

# ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS, BROMATOLÓGICOS Y NIVEL DE AGRADO EN GALLETA ELABORADA CON DIFERENTES PORCENTAJES DE HARINA DE TRIGO (*Triticumaestivum*) Y POLVO DE ZANAHORIA (*Daucus carota*)

Evelyn Sugey Cital Rios<sup>1</sup>, María Danahe Reverte Puentes<sup>1</sup>, Mónica Hernández López<sup>1</sup>, Rodolfo Gerardo Chew Madinaveitia, Liliana Gómez González, Jorge Aguilar Valenzuela<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Torreón.

\*Autor de correspondencia: jorge.av@torreon.tecnm.mx

## RESUMEN

Las zanahorias (*Daucus carota*) son reconocidas por su alto contenido de compuestos bioactivos con beneficios nutricionales. El objetivo de este estudio fue evaluar las características fisicoquímicas, bromatológicas y sensoriales de galletas elaboradas con diferentes proporciones de harina de trigo (HT) y polvo de zanahoria (PZ): T1 (100% HT), T2 (80% HT – 20% PZ) y T3 (70% HT – 30% PZ). Se realizaron análisis instrumentales por triplicado y una evaluación sensorial con 100 jueces consumidores. Los datos fueron analizados mediante ANOVA unifactorial y prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ). No se encontraron diferencias significativas en humedad ni en aceptación sensorial ( $p > 0.05$ ), lo que indica buena aceptación general. Sin embargo, el aumento de PZ redujo significativamente el pH y modificó los parámetros de color (\*L, \*a, \*b). Bromatológicamente, el PZ incrementó los contenidos de ceniza, fibra y carbohidratos, mientras que disminuyó el contenido proteico sin afectar la fracción lipídica. Estos resultados respaldan el uso del polvo de zanahoria como ingrediente funcional para mejorar el perfil nutricional de productos horneados.

**Palabras clave:** análisis, galletas, zanahoria.

## ABSTRAC

Carrots (*Daucus carota*) are recognized for their high content of bioactive compounds with nutritional benefits. The objective of this study was to evaluate the physicochemical, bromatological, and sensory characteristics of cookies made with different

proportions of wheat flour (WF) and carrot powder (CP): T1 (100% WF), T2 (80% WF – 20% CP), and T3 (70% WF – 30% CP).

Instrumental analyses were performed in triplicate, and a sensory evaluation was conducted with 100 consumer judges. Data were analyzed using one-way ANOVA and Tukey's test ( $p < 0.05$ ). No significant differences were found in moisture content or sensory acceptance ( $p > 0.05$ ), indicating good overall acceptance. However, increasing the CP content significantly reduced the pH and altered the color parameters (\*L, \*a, \*b). From a nutritional standpoint, PZ increased ash, fiber, and carbohydrate content, while decreasing protein content without affecting the lipid fraction. These results support the use of carrot powder as a functional ingredient to improve the nutritional profile of baked goods.

**Keywords:** analysis, cookies, carrot

## INTRODUCCIÓN

Las zanahorias (*Daucus carota*) son unas de las hortalizas más producidas y consumidas a nivel mundial. Su principal componente es el betacaroteno, un precursor de la vitamina A (retinol) que el organismo transforma tras su ingesta. Esta vitamina posee propiedades antioxidantes con beneficios comprobados en la regeneración celular, especialmente en la piel [1].

Una zanahoria de tamaño medio cubre aproximadamente el 89 % de las necesidades diarias de vitamina A en hombres de entre 20 y 39 años, y hasta el 112 % en mujeres del mismo rango de edad. Esto se debe a su alto contenido de carotenoides con actividad

provitamina A, que se convierten en vitamina A una vez ingeridos. Además, la zanahoria destaca por su elevado contenido de agua, una cantidad apreciable de

hidratos de carbono y un alto aporte de fibra, tanto soluble como insoluble.

También contiene vitaminas en menor proporción, como la vitamina C y la vitamina B<sub>6</sub>, así como minerales como potasio, yodo y hierro [2].

Cuando se deshidrata se mule para convertirla en polvo de zanahoria conservando todos sus nutrientes, lo que permite obtener masas más homogéneas al elaborar productos como galletas. Este formato resulta ideal, ya que las galletas son un alimento práctico, fácil de consumir y ampliamente aceptado por los consumidores mexicanos: el 99.7% de los hogares en el país las incluyen en su dieta [3]. Las galletas funcionan como vehículo de nutrientes, ya que están elaboradas principalmente con cereales, base fundamental de nuestra alimentación por su alto contenido de hidratos de carbono. Son productos con muy poca humedad, hechos con harina y ricos en grasa y azúcar, lo que les confiere un alto valor energético. Además, pueden incluir agua, especias, aromas, condimentos y aditivos como gasificantes, y se someten a tratamiento térmico tras el amasado [4].

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Área de estudio

El presente trabajo se llevó a cabo en el Laboratorio de Tecnología de Cereales, frutas y hortalizas del Instituto Tecnológico de Torreón, ubicado en la carretera Torreón-San Pedro, kilómetro 7.5, Ejido Ana, C.P. 27170, Torreón, Coahuila, México, durante el periodo comprendido entre enero a junio de 2025.

### 2.2 Tratamientos

Se evaluaron tres tratamientos, cada uno con tres repeticiones, que incluyeron distintos porcentajes de harina de trigo y polvo de zanahoria. A continuación, se describen las características de cada tratamiento:

T1: 100 % Harina de Trigo

T2: 80 % Harina de Trigo y 20% Polvo de Zanahoria

T3: 70% Harina de Trigo y 30% Polvo de Zanahoria.

