

ELABORACIÓN DE GALLETITAS DULCES LIBRES DE GLUTEN CON HARINA DE *PACHYRHIZUS AHIPA*

Fernanda Sacco¹, María Cecilia Doporto¹, Cecilia Dini¹, Sonia Z. Viña^{1,2},
María Alejandra García¹

1. RESUMEN

El desarrollo de productos libres de gluten requiere la utilización de harinas no tradicionales como la de ahipa (*Pachyrhizus ahipa*), una Leguminosa de origen andino, productora de raíces tuberosas. El objetivo del presente trabajo fue formular y elaborar galletitas conteniendo harina de ahipa y estudiar aquellas propiedades físico-químicas relacionadas con su calidad y aptitud para la conservación. Se ensayaron cinco formulaciones de galletitas: una control (100 % almidón de maíz) y cuatro con diferentes porcentajes de sustitución con harina de ahipa (12,5; 18; 25 y 35 %). Los restantes ingredientes fueron huevos, yemas, azúcar, manteca y leudante. Las condiciones de horneado fueron: 180 °C-10 min, 200 °C-7,5 min y 200 °C-10 min. Se caracterizaron las masas y productos horneados mediante ensayos de textura (análisis de perfil de textura TPA y medida de la fuerza máxima en compresión empleando la sonda Volodkevich), medidas de color superficial (con un colorímetro Konica Minolta CR 400 Series), actividad acuosa y contenido de humedad. Además se realizó una evaluación sensorial (aceptabilidad por atributos) de las galletitas elaboradas con 25 % de harina de ahipa horneadas a 200 °C-7,5 min y 200 °C-10 min. El panel sensorial (60 consumidores no entrenados) evaluó los atributos color, sabor, textura y aceptabilidad general. El TPA de las masas ensaya-

CONTACTO: Ma. Alejandra García magarcia@quimica.unlp.edu.ar

1. CIDCA (Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos), Facultad Ciencias Exactas Universidad Nacional de La Plata (UNLP) – CONICET La Plata, 47 y 116 S/N°, La Plata (B1900AJJ), Buenos Aires, Argentina.

2. Curso Bioquímica y Fitoquímica, Laboratorio de Investigación en Productos Agroindustriales (LIPA), Facultad Ciencias Agrarias y Forestales (UNLP).

das mostró diferencias respecto del porcentaje de sustitución de almidón de maíz por harina de ahípa. En cuanto a las diferencias de color (DE con respecto al control), las condiciones de horneado 180 °C-10 min y 200 °C-7,5 min no presentaron diferencias significativas ($p>0,05$) entre sí, siendo los valores obtenidos más bajos que los correspondientes a la condición 200 °C-10 min. El índice de pardeamiento de los productos horneados estudiados se incrementó, en general, a medida que aumentó el porcentaje de sustitución. La condición de horneado seleccionada en el ensayo sensorial fue 200 °C-7,5 min. La galletita evaluada obtuvo el mayor puntaje en cuanto a aceptabilidad general, sabor y color. Se concluye que la harina de ahípa podría sustituir al almidón de maíz en futuras formulaciones para la preparación de productos libres de gluten, ya que contribuiría a obtener un producto nutricionalmente balanceado y con buena aceptación por parte de los consumidores.

2. INTRODUCCIÓN

Considerando que los cambios en la alimentación requeridos por los pacientes celíacos para ajustarse y mantener una dieta libre de gluten estricta son considerables y tienen un impacto significativo en sus vidas diarias, se ha incrementado la preocupación sobre los hábitos alimenticios a largo plazo y las elecciones alimentarias de dichos pacientes. Los resultados de diversos estudios indican un consumo desequilibrado de glúcidos, proteínas y lípidos, como así también una ingesta limitada de ciertos nutrientes esenciales en los sujetos celíacos (Álvarez-Jubete y col., 2010). El desarrollo de productos libres de gluten requiere la utilización de harinas no tradicionales, que contribuyan a solucionar estos desequilibrios.

