo, lo que ha motivado un aumento en su consumo y consecuente estudio a través de los años [2]. Dicho aumento se evidencia claramente en Venezuela, en especial el de *Phaseolus vulgaris*, comúnmente llamado caraota y el *Cajanus cajan*, conocido como quinchoncho. Las características físicas y químicas de las leguminosas le confieren propiedades funcionales, como la capacidad de absorción de agua, formación de espumas,

gelificación, entre otras, que permiten su incorporación en diversas preparaciones.

Los productos horneados más comunes en los cuales se han usado harinas compuestas con sustitución parcial de la harina de trigo por harina de leguminosas, son panes [3,4], tortas o pasteles [5,6] y galletas [7,8].

El resultado ha demostrado un aumento del valor nutricional, pero con evidentes cambios en la estructura física y características sensoriales de estos productos finales. Por otra parte, se sabe que la presencia de algunos compuestos conocidos como factores antinutricionales y aquellos responsables de las flatulencias, limitan su consumo.

En este sentido, hay numerosas investigaciones que prueban la disminución e incluso la eliminación de dichos compuestos limitantes usando diferentes técnicas o formas de preparación. La fermentación es una de ellas, ya que reduce el contenido de compuestos antinutricionales, como taninos, fitatos e inhibidores de tripsina, así como los α -galactósidos, compuestos responsables de las flatulencias, mejorando así el aprovechamiento de los nutrientes [9,10].

Sin embargo, se ha estudiado muy poco el efecto que ejerce la fermentación en la composición química de las leguminosas, lo cual se evidenciaría en las características sensoriales de los productos elaborados a partir de estas materias primas. Este estudio es parte de un proyecto de investigación cuyo objetivo principal es aplicar técnicas para mejorar el valor nutricional de las leguminosas y así diversificar su uso, incorporándolas a diversas formulaciones. Uno de los productos desarrollados fueron galletas, las cuales se formularon en una etapa previa, se elaboraron, se caracterizaron mediante análisis proximal y se determinó su aceptabilidad por consumidores [11].

Esta publicación representa la segunda etapa de la investigación, para la cual se evaluó el efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por harinas de leguminosas fermentadas en la textura instrumental y sensorial así como en el Análisis Descriptivo Cuantitativo (**ADC**) en galletas dulces.

MATERIALES Y MÉTODOS

Harina de granos fermentados: Se fermentó 1 kg de granos comerciales de *Phaseolus vulgaris* blanca y 1 kg de *Cajanus cajan*, en lotes individuales en un fermentador (BIOFLO 2000, New Brunswick Scientific Co. Inc, Edison, New York, EE.UU.) y según la metodología de Granito y cols. [9]. Una vez escurridos los granos fermentados, se liofilizaron (LabConco, Labconco Corporation, Maryland, EE.UU.), se molieron (Analyzer MC-II, EE.UU.) y tamizaron a una granulometría de 250 micrones.

Preparación de galletas: Para formular las galletas, se consideró la recomendación de Bressani [12], de usar una proporción 70:30 de harina de trigo y harina de leguminosa fermentada, para lograr una óptima complementación proteica. En este sentido, se elaboraron tres tipos de galletas dulces sin relleno: una galleta control con 100% harina de trigo (**GC**) y dos galletas en las que se sustituyó el 30% de la harina de trigo por harina de granos de *Phaseolus vulgaris* (**GPF**) o *Cajanus cajan* (**GCF**), según el caso. Los ingredientes utilizados en la elaboración de las galletas fueron: harina de trigo con agente leudante (fosfato monocálcico, bicarbonato de sodio), harinas de leguminosas fermentadas, azúcar, margarina sin sal, huevos y especias (clavos de olor y canela en polvo). Los ingredientes se mezclaron, se extendió la masa en una superficie plana y se utilizaron reglas de 4 mm de espesor para garantizar uniformidad del laminado, se cortaron con moldes circulares y se hornearon a 180°C durante 10 min en un horno eléctrico.

Análisis de la humedad y grosor de las galletas: Para la humedad se siguió el método oficial 925.09 [13], realizándose por triplicado. El grosor de las galletas se midió con un micrómetro (Starrett 436, Reino Unido), y se realizaron 10 mediciones.