### 2.2 Obtención de polvo de zanahoria

En primer lugar, las zanahorias fueron lavadas con agua y jabón para eliminar cualquier suciedad superficial, y posteriormente se desinfectaron. A

continuación, se procedió a cortar el tallo de cada zanahoria. Una vez retirado el tallo, las zanahorias se rallaron en un procesador de alimentos, obteniendo tiras con un espesor de 1 mm y una longitud de 2.4 cm. Posteriormente, el producto rallado se distribuyó en capas delgadas de aproximadamente 5 mm de grosor sobre las bandejas del deshidratador, donde se sometió a un proceso de secado a una temperatura de 65 °C durante 5 horas. Finalmente, el material seco fue molido y tamizado para obtener el polvo de zanahoria, el cual se empleará en la elaboración de las galletas.

### 2.3 Elaboración de galletas

En primer lugar, se realizó el pesado de los ingredientes necesarios para cada unidad experimental de galletas: harina de trigo, polvo de zanahoria, mantequilla, azúcar, huevo, bicarbonato de sodio y polvo para hornear. Antes del mezclado, se precalentó el horno a 180 °C.

A continuación, se procedió al mezclado manual de la mantequilla con el azúcar hasta obtener una mezcla homogénea. Posteriormente, se incorporaron el resto de los ingredientes: huevo, harina de trigo, polvo de zanahoria, bicarbonato de sodio y polvo para hornear. Una vez añadidos, se realizó el mezclado y amasado manual durante aproximadamente 5 minutos.

La masa obtenida se laminó hasta alcanzar un grosor de 6 mm y se cortó en piezas circulares con un diámetro de 6.5 cm. Las galletas fueron colocadas en charolas previamente engrasadas y horneadas a 180 °C durante 15 minutos.

Finalmente, se retiraron del horno y se dejaron enfriar a temperatura ambiente. Posteriormente, se llevaron a cabo los análisis correspondientes de cada unidad experimental.

## 2.4 Prueba de pH

Se realizó la medición del pH en cada unidad experimental. Para ello, se pesaron 50 g de galleta por unidad, los cuales fueron sometidos a un proceso de molienda utilizando un procesador de alimentos (NutriBullet®). Una vez obtenida la muestra molida, se colocó en vasos previamente etiquetados según el tratamiento y la repetición correspondiente.

A cada muestra se le añadieron 10 ml de agua destilada con el fin de formar una pasta uniforme. Posteriormente, se sumergieron los electrodos de un potenciómetro en cada unidad experimental, asegurando que quedarán completamente cubiertos por la muestra. Finalmente, se registró la lectura del pH y se procedió al lavado de los electrodos con agua destilada.

## 2.5 Prueba de humedad

Se realizó la medición de humedad en cada unidad experimental. En primer lugar, los crisoles fueron llevados a peso constante en una estufa de secado a una temperatura de 110 °C durante dos días. Transcurrido ese tiempo, se pesaron en una balanza analítica.

Posteriormente, se pesaron 5.0 g de galleta previamente molida en un mortero, y la muestra se colocó en el crisol. Inmediatamente, el crisol con la muestra fue introducido nuevamente en la estufa de secado durante 5 horas.

Al finalizar el tiempo de secado, se pesó el crisol con la muestra ya deshidratada. Finalmente, con los datos de peso obtenidos antes y después del secado, se calculó el porcentaje de humedad de cada muestra.

## 2.6 Prueba de color

Se realizó la medición de color en cada unidad experimental. Para ello, se pesó una galleta de 24.0 g correspondiente a cada unidad. Posteriormente, se utilizó un colorímetro, el cual fue orientado hacia la muestra sin contacto directo, con el fin de registrar la lectura del color.

## 2.7 Prueba de Proteína

La cuantificación de proteína se realizó mediante el método Kjeldahl, siguiendo los principios establecidos por Jones (2017). Para cada tratamiento, se tomaron 2.0 gramos de muestra y se realizaron análisis por triplicado con el fin de garantizar la reproducibilidad de los resultados. El equipo utilizado fue un sistema Kjeldahl automatizado, adecuado para la digestión, destilación y titulación de nitrógeno total, el cual se convirtió a proteína mediante el factor de conversión correspondiente.

## 2.8 Prueba de grasas

Se pesaron 2.0 g de muestra finamente molida y se colocaron en un cartucho de extracción cubierto con algodón. El cartucho se introdujo en el extractor Soxhlet acoplado a un matraz previamente secado a 100–110 °C hasta peso constante. Se añadieron aproximadamente 80 mL de éter etílico y se realizó la extracción durante 4 a 6 horas, manteniendo una frecuencia de reflujo de 2 gotas por segundo. Al finalizar, se evaporó el disolvente y se secó el residuo graso a 100 °C hasta alcanzar peso constante.

## 2.9 Prueba de fibra

Se utilizaron 2.0 g de muestra desengrasada (excepto cuando el contenido de grasa fue inferior al 19%). La muestra se transfirió a un vaso de 600 mL, evitando contaminación con fibras externas, y se trató con 1 g de asbesto preparado y 200 mL de ácido sulfúrico al 1.25% en ebullición. La mezcla se calentó durante 30 minutos, agitando periódicamente para evitar adherencias. Posteriormente, se filtró y se lavó con agua caliente hasta alcanzar pH neutro.

El residuo se sometió a digestión alcalina con 200 mL de NaOH al 1.25% en ebullición durante 30 minutos, seguido de filtración en sistema Büchner con papel de masa conocida. Se lavó nuevamente hasta pH neutro, se transfirió a un crisol previamente tarado, se secó a 130 °C por 2 horas y se enfrió para

determinar su masa. Finalmente, se calcinó a 600 °C durante 30 minutos para obtener el contenido de cenizas y calcular la fibra cruda por diferencia.

### 2.10 Prueba de Cenizas

Se pesaron entre 3.0 y 5.0 g de muestra en un crisol previamente llevado a peso constante. El crisol con la muestra se colocó sobre una parrilla y se sometió a una combustión lenta hasta la desaparición total de humos, evitando la pérdida de material por proyección. Posteriormente, el crisol se introdujo en una mufla a 500 °C durante 5 horas para asegurar la calcinación completa.