El contenido de proteína de la harina de trigo puede variar entre 9-15 % (USDA, 2014), mientras que ciertas harinas alternativas como las de legumbres pueden ofrecer un contenido superior, aunque imparten por lo común sabores menos aceptados, que afectan la palatabilidad del alimento. La harina de soja resulta apropiada para una dieta libre de gluten, es rica en proteínas (34-35 %) pero es necesario remover parte de los lípidos que favorecen un rápido deterioro, además de un tratamiento que inactive a los inhibidores de tripsina que pudieran estar presentes.

Los motivos mencionados posicionarían a la harina de ahípa (*Pachyrhizus ahípa*) como materia prima promisoría para la elaboración de productos libres de gluten. Se trata de una Leguminosa de origen andino, productora de raíces tuberosas

que acumulan almidón como compuesto de reserva. Esta especie reúne las ventajas de un mayor contenido de proteína (7,9-11,5 %) que la mayoría de las raíces y tubérculos (Dini y col., 2013), con una mayor palatabilidad o aceptación que las harinas de legumbres (obtenidas de las semillas).

El objetivo del presente trabajo fue formular y elaborar galletitas conteniendo harina de ahípa y estudiar aquellas propiedades físico-químicas relacionadas con su calidad y aptitud para la conservación.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Se ensayaron cinco formulaciones de galletitas: una control (100 % almidón de maíz) y cuatro con diferentes porcentajes de sustitución con harina de ahípa (12,5; 18; 25 y 35 %). Además del almidón de maíz, los restantes ingredientes empleados en la elaboración fueron huevos, yemas, azúcar, manteca y leudante. Las condiciones de horneado fueron: 180 °C-10 min, 200 °C-7,5 min y 200 °C-10 min, y se empleó un horno eléctrico estático (Ariston FM87-FC, Italia) bajo convección natural.

Se caracterizó la textura de las masas y productos horneados empleando un analizador de textura TAXT2i Texture Analyzer (Stable Micro Systems Ltd, Gran Bretaña), a través del análisis del perfil de textura (TPA) para las masas crudas y la medida de la fuerza máxima en compresión empleando la sonda Volodkevich, para los productos horneados. Las condiciones del TPA fueron las siguientes: se utilizó una celda de carga de 25 kg, con la sonda SMSP/75 (plato de aluminio de 7,5 cm de diámetro) operado en el modo compresión, a una velocidad constante de 0,5 mm s⁻¹. Se midió la firmeza (N), adhesividad y cohesividad de discos de masa de 3 cm de diámetro y 8 mm de altura, luego de dos ciclos de compresión (20 %). Para las galletitas horneadas se empleó la sonda Volodkevich Bite Jaws y se midió la fuerza máxima en compresión (N) y el área bajo la curva, que se considera directamente asociada a la energía necesaria para cortar la muestra (Olivera y Salvadori, 2012).

Se analizó el color superficial (con un colorímetro Konica Minolta CR 400 Series, Japón); los resultados fueron expresados en términos de luminosidad (L*), coordenada rojo-verde (a*), azul-amarillo (b*), ángulo hue (h°) y Chroma (C*), siendo $h^\circ = \tan^{-1}(b^*/a^*)$ y $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$. En el caso de las galletitas horneadas se calcularon también la diferencia de color ΔE con respecto a la formulación control y el índice de pardeamiento (IP), de acuerdo a las siguientes expresiones:

$$\Delta E = \sqrt{\left((a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2 + (L^* - L_0^*)^2 \right)} \quad (1)$$

$$x = \frac{a^* + 1,75L^*}{5,645L^* + a^* - 3,012b^*} \quad (2)$$

$$IP = \frac{100(x - 0,31)}{0,172} \quad (3)$$

Se midió la actividad acuosa (Water Activity Meter Aqualab series 3, Decagon Devices Inc., USA) y el contenido de humedad, mediante deshidratación de las muestras en estufa a 105 °C hasta peso constante.