Análisis de la dureza y fracturabilidad: A las galletas se les determinó dureza y fracturabilidad como parámetros de textura que definen este producto [14]. La dureza corresponde a la máxima fuerza ejercida para comprimir la galleta, imitando la primera mordida. Por su parte, la fracturabilidad

considera la fuerza correspondiente al primer pico que aparece en la curva de compresión, y representa la fuerza a la cual el material se rompe o fractura. Para la medición se empleó un texturómetro TA-XT2i (Stable Micro Systems, Inglaterra), con una celda de fuerza de 50 kg. Para la compresión se utilizó la guillotina modelo HDP/BSG, una fuerza de 50% y velocidades de pre ensayo de 2 mm/s; ensayo de 1 mm/s y post ensayo 2 mm/s. Se realizaron 10 mediciones en un mismo set de galletas producidas en el mismo lote.

Análisis sensorial: Para determinar la textura sensorial y el Análisis Descriptivo Cuantitativo (**ADC**) de las galletas, se entrenó un panel conformado inicialmente por 12 integrantes con edades comprendidas entre 25 y 45 años, durante 140 horas, resultando un grupo de 5 jueces sensoriales entrenados. La selección de los integrantes del panel se realizó según el criterio ASTM 758 [15], y su nivel de entrenamiento se controló por análisis secuencial [16], según su desempeño en pruebas triangulares.

Para obtener la textura sensorial, se procedió de la siguiente manera: en una sesión de discusión previa con los evaluadores, se les proporcionó información acerca de la definición sensorial y técnicas de medición de la textura en alimentos, indicadas por Szczesniak y cols. [17], y se llegó al consenso de las características a evaluar en las galletas. La intensidad de dichas características se midió empleando una escala no estructurada de 10 cm, con 3 repeticiones por integrante del panel.

Para el desarrollo del **ADC** [18], se generaron los descriptores de apariencia, olor, sabor, textura y sensación residual de los productos mencionados y por consenso se lograron los descriptores definitivos. Para obtener las referencias de anclaje del valor mínimo y máximo para cada descriptor, se modificó la formulación de las galletas bajo estudio. Para la fase de cuantificación de los descriptores del **ADC** se empleó una escala no estructurada de 10 cm, realizando 3 repeticiones por integrante del panel.

Análisis cromatográfico: Se determinaron compuestos de aroma en las harinas de leguminosas fermentadas utilizando un cromatógrafo de gases marca Agilent Technologies (modelo 7890, USA), acoplado a un espectrómetro de masas, marca Agilent Technologies 5975C

(CG-EM). Se pesó aproximadamente 0,5 gramos de harina de leguminosa fermentada en un vial ámbar con tapa hermética de 5 mL de capacidad. Para muestrear las moléculas de compuestos volátiles presentes en el espacio de cabeza, se utilizó una fibra combinada dimetilbenceno /carboxen/ polidimetilsiloxano marca Supelco). La temperatura de equilibrio para el muestreo de los compuestos volátiles fue de 25°C. Las condiciones del análisis fueron: temperatura del inyector: 230°C; presión del inyector: 10,12 PSI; temperatura del horno: 40°C durante 3 min como condición inicial, aumentando posteriormente 6°C por min hasta alcanzar los 200°C, y luego aumentando 30°C por min hasta 260°C. El rango de masas empleado fue de 20 a 550 A.M.U. (Atomic Masas Unit, por sus siglas en inglés). La identificación se realizó comparando los compuestos determinados con la base de datos Wiley/NIST05, disponibles en el software del equipo de cromatografía.

Análisis estadístico: Todos los resultados se expresan como el promedio \pm la desviación estándar de las repeticiones específicas para cada análisis. En todos los casos, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía con posterior prueba de Tukey para determinar diferencias estadísticamente significativas entre las muestras, previa verificación de la normalidad de los datos y homogeneidad de la varianza. Para las pruebas sensoriales se utilizó un diseño unifactorial en

bloques, en el cual los jueces conformaron los bloques. El análisis de los datos se realizó con el programa estadístico Statgraphics plus 5.1 y el nivel de significancia prefijado fue de $\alpha=0,05$ en todos los estudios.