Finalizado el tiempo, el crisol se dejó enfriar parcialmente dentro de la mufla, luego se transfirió a un desecador hasta alcanzar temperatura ambiente. Finalmente, se determinó la masa del crisol con las cenizas y, con base en la diferencia de pesos, se calculó el contenido de cenizas de la muestra.

### 2.11 Prueba de carbohidratos

El contenido de carbohidratos totales se determinó por diferencia, sumando los porcentajes de humedad, ceniza, proteína, fibra y grasa, y restando dicha suma a 100. El valor resultante corresponde al porcentaje de carbohidratos presentes en la muestra.

### 2.12 Prueba de nivel de agrado

La prueba se llevó a cabo con la participación de 100 jueces consumidores originarios de la Comarca Lagunera. A cada uno se le proporcionaron muestras de 10.0 gramos correspondientes a cada tratamiento, acompañadas de su respectivo formato de evaluación y un vaso con agua para limpiar el paladar entre degustaciones. Posteriormente, se dieron las indicaciones necesarias para probar las muestras y registrar su opinión en una escala hedónica de 5 puntos: “Me gusta mucho”, “Me gusta”, “Ni me gusta ni me disgusta”, “Me disgusta” y “Me disgusta mucho”. Después de cada prueba, los jueces aclararon su paladar con agua para evitar interferencias entre muestras.

## 2.13 Diseño experimental y Análisis estadístico

El diseño experimental empleado para el análisis del nivel de agrado fue un ANOVA unifactorial, considerando tres tratamientos y la participación de 100 jueces consumidores. Para los análisis fisicoquímicos (pH, humedad y color), se aplicó igualmente un diseño unifactorial con tres tratamientos y tres repeticiones por tratamiento, lo que dio como resultado un total de nueve unidades experimentales. El análisis estadístico se realizó utilizando el Software Minitab, versión 19.

## III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

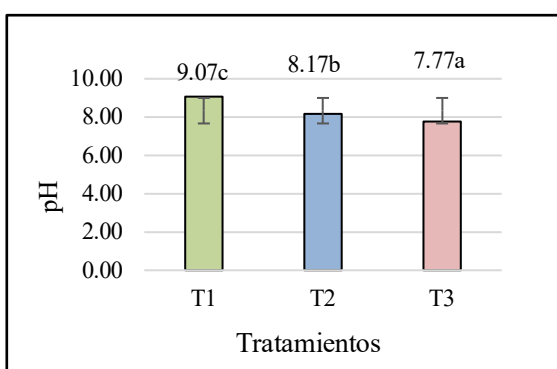
### 3.1 pH:

En la Figura 1 se observa una relación inversa entre la proporción de polvo de zanahoria (PZ) y el valor de pH de las muestras. Considerando que el polvo de zanahoria presenta un pH de 6.44, se evidencia que el pH disminuye conforme aumenta su concentración en los tratamientos. El tratamiento T1 (100% harina tradicional, HT) presentó un pH promedio de 9.08; el T2 (80% HT – 20% PZ), un promedio de 8.16; y el T3 (70% HT – 30% PZ), un promedio de 7.76.

El análisis estadístico realizado mediante el software Minitab, versión 19, reveló diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ). Posteriormente, se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey, la cual confirmó que los tres tratamientos difieren significativamente entre sí. El tratamiento T3 presentó el valor de pH más cercano a la neutralidad, lo cual puede considerarse favorable desde el punto de vista del consumo humano. Los resultados obtenidos concuerdan con investigaciones previas que demuestran cómo la incorporación del polvo de zanahoria reduce el pH de productos alimenticios, lo cual mejora su aceptación sensorial.

Estos resultados coinciden con investigaciones previas que han demostrado que la incorporación del polvo de zanahoria reduce el pH en productos alimenticios, lo que puede contribuir a mejorar su aceptación sensorial. Por

ejemplo, en el estudio de [5], se observó que el pH del polvo de zanahoria disminuye a medida que se incrementa la temperatura de secado, lo que se atribuye a una mayor concentración de compuestos ácidos en el producto final. De manera similar, [6] reportó que el pH de la zanahoria puede variar en función del tratamiento térmico y la formulación, afectando directamente la estabilidad del producto elaborado. Además, se ha documentado que la zanahoria presenta un pH natural que oscila entre 4.2 y 5.2, clasificándola como un vegetal ligeramente ácido [7], valor incluso inferior al registrado en este estudio (6.44).



T1: 100 % Harina de trigo (HT), T2: 80 % harina de trigo (HT) y 20% Polvo de zanahoria (PZ), T3: 70 % Harina de trigo (HT) y 30 % Polvo de Zanahoria (PZ). Letras distintas son estadísticamente diferentes, según la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

Figura 1. Valores de pH

### 3.2 Humedad

En la Figura 2 se observa que no se encontraron diferencias significativas en el contenido de humedad entre los tratamientos ( $p > 0.05$ ). Los valores obtenidos fueron: 4.49 % para el T1 (100 % HT), 4.72 % para el T2 (80 % HT y 20 % PZ), y 4.20 % para el T3 (80 % HT y 20 % PZ). Aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas, se aprecia una disminución en el porcentaje de humedad en todos los tratamientos en comparación con la humedad del polvo de zanahoria, que fue de 6.07 %.

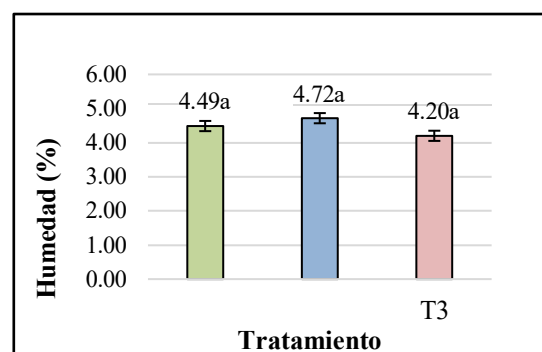
Según [8], la humedad en productos con cereales como la harina no es una propiedad fija, sino que depende de factores como la humedad atmosférica y las condiciones de almacenamiento. Esto implica que incluso pequeñas variaciones en la formulación pueden

influir en la capacidad de retención de agua del producto final. Además, [9] destaca que la harina con alto contenido de humedad es más susceptible al deterioro microbiológico, lo que refuerza la importancia de mantener niveles bajos como los observados en este estudio.

