

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**Uso de residuos pulverizados de malta de cerveza tipo Pilsen,
Red Ale y Stout como sustituto parcial de harina de trigo en la
elaboración de galletas depositadas.**

Marco Esteban Rivera Ripalda

Ingeniería en Alimentos

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito para la obtención del
título de Ingeniero en Alimentos

Quito, 6 de diciembre de 2023

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA**

Uso de residuos pulverizados de malta de cerveza tipo Pilsen, Red Ale y Stout como sustituto parcial de harina de trigo en la elaboración de galletas depositadas.

Marco Esteban Rivera Ripalda

Nombre del profesor, Título académico

Maria Jose Andrade Cuvi, PhD.

Quito, 6 de diciembre de 2023

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Marco Esteban Rivera Ripalda

Código: 00203593

Cédula de identidad: 1722104351

Lugar y fecha: Quito, 6 de diciembre de 2023

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

RESUMEN

Se elaboraron tres tipos de galletas con la sustitución parcial de harina de trigo por 25, 50 y 75% de residuos de malta de cervezas (RMC) tipo Pilsen, Red Ale y Stout, se compararon con un control (100% harina). Se evaluaron las propiedades fisicoquímicas (extensión y expansión/contracción de masa, colorimetría, pH, humedad y friabilidad). Para cada tipo de galleta se seleccionó la formulación con mejores características. A estas se aplicó un análisis de aceptabilidad (escala hedónica) y se realizó el análisis proximal y determinación de sodio. Se encontraron cambios significativos en la extensión y contracción de la masa, colorimetría y pH comparadas con el control dependiendo del tipo de residuo y el porcentaje de sustitución. Se seleccionaron las formulaciones con sustituciones del 75, 50 y 25% para RCM Pilsen, Red Ale y Stout, respectivamente. La galleta con 75% de RMC-Pilsen fue calificada con los valores más altos en los atributos (color, olor, dureza, sabor y aceptación global). El análisis proximal mostró un producto que aporta el 12% de grasa, 6% de carbohidratos, 8% de sodio y 4% de proteínas del valor diario recomendado y está catalogado como un producto alto en azúcar, grasa y medio en sal según el semáforo nutricional. En conclusión, los RMC son sustitutos viables y beneficiosos en panificación, contribuyendo a la sostenibilidad y la innovación alimentaria.

Palabras clave: Galletas, residuos de cerveza, economía circular, malta, análisis proximal, diseño experimental, desarrollo de productos.

ABSTRACT

Three varieties of cookies were produced by partially substituting wheat flour with 25, 50, and 75% of malt residues from Pilsen, Red Ale, and Stout beers (MRB), and were compared with a control (100% flour). The physicochemical properties (dough extension and expansion/contraction, colorimetry, pH, moisture, and friability) were evaluated. The formulations demonstrating superior characteristics were chosen for each cookie type. These were subjected to an acceptability analysis (hedonic scale) and proximal and sodium analysis were performed. Significant changes were found in dough extension and contraction, colorimetry, and pH compared to the control, depending on the type of residue and the substitution percentage. Formulations with 75, 50, and 25% substitutions for Pilsen, Red Ale, and Stout MRB were selected, respectively. The cookie incorporating 75% Pilsen MRB was rated highest in attributes (color, odor, hardness, flavor, and overall acceptance). Proximal analysis showed a product that provides 12% fat, 6% carbohydrates, 8% sodium, and 4% protein of the recommended daily value and is categorized as high in sugar, fat, and medium-salt according to the nutritional label. In conclusion, the utilization of MRBs proves to be a viable and advantageous substitute in baking, contributing not only to sustainability but also fostering innovation in the realm of food production.