RESULTADOS

En la Tabla 1 se muestran los resultados de la humedad, grosor y características de textura medidas por vía instrumental y sensorial. La humedad de las galletas resultó con un valor aproximado de 7%, sin diferencias estadísticamente significativas ($p>0,05$) para los tres tipos de galletas evaluadas. Con respecto al grosor, se observó que se modificó a consecuencia del horneado y resultó significativamente ($p<0,05$) mayor para la **GC**. Con respecto a la dureza, tanto instrumental como sensorial, se registró un valor mayor para la **GPF** ($p<0,05$). Para la fracturabilidad, los resultados instrumentales y sensoriales indican que la **GC** requirió una mayor fuerza para ser fracturada, seguida de la **GPF** y la **GCF**.

En la Figura 1 se muestran los resultados del **ADC** realizado a las galletas control y sustituidas. En relación al color tostado, la **GCF** presentó la mayor intensidad ($8,25 \pm 0,21$), seguida de la **GC** ($5,34 \pm 0,24$) y **GPF** ($3,45 \pm 0,28$), a pesar de que las condiciones de horneado fueron las mismas.

TABLA 1.

Resultados de humedad, grosor, textura instrumental y sensorial de las galletas.

Parámetro	GC	GPF	GCF
Humedad (g/100 g)	7,20 \pm 0,01 ^a	7,18 \pm 0,01 ^a	7,20 \pm 0,00 ^a
Grosor (mm)	6,50 \pm 0,70 ^a	6,00 \pm 0,90 ^c	6,40 \pm 0,20 ^b
Dureza (g) instrumental	3.392 \pm 97,49 ^b	4.390 \pm 75,41 ^a	3.187 \pm 81,89 ^c
Dureza sensorial	5,55 \pm 0,47 ^b	7,47 \pm 0,32 ^a	4,91 \pm 0,49 ^c
Fracturabilidad (g) instrumental	2.180 \pm 91,84 ^a	1.909 \pm 73,80 ^b	1.869 \pm 58,91 ^b
Fracturabilidad sensorial	5,50 \pm 0,80 ^a	4,85 \pm 0,69 ^b	4,35 \pm 0,47 ^c

GC: galleta control; **GPF:** galleta con 30% de harina de *Phaseolus vulgaris* fermentada; **GCF:** galleta con 30% de harina de *Cajanus cajan* fermentado. Letras diferentes en la misma fila indican diferencia estadísticamente significativa ($p<0,05$).

Otro parámetro de apariencia evaluado fue la rugosidad en la superficie, donde la **GPF** presentó mayor superficie rugosa ($8,09 \pm 0,26$), siendo

estadísticamente diferente de la **GCF** ($5,35 \pm 0,42$) y la **GC** ($2,69 \pm 0,27$).

En relación a los descriptores de olor, se identificaron un total de 5 descriptores, de los cuales sólo 2 fueron comunes para las 3 muestras, y presentaron intensidades diferentes ($p < 0,05$). Los olores comunes fueron canela y margarina. El olor a canela, una de las especias empleadas, fue más intenso en la **GC** ($6,58 \pm 0,38$), seguido en intensidad en la **GCF** ($1,84 \pm 0,14$) y casi

imperceptible en la **GPF** ($0,41 \pm 0,16$). El olor a margarina también se percibió en todas las galletas, pero significativamente más intenso en la **GC** ($5,25 \pm 0,36$), seguido por la **GCF** ($1,65 \pm 0,25$) y apenas perceptible en la **GPF** ($0,39 \pm 0,12$). Por otra parte, se identificaron tres descriptores de olor presentes sólo en las muestras sustituidas.

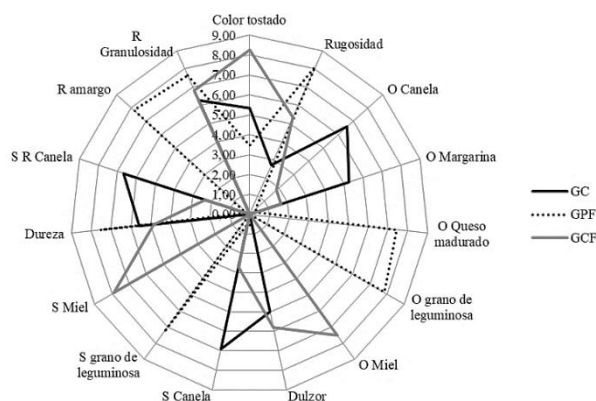


Fig. 1 Análisis Descriptivo Cuantitativo de la galleta control (**GC**), galleta con 30% harina de *Phaseolus vulgaris* fermentada (**GPF**) y galleta con 30% harina de *Cajanus cajan* fermentada (**GCF**). O: olor, S: sabor, R: residual.