Por otro lado [10] señala que el contenido de humedad en la harina de trigo debe mantenerse por debajo del 14 % para garantizar su estabilidad durante el almacenamiento. En este contexto, los valores obtenidos en los tratamientos con polvo de zanahoria se encuentran dentro de rangos seguros, lo que sugiere que la incorporación de este ingrediente no compromete la calidad higiénica del producto.

La ligera disminución observada en los tratamientos con polvo de zanahoria podría atribuirse a la capacidad higroscópica del almidón y las fibras presentes en la zanahoria deshidratada, que tienden a retener menos agua que la harina de trigo convencional. Esta hipótesis es respaldada por estudios sobre la estructura celular de vegetales deshidratados y su interacción con matrices farináceas [9].

En resumen, aunque no se detectaron diferencias estadísticamente significativas, los resultados son consistentes con la literatura técnica y sugieren que la inclusión de polvo de zanahoria en mezclas con harina de trigo puede reducir ligeramente la humedad sin afectar la estabilidad del producto. Esto representa una ventaja tecnológica en formulaciones orientadas a mejorar el perfil nutricional sin comprometer la vida útil.



T1: 100 % Harina de trigo (HT), T2: 80 % harina de trigo (HT) y 20% Polvo de zanahoria (PZ), T3: 70 % Harina de trigo (HT) y 30 % Polvo de Zanahoria (PZ). Letras distintas son estadísticamente diferentes, según la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

Figura 2. Porcentaje de humedad

### 3.3 Color

Para los resultados en la medición de color en una galleta con diferentes porcentajes de harina de trigo y polvo de zanahoria, se tiene los parámetros  $L^*$  (Luminosidad),  $a^*$  (rojo-verde) y  $b^*$  (amarillo-azul), para esto se utilizó el instrumento colorímetro de modelo WR10QC. Para evaluar el color se empleó los diferentes tratamientos T1: (100% HT), T2: (80% HT -20% PZ) y T3: (70% HT - 30% PZ).

#### 3.3.1 Parámetro $L^*$

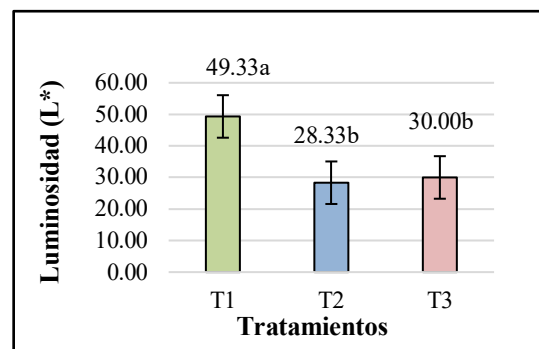
La incorporación de polvo de zanahoria (PZ) en mezclas con harina de trigo (HT) afecta de manera significativa el parámetro de luminosidad ( $L^*$ ) del producto final (Figura 3). En este estudio, se observó que el tratamiento T1 (100 % HT) presentó el valor más alto de  $L^*$  (49.33), indicando mayor claridad, mientras que los tratamientos T2 (80 % HT – 20 % PZ) y T3 (70 % HT – 30 % PZ) mostraron valores más bajos (28.33 y 30, respectivamente), lo que evidencia una tonalidad más oscura ver Figura

3. Esta diferencia fue estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ), y el análisis de comparación de medias mediante el método de Tukey confirmó agrupaciones homogéneas entre T2 y T3.

Estos resultados coinciden con lo reportado por [11], quienes observaron que la sustitución de harina de trigo con harinas vegetales tratadas térmicamente, como la de mijo, genera una disminución en la luminosidad del pan, atribuida a la presencia de pigmentos naturales y al efecto del tratamiento térmico sobre los compuestos fenólicos. De manera similar, [12] señalaron que harinas con mayor contenido de salvado o pigmentos naturales presentan valores de  $L^*$  más bajos, lo que se traduce en una apariencia más oscura del producto final.

Además, el estudio de [13] sobre mezclas de harina de trigo con polvo de zanahoria reportó que el valor de  $L^*$  del polvo de zanahoria es de 36.25, lo que ya representa una tonalidad intermedia entre la claridad de la harina de trigo refinada y la oscuridad de harinas vegetales con pigmentos carotenoides. La disminución progresiva en  $L^*$  observada en los tratamientos T2 y T3 puede explicarse por la mayor

proporción de PZ, que contiene compuestos como  $\beta$ -carotenos y antocianinas, responsables de tonalidades rojizas y anaranjadas que oscurecen la mezcla.



T1: 100 % Harina de trigo (HT), T2: 80 % harina de trigo (HT) y 20% Polvo de zanahoria (PZ), T3: 70 % Harina de trigo (HT) y 30 % Polvo de Zanahoria (PZ).

Letras distintas son estadísticamente diferentes, según la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

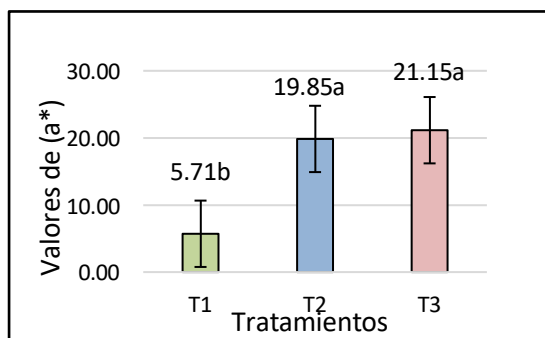
**Figura 3. Resultados de  $L^*$**

#### 3.3.2. Parámetro $a^*$

El parámetro de color  $a^*$  en la escala CIELAB representa la dimensión rojo-verde, donde valores positivos indican una tendencia hacia el rojo. En este estudio, el polvo de zanahoria presenta un valor de  $a^*$  de 12.74, y los tratamientos T2 (19.85) y T3 (21.14) muestran valores significativamente más altos que T1 (5.71), lo que sugiere una intensificación del tono rojizo con la incorporación de polvo de zanahoria (PZ). La prueba de Tukey confirma que T2 y T3 no difieren entre sí, pero sí respecto a T1, lo que valida estadísticamente esta observación ( $p < 0.05$ ).