Una vez seleccionada una de las formulaciones ensayadas, se determinó la composición química de las galletitas correspondientes (cenizas totales, fracción liposoluble, proteínas calculadas en base al contenido de nitrógeno total determinado por el método Kjeldahl) mediante las técnicas de referencia (AOAC, 1990). Se determinó el contenido de fibra dietaria total mediante el kit K-TDFR 05/12 Megazyme© (Irlanda) a partir de 1,0000 g de galletitas molidas, previamente desengrasadas mediante el método de Soxhlet. Los resultados se expresaron en porcentaje (%).

Asimismo se realizó un ensayo de evaluación sensorial (aceptabilidad por atributos) de las galletitas elaboradas en base a la formulación seleccionada horneadas a 200 °C-7,5 min y 200 °C-10 min. El panel sensorial (60 consumidores no entrenados) evaluó mediante una escala hedónica semi-estructurada los atributos color, sabor, textura y aceptabilidad general de las muestras presentadas al azar y codificadas mediante números aleatorios de tres dígitos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CARACTERIZACIÓN DE LAS MASAS

A partir de las curvas obtenidas en el ensayo de perfil de textura se evaluaron los diferentes parámetros que caracterizan a las masas crudas estudiadas (Tabla 1).

La cohesividad es un parámetro relacionado con las fuerzas que vinculan a los diferentes componentes de la matriz; por lo tanto valores bajos de este parámetro se asocian a una menor integración de los componentes en la masa (Roopa y Bhattacharya, 2008). La cohesividad más alta la presentó la masa con 18 % harina de ahípa, y la más baja la que contenía 12,5 % de esta harina. No se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) en los valores de las masas con 25 % y 35 % de sustitución.

La masa con 35 % de harina de ahípa fue la que presentó los valores mayores de dureza, gomosidad, masticabilidad y consistencia, mientras que los menores valores en dichos parámetros correspondieron a la masa con 18 % harina de ahípa. Las masas preparadas con 100 % de almidón de maíz y la que contenía 25 % de harina de ahípa fueron las más adhesivas.

Los parámetros luminosidad (L^*), hue (h°) y Chroma (C^*) de las masas estudiadas se presentan en la Tabla 2. La masa con 100 % almidón de maíz presentó el valor de luminosidad más alto mientras que éste disminuyó a medida que aumentó el porcentaje de harina de ahípa en la formulación. El valor del ángulo hue (h°) de la masa control indicó la tonalidad amarilla de las muestras, mientras que las masas restantes presentaron tonalidades más pardas. Los mayores valores de Chroma (C^*) los presentaron las masas control y con 35 % de harina de ahípa, indicando una mayor saturación del color.

CARACTERIZACIÓN DE LAS GALLETITAS FORMULADAS

Con fines comparativos, se evaluaron las diferencias de color ΔE de las galletitas horneadas respecto a la formulación con 100 % de almidón de maíz (Tabla 3).

Las condiciones de horneado 180 °C-10 min y 200 °C-7,5 min no presentaron diferencias significativas ($p>0,05$) entre sí, siendo los valores obtenidos más bajos que los correspondientes a la condición 200 °C-10 min. El índice de pardeamiento de los productos horneados estudiados se incrementó, en general, a medida que aumentó el porcentaje de sustitución. Esto puede deberse a los productos de pardeamiento originados en la reacción de Maillard entre proteínas y azúcares reductores durante la cocción.

Los resultados del análisis de compresión realizado con la sonda Volodkevich Bite Jaws sobre las galletitas formuladas sometidas a diferentes condiciones de cocción se muestran en la Tabla 4. Los parámetros analizados fueron la fuerza máxima, asociada a la firmeza de la muestra, y el área bajo la curva que representa el trabajo realizado en la ruptura. En todas las condiciones de horneado las galletitas con 35 % harina de ahípa presentaron los valores más altos de ambos parámetros.