El olor a queso madurado ($7,46 \pm 0,18$) y a grano de leguminosa ($7,83 \pm 0,27$), en las **GPF**, y un olor a miel ($7,52 \pm 0,24$) fue característico de la **GCF**. Cuando se evaluaron los 4 descriptores de sabor que fueron dulzor, canela, grano de leguminosa y miel, se observó que presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las muestras. El dulzor fue mayor en la **GCF** ($5,80 \pm 0,55$), seguida de la **GC** ($5,00 \pm 0,24$) y percibida a una intensidad muy baja en la **GPF** ($0,60 \pm 0,19$), esto a pesar de que todas las formulaciones contenían la misma cantidad de azúcar.

El sabor a canela ratificó en intensidad la percepción del olor de los evaluadores, ya que resultó significativamente mayor en la **GC** ($6,90 \pm 0,25$) y de menor intensidad en la **GCF** ($2,70 \pm 0,19$) y **GPF** ($0,50 \pm 0,15$), respectivamente. En las galletas con harinas de leguminosa fermentada, se presentaron sabores que podrían atribuirse a la presencia de este ingrediente en la formulación, como el sabor a leguminosa en la **GPF** ($7,30 \pm 0,23$) y el sabor a miel en la **GCF** ($7,90 \pm 0,24$). La dureza como descriptor del **ADC** fue diferente ($p < 0,05$) entre las muestras, siendo la **GPF** la más

dura ($7,57 \pm 0,16$), seguida de la **GC** ($5,59 \pm 0,15$) y **GCF** ($4,87 \pm 0,24$).

La sensación residual de sabor que permanecía luego de la degustación de las muestras, fue predominante para la canela, con una intensidad mayor en la **GC** ($6,67 \pm 0,24$), seguida de la **GCF** ($2,34 \pm 0,32$), y apenas perceptible en la **GPF** ($0,19 \pm 0,10$). El amargor residual se percibió solo en la **GPF** ($7,81 \pm 0,26$), con una mayor intensidad que cuando fue percibido en las primeras etapas de la masticación. La sensación residual de granulosidad también se percibió en las tres galletas, siendo mayor en la **GPF** ($7,64 \pm 0,17$), seguida de la **GCF** ($6,81 \pm 0,12$) y **GC** ($6,29 \pm 0,13$).

En la Tabla 2 se muestran algunos de los compuestos volátiles identificados en la harina de *Phaseolus vulgaris*. Las notas de aroma asociadas a los compuestos identificados se consultaron en la base de datos generada por Acree y Arn [19]. En la harina de *Phaseolus vulgaris* fermentada se evidenció la presencia de compuestos relacionados con procesos de fermentación, como lo son el etanol, ácido acético y butanol, y compuestos aromáticos asociados a productos lácteos y grasa rancia. En la Tabla 3, se muestran los resultados del

análisis cualitativo de compuestos de aromas en la harina de *Cajanus cajan* fermentada. Se identificó un mayor número de compuestos en la harina de

esta leguminosa, y algunos están asociados a descriptores dulces, como malta, almendra y caramelo.

TABLA 2.

Compuestos aromáticos identificados en la harina de *Phaseolus vulgaris* fermentada empleando CG-EM.

Tiempo (min)	Compuesto	Coincidencia (%)	Descriptor sensorial [19]
2,30	acetaldehído	90	Almendra, floral, manzana verde
2,42	etanol	86	Dulce,
3,30	ácido acético	80	Vinagre
4,15	butanol	91	Vino, alcohol
5,19	butanoato de metilo	94	Cacao, malta, amargo, quemado
5,69	dimetil disulfuro	95	Cebollas, coles, podrido
6,69	2,3-butanodiol	82	Rancio, grasa rancia
7,11	butanoato de etilo	96	Manzana, frutas
9,42	ácido butírico	91	Grasa, rancio, queso
12,25	6-metil-5-hepteno-2-ona	94	Cítrico, champiñón, pimienta
12,34	2-pentil-furano	94	Grano verde, mantequilla
12,47	butanoato de butilo	90	Frutas
24,78	1-butil-hexil benceno	95	NNI
26,63	1-butil-heptil benceno	91	NNI

NNI: nota aromática no identificada.