Este comportamiento es coherente con lo reportado por [14], quienes demostraron que el contenido de carotenoides en el polvo de zanahoria está directamente relacionado con el incremento en el valor de  $a^*$ , siendo un indicador confiable de calidad visual y nutricional en productos alimenticios. La optimización del proceso de secado y molienda influye en la retención de pigmentos, lo que se traduce en una mayor intensidad de color rojo. Asimismo, [15] destacan que la medición instrumental del color es una herramienta eficaz para evaluar atributos sensoriales y fisicoquímicos en alimentos procesados. En su revisión, señalan que el valor de  $a^*$  puede

correlacionarse con la percepción de frescura y aceptación del producto, especialmente en matrices vegetales como zanahoria, donde los carotenoides son los principales responsables del color rojo-anaranjado.



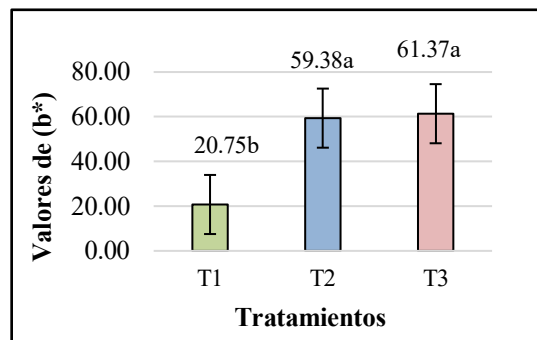
T1: 100 % Harina de trigo (HT), T2: 80 % harina de trigo (HT) y 20% Polvo de zanahoria (PZ), T3: 70 % Harina de trigo (HT) y 30 % Polvo de Zanahoria (PZ). Letras distintas son estadísticamente diferentes, según la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

**Figura 4. Resultados de a\***

### 3.3.3 Parámetro b\*:

En este estudio, el polvo de zanahoria presenta un valor de b\* de 41.62, y los tratamientos T2 (59.38) y T3 (61.40) muestran valores significativamente más altos que T1 (20.75), lo que sugiere que la incorporación de polvo de zanahoria (PZ) intensifica el tono amarillo-rojo del producto final ver Figura 5. La prueba de Tukey confirma que T2 y T3 son estadísticamente similares entre sí, pero diferentes de T1 ( $p < 0.05$ ), lo que valida la influencia del PZ en la coloración (Figura 5).

Este comportamiento es coherente con lo reportado por [16], quienes evaluaron el impacto del polvo de zanahoria en productos horneados, encontrando que el valor de b\* aumentó proporcionalmente con el contenido de carotenoides, lo que mejoró la apariencia visual y la aceptación sensorial del producto. Otros estudios realizados por [17], evaluaron la incorporación de vegetales ricos en carotenoides en productos extruidos, observando que el valor de b\* fue un indicador confiable de la intensidad del color amarillo, correlacionado con la concentración de  $\beta$ -caroteno.

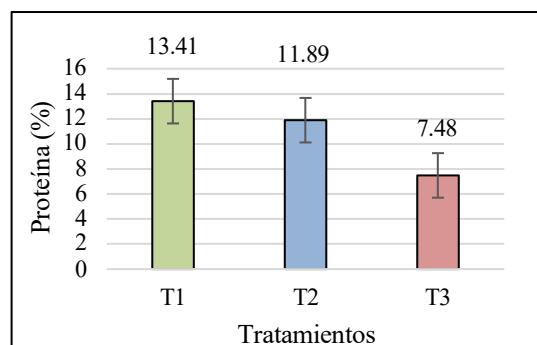


T1: 100 % Harina de trigo (HT), T2: 80 % harina de trigo (HT) y 20% Polvo de zanahoria (PZ), T3: 70 % Harina de trigo (HT) y 30 % Polvo de Zanahoria (PZ). Letras distintas son estadísticamente diferentes, según la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

**Figura 5. Resultados de b\***

### 3.4 Proteína

El análisis del contenido de proteína en el polvo de zanahoria arrojó un valor de 8.17%. En la Figura 6 se observa que la formulación T1 presenta el mayor contenido proteico (13.41%), seguida por T2 (11.89%) y T3 (7.48%). De acuerdo con [18], los alimentos considerados como fuentes proteicas relevantes, como el chocho y la avena, superan el 12% de proteína, lo que posiciona a T1 como una formulación con potencial nutricional comparable al de ciertas leguminosas. En contraste, el menor contenido proteico en T3 podría atribuirse a una mayor proporción de ingredientes ricos en carbohidratos, pero limitados en proteína, como tubérculos o harinas refinadas, lo que afecta negativamente su densidad proteica.

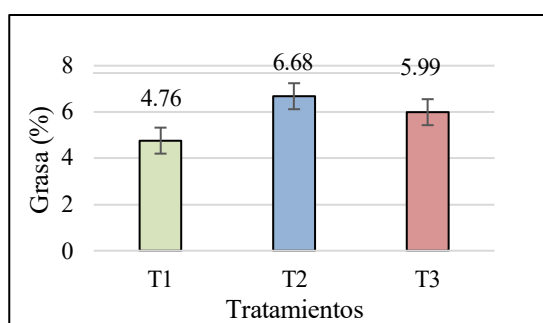


T1: 100 % Harina de trigo (HT), T2: 80 % harina de trigo (HT) y 20% Polvo de zanahoria (PZ), T3: 70 % Harina de trigo (HT) y 30 % Polvo de Zanahoria (PZ).