Las galletitas con 25 % de harina de ahípa mostraron valores similares en las condiciones 180 °C-10 minutos y 200 °C-7,5 minutos para los parámetros analizados, o muy cercanos en la condición 200 °C-10 minutos. El área generada fue mayor para las dos primeras condiciones mencionadas, mientras que los valores más altos

de fuerza máxima se obtienen en las condiciones con mayor tiempo de cocción (180 °C-10 minutos y 200 °C-10 minutos).

En todas las formulaciones se observó que los valores de actividad acuosa y contenido de humedad fueron inferiores en la condición de máxima temperatura y tiempo (200 °C, 10 minutos); los mismos variaron entre 0,304-0,400 y 6,22-9,53 % respectivamente. En cuanto al contenido de humedad, las galletitas de formulaciones con mayor porcentaje de sustitución de la harina de ahípa presentaron menores valores en la condición 180 °C-10 minutos (9,04 %) que en la 200 °C-7,5 minutos (10,94 %).

De los resultados obtenidos, y en especial considerando los obtenidos en el desarrollo de color superficial de las galletitas elaboradas con harina de ahípa, se descartó la formulación con 35 % de esta harina. Teniendo en cuenta que la inclusión de esta harina no tradicional permite mejorar el perfil nutricional del producto sobre la base de un mayor contenido de proteínas, se seleccionó la formulación conteniendo 25 % de harina de ahípa y se evaluó su composición química.

El contenido de cenizas totales fue mayor en las galletitas elaboradas con 25 % de harina ($0,84 \pm 0,02$ %) respecto de la galletita control ($0,67 \pm 0,04$ %). El mayor contenido de proteínas que posee la galletita elaborada con harina de ahípa ($2,6 \pm 0,1$ %) se corresponde con la composición química de esta harina, mientras que la galletita con almidón de maíz ($1,3 \pm 0,1$ %) realiza un menor aporte de proteínas. No se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) en el contenido de lípidos (17 %). El contenido de fibra dietaria total en la galletita con harina de ahípa fue más alto ($5,0 \pm 1,4$ %) que en las control ($1,9 \pm 0,8$ %), ya que la harina de ahípa puede considerarse como fuente de fibra. El contenido de carbohidratos totales, obtenido por diferencia porcentual, no mostró diferencias significativas ($p > 0,05$) entre las galletitas analizadas. No se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) en la composición química de las galletitas según la condición de cocción empleada.

EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PRODUCTO HORNEADO

La condición de horneado se seleccionó a partir de un ensayo sensorial, donde se evaluaron las combinaciones tiempo-temperatura 200 °C-10 min y 200 °C-7,5 min de las galletitas con 25 % de harina de ahípa, ya que éstas permitieron una mayor reducción del contenido de humedad y a_w de las muestras.

Se observó que para la condición de horneado a 200 °C durante 7,5 minutos, el puntaje 8 de aceptabilidad general fue elegido con mayor frecuencia (Figura 1A),

mientras que para la condición 200 °C-10 minutos el puntaje 7 fue el que presentó la mayor frecuencia de elección (Figura 1B). En base a estos resultados se eligió la galletita formulada con 25 % de harina de ahípa y horneada a 200 °C durante 7,5 minutos, como la de mayor aceptación por parte del panel evaluador.

El 75 % de los panelistas calificó con puntajes mayores a 7 a las galletitas elaboradas con 25 % de harina de ahípa, prefiriéndolas a los controles. En cuanto al sabor, la más aceptada fue la galletita elaborada con 100 % de almidón de maíz (galletita control) (Figura 2). Con respecto al atributo textura, la galletita que presentó mayor aceptación fue la formulada con harina de ahípa; los consumidores asociaron las características texturales de las galletitas control a las de un “producto arenoso”. La aceptabilidad general de las galletitas evaluadas en el panel sensorial fue buena, siendo 7 el puntaje predominante (Figura 2). Este hecho es favorable para un posible lanzamiento al mercado, puesto que la aceptación general podría ser similar a la de galletitas elaboradas exclusivamente con almidón de maíz, que habitualmente se ofrecen en los comercios y góndolas de productos aptos para celíacos.