Keywords: Cookies, beer waste, circular economy, malt, proximal analysis, experimental design, product development.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	10
2. METODOLOGÍA	16
2.1. Adquisición de materias primas	16
2.2. Proceso de elaboración de galletas depositadas.....	16
2.3. Selección de la formulación con mejores características fisicoquímicas	18
2.4. Caracterización de las formulaciones seleccionadas	18
2.5. Determinaciones analíticas y análisis sensorial	19
1.4. Diseño experimental y análisis estadístico	21
3. RESULTADOS.....	22
3.1. Selección de las formulaciones con mejores características fisicoquímicas	22
3.1.3. Análisis de parámetros de pH, humedad y friabilidad.	27
3.2. Evaluación sensorial	31
3.3. Análisis Proximal.....	33
3.4. Diseño del producto	36
3.4.1. Etiquetado de la información nutricional.....	36
3.4.2. Semáforo nutricional.....	38
3.4.3. Diseño del empaque	39
4. CONCLUSIONES.....	41
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Formulación de galletas depositadas.	17
Tabla 2. Matriz de diseño para cada tipo de galleta elaborada	21
Tabla 3. Parámetros de color de galletas elaboradas con 0, 25, 50 y 75% de sustitución de harina por RMC	25
Tabla 4. Ponderación de los atributos de cada tipo de galleta según el grado de satisfacción del consumidor mediante escala hedónica.....	32
Tabla 5. Análisis proximal de galletas elaboradas con 75, 50 y 25% de sustitución de harina con RMC tipo Pilsen, Red Ale y Stout respectivamente	34
Tabla 6. Semáforo nutricional para galletas elaboradas con RMC tipo Pilsen, Red Ale y Stout.....	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo de la elaboración de galletas depositadas con RMC	18
Figura 2. Extensión y expansión/contracción de masa.....	23
Figura 3. Apariencia de galletas elaboradas con 0, 25, 50 y 75% de sustitución de harina por RMC.....	24
Figura 4. pH, Humedad y Friabilidad de galletas elaboradas con 25, 50 y 75% de sustitución de harina por RMC tipo Pilsen.....	27
Figura 5. pH, humedad y friabilidad de galletas elaboradas con 25, 50 y 75% de sustitución de harina por RMC tipo Red Ale.....	28
Figura 6. pH, humedad y friabilidad de galletas elaboradas con 25, 50 y 75% de sustitución de harina por RMC tipo Stout	29
Figura 7. <i>Etiquetas nutricionales para galletas elaboradas con RMC tipo Pilsen (a), Red Ale (b) y Stout (c) con sustituciones del 75, 50 y 25%, respectivamente</i>	37
Figura 8. <i>Porta galletas para galletas elaboradas con la sustitución de harina de trigo por 75% de RMC tipo Pilsen.....</i>	40

1. INTRODUCCIÓN

La cerveza es una bebida cuyos orígenes se remontan hace más de 5,000 años en Egipto. Este producto no representa solamente un reflejo de la cultura y la tradición de su procedencia, sino también un indicador de patrones socioeconómicos y ambientales en diversas regiones del mundo. A nivel global, la cerveza ha sido testigo de numerosas transformaciones culturales evidenciadas en la diversidad de sus variedades, tales como la cerveza Pilsen, Pale Ale, Red Ale, Stout, entre otras. Esta variedad responde a diferentes procesos de fermentación y selección de ingredientes adaptándose así a los distintos requerimientos organolépticos dados por los consumidores (Bourdchon et al., 2018).

El proceso general de elaboración de cerveza comienza con la molienda de la malta, que se mezcla con agua caliente en un proceso llamado infusión, a pesar de que la cebada es el grano tradicionalmente utilizado, existen cervezas elaboradas con trigo, centeno, y otros granos. La selección de la malta y su proceso de tostado determinan el color, sabor y cuerpo de la cerveza. La implementación de una malta más tostada dará lugar a cervezas más oscuras y con sabores más robustos, mientras que maltas ligeras son típicas de cervezas más claras y suaves (Loviso & Libkind, 2017). Durante esta etapa las enzimas juegan un papel crucial al descomponer los almidones de la malta en azúcares fermentables como la glucosa para su aprovechamiento en el ciclo metabólico de las levaduras (Rodríguez, 2018). Luego, el líquido resultante conocido como mosto se hierve y posteriormente se añade el lúpulo, impartiendo propiedades tecnológicas como agente antimicrobiano alargando la vida útil del producto además de su aportación de características organolépticas de amargor y aroma. El mosto hervido y enfriado se traslada a fermentadores donde se añade la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) que metaboliza la glucosa del medio para producir etanol y CO₂. Posteriormente, se separan los compuestos más ligeros de los más pesados a través de un proceso de filtrado. Finalmente, en el embotellado se suele ingresar una porción de azúcar

para continuar el proceso de fermentación en botella, alcanzando estándares de calidad en cuanto a propiedades organolépticas, gasificación y grado alcohólico (Loviso & Libkind, 2017).