**Figura 6. Contenido de proteína**

### 3.5 Grasa

El análisis del polvo de zanahoria reveló un contenido de grasa de 0.9%, valor significativamente inferior al observado en las formulaciones evaluadas. En la Figura 7 se aprecia que las tres formulaciones presentan niveles elevados de grasa (entre 25.8% y 26.03%), lo cual resulta atípico en matrices alimentarias de origen vegetal. Según [19], este perfil lipídico podría atribuirse al empleo de ingredientes con alto contenido graso, como frutos secos o aceites añadidos durante la formulación. Aunque T2 exhibe el mayor porcentaje de grasa (26.03%), la diferencia respecto a T1 y T3 es marginal. Este contenido lipídico puede contribuir positivamente a la aceptación del producto, aunque su inclusión debe evaluarse cuidadosamente en función de los requerimientos nutricionales y restricciones dietéticas del consumidor.



T1: 100 % Harina de trigo (HT), T2: 80 % harina de trigo (HT) y 20% Polvo de zanahoria (PZ), T3: 70 % Harina de trigo (HT) y 30 % Polvo de Zanahoria (PZ).

**Figura 7. Contenido de grasa**

### 3.6 Fibra

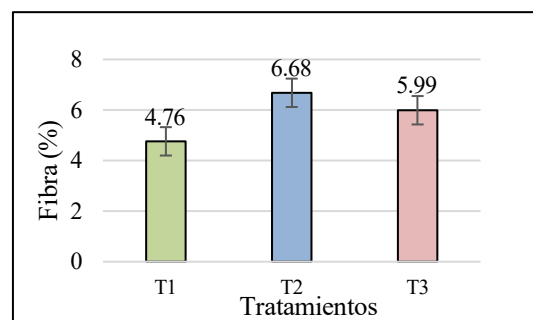
El análisis del polvo de zanahoria mostró un contenido de fibra de 9.07%, valor superior al registrado en las formulaciones evaluadas. En la Figura 8 se observa que la formulación T2 presenta el mayor contenido de fibra (6.68%), en comparación con T1 (4.76%) y T3 (5.99%). Según lo reportado por [18], ingredientes como la avena y el trigo integral aportan niveles elevados de fibra dietética, lo que sugiere que T2 podría contener estos componentes en su formulación.

La fibra desempeña un papel fundamental en la funcionalidad digestiva y en la modulación del índice glucémico, por lo que el perfil de T2 podría conferirle ventajas funcionales relevantes en el diseño de alimentos con propiedades saludables.

En concordancia [20], subrayan que la fibra dietaria no solo mejora la salud gastrointestinal, sino que también modula el microbiota intestinal, favoreciendo la producción de compuestos bioactivos como ácidos grasos de cadena corta, los cuales están vinculados con la inmunidad y la prevención de enfermedades metabólicas.

En este contexto, la formulación de T2 podría conferirle ventajas funcionales superiores, especialmente si se orienta a consumidores con necesidades digestivas específicas o con interés en alimentos funcionales.

Cabe destacar que, aunque el polvo de zanahoria tiene un contenido de fibra más alto que las formulaciones (9.07%), su inclusión en proporciones menores dentro de las mezclas podría explicar los valores observados. La formulación T2, al presentar el mayor contenido de fibra entre las tres, podría ser la más adecuada para aplicaciones en productos con alegaciones de salud digestiva o control glucémico.



T1: 100 % Harina de trigo (HT), T2: 80 % harina de trigo (HT) y 20% Polvo de zanahoria (PZ), T3: 70 % Harina de trigo (HT) y 30 % Polvo de Zanahoria (PZ).

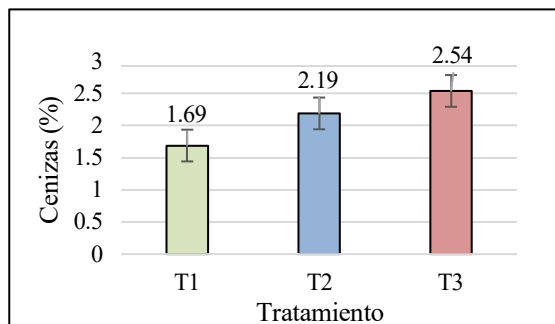
**Figura 8. Contenido de fibra**

### 3.7 Cenizas

El análisis del polvo de zanahoria mostró un contenido de cenizas de 7.48%, lo que confirma su riqueza mineral y su potencial como ingrediente funcional. En la Figura 8 se observa un incremento progresivo en el contenido de cenizas entre las formulaciones: T1 (1.69%), T2 (2.19%) y T3 (2.54%). Este patrón sugiere que T3 incorpora una mayor proporción de ingredientes con alta densidad mineral.

El contenido de cenizas en T3 (2.54%) sugiere una mayor densidad mineral respecto a T1 y T2 como se observa en la Figura 8, lo que puede atribuirse a ingredientes como zanahoria o yuca, y representa una ventaja funcional en formulaciones orientadas al aporte de micronutrientes [21].

Algunos estudios realizados por [22], refuerzan esta perspectiva al indicar que el contenido de cenizas en alimentos procesados puede variar significativamente según la proporción de ingredientes vegetales, el tipo de procesamiento térmico y la presencia de aditivos minerales.