5. CONCLUSIONES

Fue factible obtener galletitas formuladas a partir de almidón de maíz parcialmente sustituidas con harina de ahípa. Las galletitas que incluyeron harina de ahípa en su formulación se caracterizaron por poseer un mayor aporte de fibra dietaria total y de proteína que las galletitas elaboradas exclusivamente a base de almidón de maíz.

Las galletitas formuladas con 35 % de harina de ahípa fueron descartadas debido a los elevados valores de las diferencias de color (ΔE) con respecto a la formulación control, una vez horneadas. Las elaboradas con 25 % de harina de ahípa y horneadas a 200 °C durante 7,5 minutos obtuvieron el mayor puntaje en cuanto a aceptabilidad general, sabor y color, siendo ésta la condición seleccionada por el panel sensorial.

Los ensayos de textura, mostraron valores de fuerza máxima y área bajo la curva muy similares para las galletitas formuladas con 25 % harina de ahípa en todas las condiciones de cocción. Sin embargo, las masas mostraron perfiles de textura algo diferentes: la mayor firmeza y consistencia la presentó la masa con 35 % de harina de ahípa; la mayor adhesividad a la sonda la presentó la masa con 25 % de esta harina como así también la masa control.

Los ensayos sensoriales indicaron que las galletitas obtenidas tuvieron buena aceptabilidad por parte de los evaluadores, incluso mayor que las formuladas sólo con almidón de maíz.

Se concluye que la harina de ahípa podría sustituir al almidón de maíz en futuras formulaciones para la preparación de productos libres de gluten, ya que contribuiría a obtener un producto nutricionalmente balanceado y con buena aceptación por parte de los consumidores.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁLVAREZ-JUBETE, L., Arendt, E. K., Gallagher, E. (2010). Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten free ingredients. *Trends Food Sci. Technol.* 21, 106–113.
- AOAC. (1990). *Official methods of analysis* (15th ed.). Arlington, Virginia, USA: Association of Official Analytical Chemists (AOAC), Inc.
- OLIVERA, D. F., Salvadori, V. O. (2012). Kinetic modeling of quality changes of chilled ready to serve lasagna. *Journal of Food Engineering*, 110, 487-492.
- ROOPA, B. S., Bhattacharya, S. (2008). Alginate gels: I. Characterization of textural attributes. *Journal of Food Engineering* 85 (1), 123-131.
- USDA (United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service). 2013. USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 26. Nutrient Data Laboratory Home Page, <http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl>

7. TABLAS Y FIGURAS

TABLA 1. Parámetros del análisis de perfil de textura de las masas crudas

% Harina de ahípa	Firmeza (N)	Cohesividad	Gomosidad (N)	Adhesividad (N mm)	Mastica-bilidad	Consistencia (N mm)
0	31,6±1,9 ^b	0,23±0,02 ^b	7,3±0,7 ^c	4,1±0,6 ^c	7,3±0,6 ^c	64,6±4,3 ^b
12,5	29,7±1,8 ^b	0,19±0,03 ^a	5,7±0,9 ^b	3,6±0,9 ^b	5,7±0,8 ^b	59,2±7,6 ^b
18	13,9±2,0 ^a	0,29±0,03 ^c	4,1±0,5 ^a	3,3±0,9 ^{a,b}	4,1±0,5 ^a	25,5±4,6 ^a
25	38,5±1,3 ^c	0,24±0,01 ^b	9,2±0,3 ^d	4,1±1,3 ^c	9,2±0,1 ^d	76,1±9,0 ^c
35	80,4±0,5 ^d	0,22±0,02 ^b	17,9±1,3 ^e	2,6±0,8 ^a	17,9±1,3 ^e	164,2±5,6 ^d

NOTA: datos acompañados por la misma letra en una misma columna, no difieren significativamente ($p > 0,05$).