La cerveza, desde una perspectiva cultural ha ostentado un rol primordial en la forja y consolidación de identidades nacionales y regionales, posicionándose como pilar central en numerosas festividades y celebraciones (Hormaza, 2020; Cortez et al., 2017).

La industria cervecera desempeña un papel esencial en la economía nacional, siendo una significativa fuente de empleo. En Ecuador, la presencia de 253 marcas de cervezas artesanales refleja tanto una tendencia global hacia la apreciación de cervezas artesanales, como la respuesta a una demanda local de consumidores que buscan opciones únicas y de alta calidad, evidenciando un claro interés y apoyo hacia el sector cervecero artesanal. Aunque la producción artesanal solo comprende el 1,06% de la producción cervecera total del país, este nicho ha liderado la introducción de variedades artesanales, incluyendo estilos poco tradicionales como la Stout, Porter, Red Ale e IPA (Coba, 2022).

Desde una perspectiva rigurosamente centrada en el bienestar y la seguridad de los consumidores, el proceso de elaboración de la cerveza adquiere una importancia crítica. Aragón et al. (2019), mencionan que es fundamental que cada fase del proceso esté meticulosamente diseñada y supervisada para garantizar la inocuidad integral del producto final. La potencial presencia de microorganismos patógenos o de compuestos tóxicos representa un riesgo grave para la salud de los consumidores. Estos agentes contaminantes pueden provocar desde enfermedades transitorias hasta trastornos crónicos, dependiendo de la naturaleza y concentración del agente involucrado. Por ende, es de suma importancia establecer protocolos estrictos de producción, almacenamiento y distribución para prevenir cualquier riesgo de contaminación. En este sentido, Aragón et al (2019) enfatizan la

importancia de la inocuidad, resaltando cómo la negligencia en este aspecto compromete la salud pública y puede afectar negativamente la reputación y la viabilidad económica de las empresas cerveceras. Los protocolos de seguridad e higiene no solo constituyen una responsabilidad ética y legal de los productores, sino también una inversión esencial para preservar y fomentar la confianza de los consumidores en la industria

Desde un enfoque medioambiental, uno de los desafíos más significativos en la industria cervecera moderna es la adecuada gestión y reutilización de residuos. En particular, el denominado "bagazo de cerveza", que representa aproximadamente el 85% de los desechos totales generados durante el proceso de elaboración (Quelal, 2023). Esta información presenta interrogantes respecto a prácticas sostenibles y un manejo consciente del medio ambiente, sin embargo, también representa oportunidades de innovación. Investigadores y empresarios alrededor del mundo constantemente indagan maneras ingeniosas y eficaces de reaprovechar este subproducto debido a su contenido nutricional y compuestos de potencial valor, y su bajo costo (He et al. 2023). Se encuentran aplicaciones desde la alimentación pecuaria hasta su conversión en productos con valor agregado, como papel, textiles y bioplásticos. El bagazo se perfila como un elemento clave en la transición hacia prácticas más verdes en la industria cervecera.

En Ecuador, el incremento de cervecerías artesanales ha generado un aumento significativo en la producción de bagazo. Una gestión adecuada y la reutilización del bagazo no solo permitirían disminuir el impacto ambiental de la industria, sino que también podrían abrir oportunidades económicas y, como se mencionó anteriormente, fomentar la innovación.

En el ámbito de la reutilización de residuos en la industria alimenticia, específicamente en el sector cervecero artesanal y panificación, se han desarrollado diversas investigaciones que exploran alternativas viables y sostenibles. Pérez (2020) estudió la transformación de bagazo

de cerveza en harina en el contexto de la industria cervecera en la ciudad de Quito-Ecuador, ofreciendo una estrategia para convertir residuos de malta en materia prima en polvo para otros fines industriales alimenticios, aunque no avanza hacia la aplicación práctica en productos concretos. Pantoja (2020) se centró en optimizar la mezcla de harina proveniente de bagazo de cebada de malta y harina de trigo para su incorporación en productos panificados, destacando la relevancia del almidón en estas formulaciones. Por otro lado, Mejía (2020) exploró el uso de harinas no convencionales -de haba, trigo y zanahoria blanca- para la fabricación de galletas, proporcionando un fundamento sobre parámetros para el desarrollo de productos afines utilizando harinas alternativas. Cada investigación aporta enfoques y datos pertinentes respecto al uso y transformación de residuos y harinas no convencionales en la industria alimenticia, siendo necesario profundizar en la aplicación práctica a través del desarrollo de productos a partir de estos insumos.