TABLA 3.

Compuestos aromáticos identificados en la harina de *Cajanus cajan* fermentada empleando CG-EM.

Tiempo (min)	Compuesto	Coincidencia (%)	Descriptor sensorial [19]
3,56	ácido acético	91	Vinagre
3,99	3-metil-butanal	95	Malta, rancio
4,11	2-metil-butanal	87	Cacao, almendra
4,90	3-hidroxi-2-butanona	90	Desagradable, fermentación
6,25	metil-benceno	90	NNI
6,60	2,3-butanodiol	91	Rancio, grasa rancia
8,03	ácido butírico	91	Grasa, rancio, queso
8,98	1,3-dimetil-benceno	95	NNI
9,64	Xileno	94	Plástico
10,20	α butirrolactona	94	Caramelo, dulce
11,54	benzaldehído	81	Almendra, caramelo
12,40	1,2,3-trimetil-benceno	95	NNI
12,33	2-pentil-furano	94	Grano verde, mantequilla
12,41	1,2,4-trimetil-benceno	95	NNI
13,34	α limoneno (+/-)	99	Cítrico, menta
13,42	1,8-cineol (eucalipto)	96	Menta, dulce
13,76	fenilacetaldéhído	90	Floral
14,94	2-metoxi-fenol (guayacol)	87	Humo, dulce, clavos de olor

NNI: nota aromática no identificada.

DISCUSIÓN

La textura en los alimentos depende de las características físicas de la matriz alimentaria y estas son determinadas por su composición química, las interacciones moleculares, la formulación, el modo de preparación, entre otros factores [20]. Las galletas se caracterizan por presentar una estructura granular ligeramente compactada, en la cual el aire es atrapado en la estructura sin una distribución uniforme [20]. Entre los parámetros que afectan la textura de las galletas, la humedad es de gran importancia, ya que un contenido elevado provoca disminución de la dureza, entre otros efectos [20]. Aunque las muestras no registraron diferencias significativas en este parámetro, presentaron valores superiores a la referencia (máximo 5%) que indica la norma COVENIN 1483 para galletas dulces sin relleno [21]. Sin embargo, Okpala y cols. [22] registraron valores de humedad entre 7 y 10% en galletas elaboradas con harinas de *Cajanus cajan* germinado, sorgo fermentado y *Xanthosoma sagittifolium*.

En relación al grosor, los valores pueden estar afectados por el contenido de proteína, la humedad y el agente leudante usado. El mayor valor registrado en la **GC** podría estar relacionado a la elasticidad que ofrece el gluten a la mezcla y la expansión promovida por los agentes leudantes presentes en la harina de trigo, y en menor proporción en las galletas con harinas de leguminosas fermentadas [6]. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Jyotsna y cols. [23], quienes evaluaron la expansión de galletas elaboradas con harina de *Phaseolus aureus*, señalando una mayor expansión en la muestra control a base de trigo en relación a las muestras que contenían la leguminosa. Los autores explicaron que la menor expansión observada en las galletas de harinas compuestas, se debe a la competencia por el agua disponible en la masa de las muestras con mayor contenido de proteínas como es el caso de las galletas que contienen harinas de leguminosas.

Las diferencias en los parámetros de textura de las galletas fueron consistentes, tanto en las tendencias identificadas por el panel como por el

texturómetro. Torres y cols. [24] señalan que los efectos en la textura de las galletas se producen por la gelatinización del almidón, la reducción del contenido de humedad del producto, la desnaturalización de las proteínas y la cristalización del azúcar durante el horneado. El mayor valor de dureza registrado en la **GPF** es comparable a los resultados de Jyotsna y cols. [23], quienes relacionaron directamente un aumento en la dureza de galletas con el aumento en el contenido de harina de *Phaseolus aureus*. Un resultado similar fue el de Portman y cols. [3], cuando usaron harina de lentejas (*Lens culinaris* M.) y lo explicaron como una posible competencia por enlazar moléculas de agua entre las proteínas del trigo y de la lenteja. Otros autores [2, 25] explican que no solo el contenido de proteínas, sino el tipo de aminoácido presente y la fibra, podrían también afectar los resultados.