TABLA 2. Parámetros colorimétricos L*, h° y Chroma (C*) para las masas crudas ensayas

% Harina de ahipa	L*	h°	C*
0	88,7±1,3 ^d	98,4±0,3 ^d	31,4±1,0 ^c
12,5	80,7±2,0 ^c	90,2±0,5 ^c	24,1±1,6 ^a
18	80,4±0,9 ^c	89,2±0,4 ^b	24,7±1,3 ^a
25	77,5±0,7 ^b	87,7±0,3 ^a	25,4±1,0 ^a
35	74,1±1,2 ^a	87,4±0,4 ^a	29,6±1,8 ^b

Nota: datos acompañados por la misma letra en una misma columna, no difieren significativamente ($p>0,05$).

TABLA 3. Diferencias de color de las galletitas formuladas con harina de ahipa, respecto de las galletitas controles (0% de harina de ahipa), horneadas en diferentes condiciones.

% Harina de ahipa	180 °C - 10 min	200 °C - 10 min	200 °C - 7,5 min
0	0,00±0,00 ^a	0,00±0,00 ^a	0,00±0,00 ^a
12,5	13,1±0,6 ^b	21,8±1,6 ^b	14,8±0,9 ^c
18	13,4±0,6 ^b	23,9±1,7 ^c	13,1±0,5 ^b
25	13,4±0,7 ^b	21,9±1,6 ^b	14,8±0,9 ^c
35	17,8±1,0 ^c	27,4±1,1 ^d	15,4±1,1 ^c

Nota: datos acompañados por la misma letra en una misma columna, no difieren significativamente ($p>0,05$).

TABLA 4. Parámetros texturales (fuerza máxima, N y área bajo la curva, N mm) de galletitas formuladas con harina de ahipa horneadas en diferentes condiciones.

% Harina de ahipa	180 °C-10 min		200 °C-10 min		200 °C-7,5 min	
	F máx	Área	F máx	Área	F máx	Área
0	6,8±0,5 ^c	15,6±1,1 ^a	7,0±1,4 ^a	7,5±2,8 ^a	3,5±0,7 ^a	8,8±1,3 ^a
12,5	4,7±0,5 ^b	18,9±1,2 ^b	21,9±1,6 ^c	31,0±2,7 ^c	3,8±0,9 ^a	15,7±0,9 ^b
18	3,6±0,4 ^a	15,4±1,5 ^a	12,3±1,6 ^b	42,7±3,7 ^d	3,9±0,5 ^a	14,4±1,6 ^b
25	9,4±1,8 ^d	30,6±2,5 ^c	11,6±1,6 ^b	19,9±1,8 ^b	7,1±0,6 ^b	28,3±2,9 ^c
35	21,4±1,8 ^e	54,2±2,9 ^d	22,2±1,3 ^c	40,0±3,6 ^d	15,0±1,0 ^c	58,7±2,6 ^d

Nota: datos acompañados por la misma letra en una misma columna, no difieren significativamente ($p>0,05$).