Se encuentran numerosos estudios publicados con relación al uso de subproductos de la industria de la cerveza. Entre otros se puede mencionar la obtención de β -glucanos a partir de levadura de cerveza como aditivos funcionales (Caruso et al., 2022), la incorporación de subproductos de brócoli como brotes y tallos como complemento de cerveza (Abellán et al., 2023). El bagazo es el subproducto más abundante de la industria cervecera y se caracteriza por su contenido de proteínas y fibra, en menor medida lípidos, minerales y compuestos fenólicos. En los últimos años se han desarrollado productos a partir del bagazo como una solución potencial para crear un sistema sostenible, siendo utilizado como ingrediente o componente con valor agregado. Se ha probado el uso del bagazo como ingrediente de alimentos y piensos para acuicultura, producción de enzimas, biogás, producción de enzimas, biocombustibles y materiales funcionales, endulzantes y materiales de empaque, entre otros, aplicando diferentes técnicas a escala de laboratorio (He et al., 2023). Por su alto contenido de fibra, se ha probado el uso de bagazo en salchichas ahumadas como reemplazo

de grasa hasta en un 3% en la formulación, así como también en la elaboración de pasta de trigo enriquecida hasta con el 5% de harina de bagazo de cerveza (Nagy et al., 2017; Nocente et al., 2019). Por otro lado, el color y sabor del bagazo de cerveza limita su aplicación en la industria alimentaria, según Mussato et al (2006) el bagazo tiene sabor desagradable y un color marrón que se puede utilizar en productos blanquecinos como galletas, pasteles, pan o pasta elaborados enteramente con harina integral.

Respecto al desarrollo de productos panificados como galletas, se encuentran estudios de las propiedades tecno-funcionales y valorización de subproductos de diversos productos como café (Belmiro et al., 2021), piña (Manisha et al. 2022), baru (Alves Campos et al., 2023), cítricos (Karedis et al., 2020; Kaur et al., 2023), moringa (Vilas et al. 2023), entre otros. Son escasos los estudios del uso de subproductos de cerveza en el desarrollo de galletas; Sileoni et al (2022) elaboraron galletas de mantequilla con bagazo de cerveza, y no se encuentran estudios que comparen diferentes tipos de bagazo de cerveza y su efecto en la elaboración de productos de panificación.

El consumo de galletas junto con tartas y otros productos de repostería empaquetados alcanzó el 2022 a nivel mundial un aproximado de 63 mil millones de kg (Statista, 2023). En el Ecuador el consumo de galletas es de 2,5-3 kg/año/habitante, con un 60% de galletas de dulce y 40% de galletas saladas. En los últimos años la oferta de galletas se ha diversificado siendo un producto alimentario con alta frecuencia que incluso es utilizada como alternativa de fortificación de proteínas y minerales para combatir la desnutrición (Santillán-Mancero et al., 2020). Además, como un efecto postpandemia, a partir del 2022 se incrementó un 20% en Ecuador la compra de galletas saludables en el segmento “retail” o consumo masivo (Primicias, 2022).

Con estos antecedentes, el objetivo general de esta investigación fue evaluar el uso de residuos de malta de cervezas (RMC) Pilsen, Red Ale y Stout como sustituto parcial de harina de trigo en la elaboración de galletas depositadas. Los objetivos específicos que se plantearon fueron: 1) Evaluar distintos grados de sustitución de harina de trigo por RMC pulverizada tipo Pilsen, Red Ale y Stout sobre las características fisicoquímicas de galletas depositadas; 2) Evaluar la aceptabilidad sensorial de las galletas depositadas con mejores características fisicoquímicas; y 3) Determinar el valor nutricional de las galletas depositadas desarrolladas con RMC.

2. METODOLOGÍA

Según se detalla a continuación, se elaboraron 3 tipos de galletas en las que se determinaron sus características fisicoquímicas con el fin de seleccionar la mejor formulación de cada tipo. Se evaluó la aceptabilidad de estas tres formulaciones mediante una escala hedónica y se determinó la composición nutricional de los tres tipos de galletas.