La fracturabilidad sensorial e instrumental fue significativamente diferente entre las muestras. La galleta **GC** registró el mayor valor, quizás debido al efecto de mayor cohesividad en la masa causada por la calidad del gluten, siendo esto consistente con otra investigación [7], donde observaron un mayor valor de fracturabilidad en galletas de harina de trigo en relación con las parcialmente sustituidas con sorgo o frijol. La fracturabilidad hace referencia a la fuerza necesaria para fracturar o romper una muestra de alimento. En este sentido Szczesniak y cols. [17] explicaron que un alimento que se fractura con mayor facilidad, requiere menos fuerza para fracturarlo cuando su dureza es alta y su cohesividad baja, características que corresponden con las galletas sustituidas.

En la medición instrumental de fracturabilidad, las galletas elaboradas con harinas de leguminosas no presentaron diferencias significativas entre sí, pero dicho resultado puede explicarse por la alta variabilidad de los datos obtenidos, que también lo han registrado otros autores [14,24]. El texturómetro es de alta sensibilidad a las pequeñas diferencias en la estructura física de las muestras y ocasionan mayor desviación en el registro de los datos.

Los perfiles sensoriales ratificaron diferencias entre los productos. El color tostado más intenso en la **GCF** se debe al tono marrón claro característico de esta leguminosa. El aspecto de superficie rugosa

observado en mayor intensidad en las **GPF** y **GCF** pudo deberse al contenido de fibra en las harinas, presente en mayor cantidad en *Phaseolus vulgaris* [26]. Un aspecto diferencial importante en las galletas fueron los descriptores de olor exclusivos en las muestras sustituidas. El olor a queso madurado presente en la **GPF** se explica por la presencia del dimetil disulfuro y el ácido butírico en la harina de *Phaseolus vulgaris* fermentada. El primero es un compuesto que ha sido identificado en quesos madurados como parmesano, azul y cheddar, originado por la hidrólisis enzimática y no enzimática de aminoácidos azufrados como la metionina y el segundo compuesto también está asociado a notas aromáticas de queso [27].

El olor a miel en la **GCF** quizás se deba a la presencia de varios compuestos que aportan notas de aroma de alimentos dulces. La presencia del olor a miel afectó la percepción de un mayor dulzor en la **GCF**, ya que la experiencia del sabor, a pesar de ser multisensorial, está influenciada entre un 80 a 90% por el aroma que se percibe al momento de degustar el alimento [28]. De esta manera, el intenso olor a miel actuó como potenciador del dulzor en esta galleta, generando un efecto de sinergia similar al que ejerce la esencia de vainilla en un postre, la cual aumenta la percepción de dulzor [29]. En el sentido opuesto, el amargor presente en la **GPF** afectó la intensidad del dulzor, entendiendo el efecto antagónico en la percepción de gustos básicos [29]. Compuestos asociados al amargor se producen en alimentos ricos en proteínas, tales como los quesos cuando son fermentados, en los cuales se rompen los enlaces peptídicos por procesos enzimáticos y se exponen aminoácidos que confieren amargor [30], lo cual puede ocurrir al fermentar los granos de leguminosas. La sensación residual de granulosis es una característica importante en galletas y está definida como la cantidad de partículas del alimento que permanecen en la boca una vez degustado [14]. Esta percepción sensorial pudo deberse al mayor contenido de fibra presente en harinas compuestas con leguminosas fermentadas en relación a la galleta control.

Los estudios de compuestos volátiles en leguminosas han demostrado la presencia de una gran cantidad de moléculas comunes y específicas según la variedad y forma de cocción. Algunos

compuestos volátiles presentados en estudios con *Phaseolus vulgaris*, que coinciden con esta investigación, fueron el acetaldehído, etanol, dimetil disulfuro, 6-metil-5-hepteno-2ona [31], ácido acético, butanol [32]. Es notable la escasez de investigaciones que hagan mención a estudios de compuestos de aroma en *Cajanus cajan* y en leguminosas fermentadas, siendo un área con poca exploración y gran interés desde el punto de vista sensorial para el desarrollo de formulaciones nutritivas con mayor potencial de aceptación entre los consumidores.