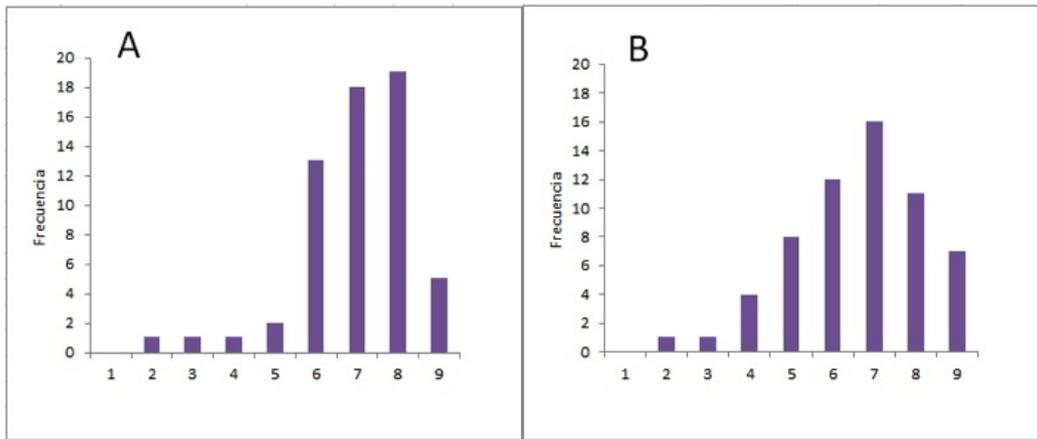


FIGURA 1. Histogramas de aceptabilidad general de las galletitas elaboradas con 25 % harina de ahípa horneadas a: A) 200 °C-7,5 minutos y B) 200 °C-10 minutos.

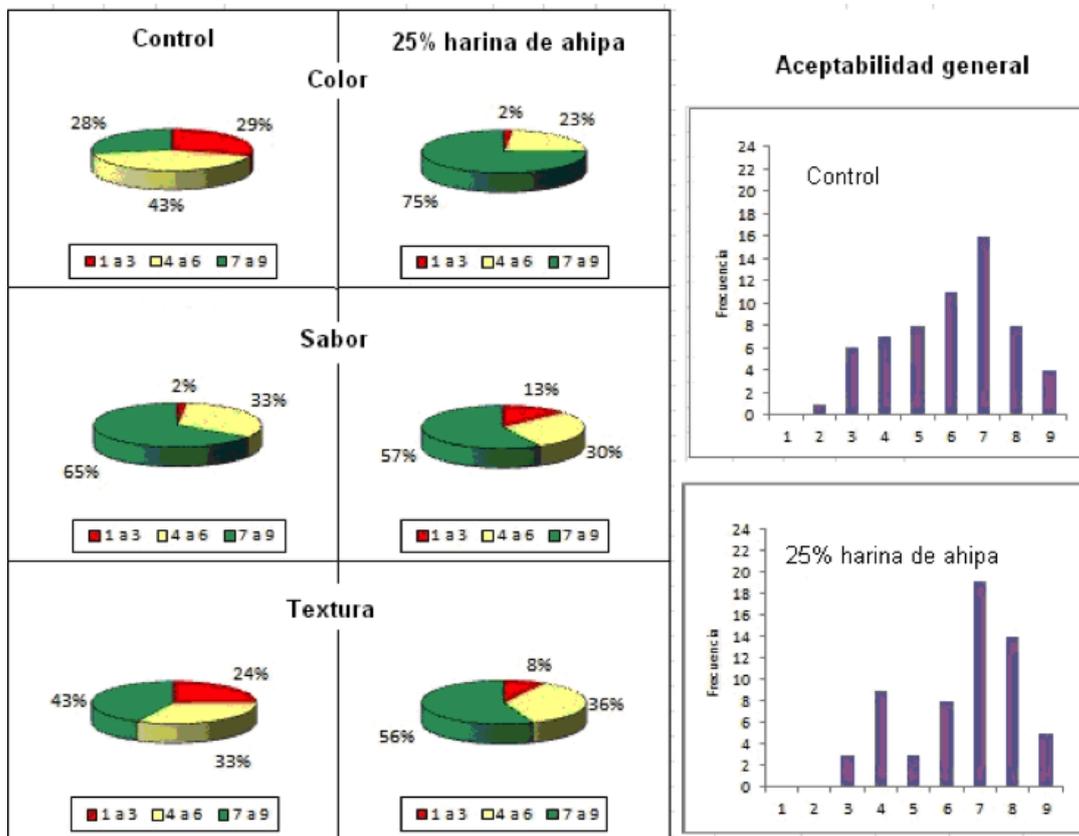


FIGURA 2. Atributos evaluados (color, sabor y textura) y aceptabilidad general de las galletitas control (100% almidón de maíz) y con 25% harina de ahípa.