2.1. Adquisición de materias primas

Se utilizó malta de cerveza para la elaboración de cervezas Pilsen, Red Ale y Stout, siendo maltas Pilsen, Cara Ruby & Roasted Barley respectivamente. Estos fueron sometidos a un proceso de infusión escalonada en mallas de muselina 35cm x 14cm. Simulando la producción de cerveza, se trataron con temperaturas de: 50 °C, 65 °C y 75 °C bajo tiempos determinados para optimizar la actividad enzimática específica para la conversión de almidones en carbohidratos fermentables. Las maltas extraídas de las mallas de muselina son consideradas residuos de malta de cerveza (RMC).

Los RMC fueron secados por 25 minutos a 100 °C y pulverizados usando un molinillo marca Kitchenaid, modelo LSY High-speed-Multi-Function comminutor (2000A), a 2000 RMP. Los RMC pulverizados se conservaron en bolsas de polipropileno a temperatura ambiente hasta su uso. Otros ingredientes como manteca vegetal sin sal (marca "Los 3 Chanchitos"), azúcar blanca (marca "Monterrey"), miel (marca "San Juan"), harina de trigo (marca Santa Lucia) y bicarbonato de sodio (marca "Royal") fueron adquiridos en el mercado local.

2.2. Proceso de elaboración de galletas depositadas

Las galletas se prepararon utilizando métodos descritos por Castro & Silva (2016). La Tabla 1 muestra la cantidad usada de cada ingrediente para la elaboración de galletas, como formulación base. El porcentaje de harina varió según el grado de sustitución con RMC basado en el diseño experimental (sección 1.4).

Tabla 1. *Formulación de galletas depositadas.*

Ingredientes	Porcentaje
Harina de trigo	100%
Manteca vegetal	70%
Azúcar en polvo	50%
Huevos	25%
Miel	5%
Esencia de vainilla	0.50%
Bicarbonato de sodio	0.20%
Sal	0.10%

Los ingredientes son mostrados en formulación pastelera,

en donde se considera a la harina de trigo como el 100% de la formulación.

La grasa hidrogenada y el azúcar en polvo se batieron manualmente durante aproximadamente 2 minutos hasta que quedaron ligeros y esponjosos, luego se añadieron los huevos, la esencia de vainilla y la miel.

La harina y los RMC pulverizados se tamizaron y se añadieron a la crema en conjunto con bicarbonato de sodio y la sal. Se prepararon galletas mediante el método de cremado y amasado tradicional a mano. La masa preparada fue expandida por un rodillo de aluminio hasta tener una altura de 3,35 cm y se moldearon galletas usando el cortador de galletas de 3.5 cm de diámetro. Finalmente, los productos se hornearon (horno marca Práctica Technicook) a 140 °C durante 12 min en bandejas previamente engrasadas. Las galletas horneadas se dejaron enfriar, luego fueron empacadas en bolsas de polipropileno y se almacenaron a temperatura ambiente. El proceso de elaboración de galletas depositadas se muestra en la Figura 1.