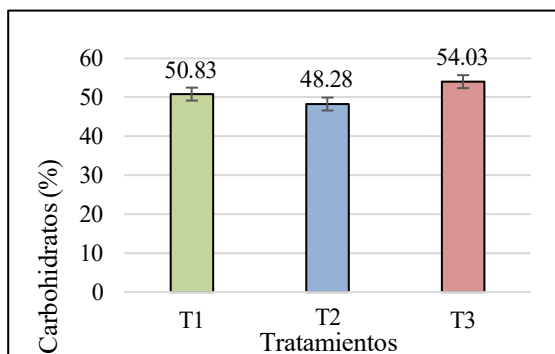
T1: 100 % Harina de trigo (HT), T2: 80 % harina de trigo (HT) y 20% Polvo de zanahoria (PZ), T3: 70 % Harina de trigo (HT) y 30 % Polvo de Zanahoria (PZ).

**Figura 9. Contenido de cenizas**

### 3.8 Carbohidratos

En la Figura 9 se puede observar que el polvo de zanahoria es rico en carbohidratos, especialmente fibra dietética y azúcares simples como sacarosa y glucosa. El incremento observado en T3 puede atribuirse a una mayor incorporación de estos azúcares naturales, además del almidón presente en la matriz vegetal [23].

El uso de polvo de zanahoria en formulaciones alimenticias incrementa el contenido de carbohidratos totales, pero también modifica la densidad energética y la retención de humedad, lo cual puede afectar la concentración relativa de nutrientes [24]. En este contexto, T3 podría haber retenido menos humedad, concentrando los sólidos totales y elevando el porcentaje de carbohidratos.



T1: 100 % Harina de trigo (HT), T2: 80 % harina de trigo (HT) y 20% Polvo de zanahoria (PZ), T3: 70 % Harina de trigo (HT) y 30 % Polvo de Zanahoria (PZ).

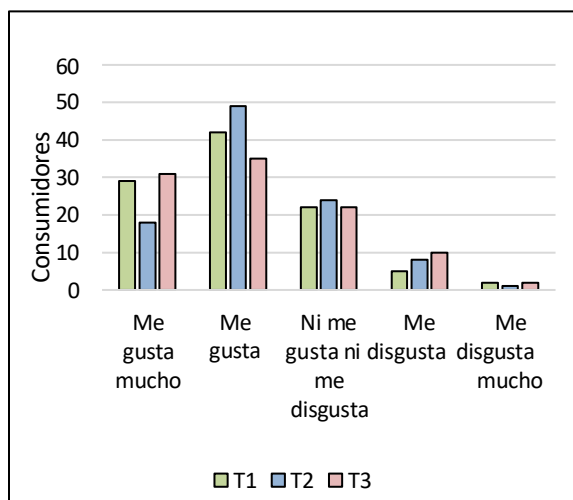
**Figura 10. Contenido de carbohidratos**

### 3.9 Análisis Sensorial (Nivel de agrado)

Los resultados del análisis sensorial sobre el nivel de agrado indican que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados ( $p > 0.05$ ).

En la Figura 10 se presentan los cinco niveles utilizados en la evaluación sensorial del nivel de agrado: “Me gusta mucho”, “Me gusta”, “Ni me gusta ni me disgusta”, “Me disgusta” y “Me disgusta mucho”. Los tratamientos analizados fueron: T1 (100% HT), T2 (80% HT – 20% PZ) y T3 (70% HT – 30% PZ). Para el tratamiento T1, el 42% de los jueces ( $n=42$ ) seleccionaron la categoría “Me gusta”, el 29% ( $n=29$ ) eligieron “Me gusta mucho” y el 22% ( $n=22$ ) indicaron “Ni me gusta ni me disgusta” ver Figura 10. En el tratamiento T2, el 49% de los jueces ( $n=49$ ) respondieron “Me gusta”, el 18% ( $n=18$ ) “Me gusta mucho” y el 24% ( $n=24$ ) “Ni me gusta ni me disgusta” (Figura 10). Finalmente, en el tratamiento T3, el 35% de los jueces ( $n=35$ ) indicaron “Me gusta”, el 31% ( $n=31$ ) “Me gusta mucho” y el 22% ( $n=22$ ) “Ni me gusta ni me disgusta”.

A pesar de no existir diferencias significativas en los niveles de agrado (Figura 10), los valores más altos se encontraron en “Me gusta”, para los tres tratamientos. Donde T2 fue ligeramente mayor que los T1 y T3 con 49 consumidores que aceptaron el producto.



T1: 100 % Harina de trigo (HT), T2: 80 % harina de trigo (HT) y 20% Polvo de zanahoria (PZ), T3: 70 % Harina de trigo (HT) y 30 % Polvo de Zanahoria (PZ).

**Figura 11. Nivel de agrado.**

#### IV. CONCLUSIONES

Los tratamientos con diferentes proporciones de polvo de zanahoria no presentaron diferencias significativas en el contenido de humedad ni en el nivel de agrado ( $p > 0.05$ ), lo que indica una buena aceptación general por parte de los evaluadores. No obstante, se observaron diferencias significativas en el pH y en los parámetros de color ( $L^* a^* b^*$ ) donde T2 y T3 mostraron similitudes entre sí, diferenciándose del tratamiento sin zanahoria.

Desde el punto de vista nutricional, el polvo de zanahoria incrementó el contenido de ceniza (de 1.69% en T1 a 2.54% en T3), lo que refleja su alto contenido mineral (7.48%) y su potencial para enriquecer el perfil micronutricional del producto. De manera similar, la fibra aumentó hasta un máximo en T2 (6.68%), con una ligera disminución en T3 (5.99%), posiblemente debido a interacciones entre la fibra vegetal y la matriz alimentaria. Los carbohidratos también se incrementaron (de 50.83% a 54.03%), en concordancia con el elevado contenido glucídico del polvo de zanahoria (68.3%), compuesto principalmente por azúcares simples y fibra soluble. En contraste, el contenido de proteína disminuyó significativamente (de 13.41% a 7.48%), lo cual se atribuye a la baja concentración proteica del polvo de zanahoria (8.17%) y su efecto diluyente sobre ingredientes con mayor densidad proteica. Por su parte, el contenido de grasa se mantuvo prácticamente constante (25.8–26.03%), lo que indica que el bajo aporte lipídico del polvo (0.9%) no afecta significativamente esta fracción.