CONCLUSIONES

La sustitución parcial de la harina de trigo por 30% de harinas de *Phaseolus vulgaris* o *Cajanus cajan* fermentadas, provocó cambios en la textura y en el perfil sensorial de las galletas, dando origen a productos significativamente diferentes. Las harinas de leguminosas fermentadas contienen compuestos volátiles responsables de las características de olor y sabor de las galletas que las contenían y que constituyen un elemento diferenciador entre ellas y en relación a la galleta control.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se realizó bajo el proyecto S1-2001000856: “Desarrollo de alimentos funcionales para poblaciones vulnerables y regímenes especiales, a base de materias primas nacionales nutricionalmente mejoradas mediante el uso de la biotecnología”, coordinado por la Dra. Marisela Granito. Las autoras desean agradecer al Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA) de la Universidad Central de Venezuela, y en especial a la, Dra. María Soledad Tapia, por facilitar el uso del texturómetro así como a la Gerencia de Soporte Científico de Empresas Polar por facilitar el uso del equipo CG-EM.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Erbersdobler HF, Barth CA, Jahreis G. Legumes in human nutrition. Nutrient content and

- protein quality of pulses. *Ernah Ums.* 2017; 64(9): 134-139. doi: 10.4455/eu.2017.034.
- [2] Olaleke M, Audu S, Lyambee B. Comparative review of crude protein and amino acid composition of some leguminous seeds grown in Nigeria. *Int J Sci.* 2017; 6(8): 401-409.
- [3] Portman D, Blanchard C, Maharjan, P, McDonald L, Mawson J, Naiker M, Panozzo J. Blending studies using wheat and lentil cotyledon flour- effects on rheology and bread quality. *Cereal Chem.* 2018; 95(6): 849-860.
- [4] Millar KA, Barry-Ryan C, Burke R, McCarthy S, Gallagher E. Dough properties and baking characteristics of white bread, as affected by addition of raw, germinated and toasted pea flour. *Innov Food Sci & Emer Techn.* 2019; 56: 102189. doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102189.
- [5] Aimon SS, Liaquat A, Aamir SH, Qadeer T, Ashraf S, Ali R. Blend of flour with *Vigna radiata* and *Vigna mungo* used in muffins in order to increase nutritional properties. *Agrobiol Rec.* 2021; 3: 29-35.
- [6] Chompoorat P, Rayas-Duarte P, Hernández-Estrada Z, Phetcharat C, Khamsee Y. Effect of heat treatment on rheological properties of red kidney bean gluten free cake batter and its relationship with cupcake quality. *J Food Sci Technol.* 2018; 55:4937-4944.
- [7] Martínez N, Castillo O, Rodríguez G, Perales-Torres A, González A. Análisis proximal, de textura y aceptación de las galletas de trigo, sorgo y frijol. *Arch Latin Nutr.* 2017; 67(3): 227-234.
- [8] Singh M, Singh C. Formulation and characterization of cookies prepared from the composite flour of germinated kidney bean, chickpea, and wheat. *Legum Sci.* 2020; 2(3): 1-12. doi.org/10.1002/leg3.42.
- [9] Limón RI, Peñasa E, Torino MI, Martínez-Villaluenga C, Dueñas M, Frías J. Fermentation enhances the content of bioactive compounds in kidney bean extracts. *Food Chem.* 2015; 172(1): 343-352.
- [10] Chandra-Hioe MV, Wong CHM, Arcot J. The potential use of fermented chickpea and faba bean flour as food ingredients. *Plant Foods Hum Nutr.* 2016; 71: 90-95.
- [11] Granito M, Valero Y, Zambrano R, Guerra M. Desarrollo y caracterización de una galleta extendida con caraotas blancas. *Agron Trop.* 2006; 56(4): 539-546.
- [12] Bressani R. Factors influencing nutritive value in food grain legumes: *Mucuna* compared to other grain legumes. En: Flores M, Eilitta M, Myrthman R, Carew LB, Carsky RJ (Editores). *Food and feed from Mucuna: Current uses and the way forward. Proceedings of an International Workshop (Vol. 1).* Tegucigalpa: Worlds Hunger Research Centre; 2002. p. 16-188.
- [13] Association of Official Agricultural Chemist. *Official Methods of Analysis of the AOAC.* 15th ed. Washington, D.C., The Association, 1990.
- [14] Yilmaz E, Oğutcu M. Texture, sensory properties and stability of cookies prepared with wax oleogels. *Food Funct.* 2015; 6(4):1194-1204. doi: 10.1039/c5fo00019j.
- [15] American Society for Testing and Materials (ASTM). *Guidelines for the selection and training of sensory panel members.* Philadelphia: ASTM Committee E-18; 1981.
- [16] International Organization for Standardization. *ISO 16820: Sensory Analysis- Methodology- Sequential analysis.* Switzerland: Subcommittee SC 12 Sensory analysis; 2004.
- [17] Szczesniak A, Brandt M, Friedman H. Development of standard rating for mechanical parameters of texture and correlation between the objective and the sensory methods of texture evaluation. *J Food Sci.* 1963; 28(4): 397-403.
- [18] Stone H, Sidel J. *Sensory evaluation practices.* 3rd edition. California: Academic Press Inc; 2004.
- [19] Acree T, Arn H. Flavornet and human odor space. *Gas chromatography - olfactometry (GCO) of natural products* Sponsored by DATU Inc. [Página Web] 2004. [acceso abril 2021]. Disponible en: <http://www.flavornet.org/flavornet.html>.
- [20] Ahmed H, Satheesh N, Dibaba K. Functional, physical and sensory properties of cookies prepared from okara, red teff and wheat flours. *Croat J Food Sci Technol.* 2018; 10(1): 23-32.

- [21] Comisión Venezolana de Normas Industriales. COVENIN 1483: Galletas. Caracas: Comité técnico de normalización CT10- Productos alimenticios, Fondonorma; 2001.
- [22] Okpala L, Okoli E, Udensi E. Physico-chemical and sensory properties of cookies made from blends of germinated pigeon pea, fermented sorghum, and cocoyam flours. *Food Sci Nutr*. 2013; 1(1): 8-14.
- [23] Jyotsna R, Swetha L, Jyothi L, Venkateswara R. Influence of green gram flour (*Phaseolus aureus*) on the rheology, microstructure and quality of cookies. *J Text Stud*. 2012; 43(5): 350-360.
- [24] Torres J, Torres R, Acevedo D, Gallo-García L. Evaluación instrumental de los parámetros de textura de galletas de limón. *Rev Vector*. 2015; 10: 14-25.
- [25] Boye J, Zare F, Pletch A. Pulse proteins: processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. *Food Res Intern*. 2010; 43: 414-431.
- [26] Instituto Nacional de Nutrición. Tabla de composición de alimentos para uso práctico. Caracas: Serie de libros azules; 1999.
- [27] van Mastrit O, Gallegos Tejeda D, Kristensen MN, Abbe T, Smid E. Aroma formation during cheese ripening is best resembled by *Lactococcus lactis* retentostat cultures. *Microb Cell Fact*. 2018; 17: 104.
- [28] Stuckey B. Book review: Taste what you're missing: The passionate eater's guide to why good food tastes good (Free Press). *Flavour*. 2012; 2(2): 1-4. doi:10.1186/2044-7248-2-2.
- [29] Wittig E. Evaluación sensorial. Una metodología actual para la tecnología de alimentos. Santiago: Estudios gráficos USACH; 2001.
- [30] Aluko R. Structural characteristics of food protein-derived bitter peptides. En: Aliani M, Eskin M (Editores). Bitterness: perception, chemistry and food processing. 1ra edición. Manitoba: John Wiley & Sons, Inc. and the Institute of Food Technologists. 2017; p 103-123. doi.org/10.1002/9781118590263.ch6.
- [31] Mishra P, Tripathi J, Gupta S, Variyar P. Effect of cooking on aroma profile of red kidney beans (*Phaseolus vulgaris*) and correlation with sensory quality. *Food Chem*. 2017; 215: 401-409.
- [32] Ruth S, Dings L, Aprea E, Odake S. Comparison of volatile flavour profiles of kidney beans and soybeans by GC-MS and PTR-MS. *Food Sci Tech Res*. 2005; 11(1): 63-70.

Vivas Odry, Orcid ID: 0000-0002-3107-1202

Sangronis Elba, Orcid ID: 0000-0003-4235-5478