En conjunto, estos resultados confirman que el polvo de zanahoria actúa como un ingrediente funcional que mejora el contenido de fibra y minerales del producto, aunque su incorporación debe ajustarse cuidadosamente si se desea mantener un perfil proteico elevado.

#### V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1]. Vanguardia. (2020). Zanahoria: propiedades, valor nutrimental, beneficios y qué tener en cuenta de comprarla. <https://www.lavanguardia.com/comer/materiaprima/20220321/451854795056/zanahoria-beneficios-propiedades-valor-nutricional.html>
- [2]. Carreira, M. (2021). Zanahoria: ¿cuáles son sus propiedades y beneficios? <https://www.salud.mapfre.es/nutricion/alimentos/zanahoria-beneficios->
- [3]. NTX. (2017). En México, 99.7% de las familias consumen galletas. Informador.mx. <https://www.informador.mx/Suplementos/En-Mexico-99.7-de-las-familias-consumen-galletas-20170707-0091.html>
- [4]. Polen. (2024). Historia de la galleta. Galletaspolen.com. <https://www.galletaspolen.com/nosotros/historia-de-la-galleta/>
- [5]. Hernández, r., & Blanco, d. (2015). Evaluación de polvos de zanahoria obtenidos por deshidratación por aire forzado a diferentes temperaturas. IDESIA (Chile), 33 (4), 75-80.
- [6]. De Práctica Dirigida, I. (2004). Facultad de Ciencias Agroalimentarias Escuela de Tecnología de alimentos (Doctoral dissertation, Universidad de Costa Rica).
- [7]. Chaves Quesada, J. A. (2020). Evaluación del efecto de las condiciones de proceso sobre la letalidad acumulada y el pH de zanahorias acidificadas tratadas térmicamente.
- [8]. Díaz Marsch, I. (1961). Importancia del contenido de humedad en harina de trigo. Universidad Iberoamericana, incorporada a la UNAM.
- [9]. Esparza, L. M. A., Gómez-Rodríguez, V. M., Vega, H. R., Estrada, S. H., Hernández-Villaseñor, L. A., & de la Mora, B. Z. V. (2024). Propiedades nutricionales, fisicoquímicas, funcionales, compuestos fenólicos y actividad antioxidante de harinas de tres accesiones de maíz azul nativo de México. INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación, 11(1), 23-39.
- [10]. Pereira Alcedo, T. D. R. (2017). Vida de Anaquel de la Harina de Trigo (*Triticum Aestivum* L.) Extruida, Elaborada por el Molino San Miguel EIRL, Mediante Pruebas de Vida Útil Aceleradas.
- [11]. Padilla-Villalobos, M., Robles-Ozuna, L. E., Islas-Rubio, A. R., Ramírez-Wong, B., Heredia-Sandoval, N. G., Granados-Nevárez, M. D. C., & Vásquez-Lara, F. (2024). Efecto en las propiedades reológicas y texturales de pan elaborado a base de harina de trigo y harina de mijo tratada térmicamente. Biotecnia, 26.

- [12]. Montoya, Giraldo y Lucas (2012): Montoya, D. A., Giraldo, L. F., & Lucas, J. M. (2012). Evaluación de propiedades fisicoquímicas y funcionales de harinas integrales con alto contenido de salvado. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, 41(2), 123–130.
- [13]. Pebes Cabrera (2018): Pebes Cabrera, M. (2018). Evaluación de mezclas de harina de trigo con polvo de zanahoria para la elaboración de productos de panificación. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria La Molina].
- [14]. Gong, Y., Deng, G., Han, C., & Ning, X. (2015). Process optimization based on carrot powder color characteristics. *Engineering in agriculture, environment and food*, 8(3), 137-142. <https://doi.org/10.1016/j.eaef.2015.07.005>
- [15]. Pathare, P. B., Opara, U. L., & Al-Said, F. A. J. (2013). Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: A review. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 36–60. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0867-9>
- [16]. Ahmed, J., Al-Attar, H., & Arfat, Y. A. (2019). Effect of vegetable powders on extrusion properties and color parameters of snacks. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(5), e13956. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13956>
- [17]. Zhang, Y., Liu, Y., & Wang, L. (2021). Influence of carrot powder on color and sensory properties of bakery products. *Food Science & Nutrition*, 9(2), 1123–1131. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2065>
- [18]. Coral T. & Gallegos G. (2021). Coral, V., & Gallegos, R. (2015). Determinación proximal de los principales componentes nutricionales de harina de maíz, harina de trigo integral, avena, yuca, zanahoria amarilla, zanahoria blanca y chocho. *Info ANALÍTICA*, 3(1), 9-24.
- [19]. Ballinas Díaz et al. (2023). El análisis proximal: práctica e interpretación. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.
- [20]. Calizaya-Mamani et al. (2023). La fibra dietaria como componente funcional en alimentos
- [21]. Gutiérrez, E. L., Medina, G. B., Roman, M. O., Florez, O. A., & Martínez, O. L. (2002). Obtención y cuantificación de fibra dietaria a partir de residuos de algunas frutas comunes en Colombia. *Vitae*, 9(1), 5-14.
- [22]. Arriaga, L., Mejía, L., Noriega, J., Ramírez, R., & Velázquez, M. (2022). Determinación de ceniza y humedad en los alimentos. *Análisis de Alimentos*. Instituto Tecnológico de Tapachula. CP, 30700.
- [23]. Sharma, K. D., Karki, S., Thakur, N. S., & Attri, S. (2012). Chemical composition, functional properties and processing of carrot—a review. *Journal of food science and technology*, 49(1), 22-32. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0310-7>
- [24]. Hussein, M. A., Yonis, A. A. M., & Abd El-Mageed, H. A. (2013). Effect of adding carrot powder on the rheological and sensory properties of pan bread. *Journal of Food and Dairy Sciences*, 4(6), 281-289.