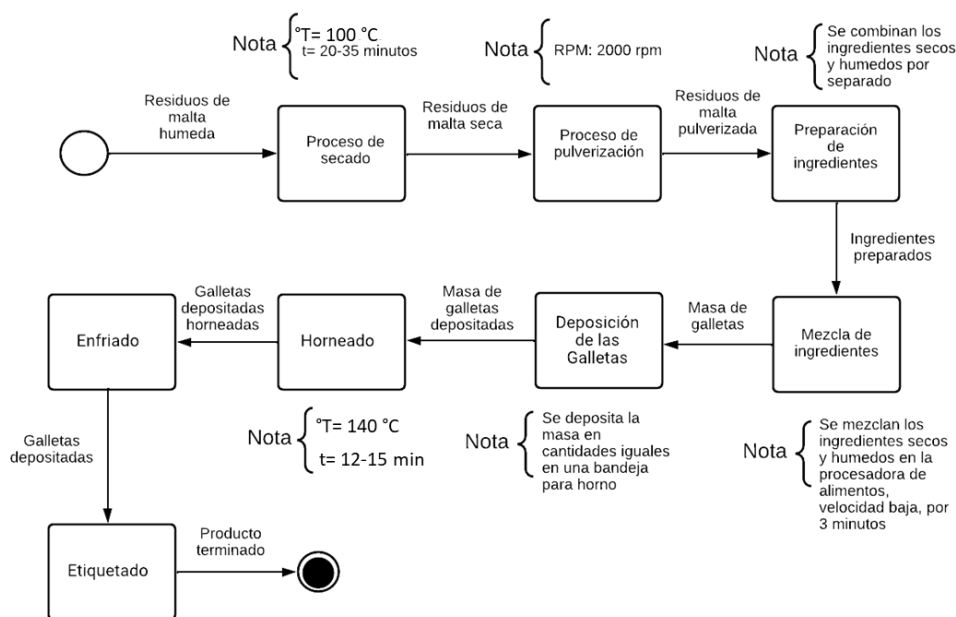


Figura 1. Diagrama de flujo de la elaboración de galletas depositadas con RMC

2.3. Selección de la formulación con mejores características fisicoquímicas

Para la selección de la formulación con mejores características fisicoquímicas de cada tipo de galleta se determinó el porcentaje de extensión de masa, porcentaje de expansión/contracción de masa, colorimetría, el pH, el porcentaje de humedad y la friabilidad.

2.4. Caracterización de las formulaciones seleccionadas

Las formulaciones de cada tipo de galleta que fueron seleccionadas en la etapa anterior del experimento se utilizaron para realizar un análisis sensorial y posteriormente analizar su composición proximal (humedad, cenizas, proteína, grasa, carbohidratos totales) para obtener información sobre su composición, además de la elaboración del etiquetado y semáforo nutricional (grasa, carbohidratos y sodio). Todos los análisis se realizaron por triplicado.

2.5. Determinaciones analíticas y análisis sensorial

El pH se determinó según la metodología de Zabala (2018) usando un potenciómetro calibrado de la marca Tecno Escala Mi150 pH/temperatura Bench meter.

La determinación de la extensión de masa se realizó según la metodología de Calixto et al. (2019), se midió y comparó el diámetro de la masa antes y después del proceso de horneado. Los resultados se expresaron como porcentaje.

El porcentaje de expansión y/o contracción de la masa se determinó según la metodología de Hernández et al. (2016). Se midió y comparó el espesor (altura) de la masa antes y después del proceso de horneado. Los resultados se expresaron como porcentaje con valores positivos para expansión y negativo para contracción.

La friabilidad (definida como la facilidad con la que algo se desmorona, fractura, se rompe o se pulveriza cuando se aplica una presión) se determinó con la prueba de la caída. Se tomó una galleta previamente pesada y se dejó caer libremente desde diferentes alturas hasta observar fracturas, en adición del valor de la gravedad, se calculó la energía potencial gravitacional, expresada en Joules (J) calculados según la ecuación 1, en donde m es la masa de la galleta (Kg); g es la gravedad ($\frac{m}{s^2}$) y h es la altura desde donde se dejó caer libremente a la galleta (m), de tal manera que, las galletas con menor energía absorbida son más friables, indicando que se desmoronan o fracturan más fácilmente que las galletas capaces de absorber una mayor cantidad de energía, ya que este soporta más fuerza de impacto antes de romperse o pulverizarse. Los resultados se expresaron como energía absorbida (J).

$$Ep_g = m \cdot g \cdot h \quad [1]$$

El color es un parámetro visual que juega un rol crucial en la aceptabilidad global de un producto. Los componentes usados en la escala de color fueron los valores de L^* (luminoso \rightarrow 100 a oscuro \rightarrow 0); a^* (rojizo \rightarrow +ve a verdoso \rightarrow -ve) y b^* (amarillado \rightarrow +ve a azulado

→ -ve) (ve = valor equivalente); C* (cromaticidad) y Hue (tonalidad). El color de las galletas se determinó usando un colorímetro Konica Minolta CR-410 según la metodología de Pritsch et al. (2017).

Para la evaluación sensorial se aplicó una prueba afectiva de aceptación utilizando una escala hedónica de 5 puntos, donde el número 5 significó “me gusta muchísimo” y 1 “me disgusta muchísimo”. Los atributos que se evaluaron fueron: olor, color, sabor, dureza y apariencia global. Esta prueba se realizó para las muestras con mejores características físicoquímicas de cada tipo de galleta según las formulaciones planteadas en el DCA. La prueba se efectuó a 80 jueces no entrenados, presentada de manera monádica, en el aula de evaluación sensorial de la Universidad San Francisco de Quito. Cada una de las muestras se codificó de la siguiente manera: Muestra 946, Muestra 741 y Muestra 379, para las galletas elaboradas con RCM pulverizada tipo Lager, Red Ale y Stout, respectivamente. Para el análisis de los resultados se aplicó un Análisis de la Varianza (ANOVA) y las medias se compararon según el test de Tukey con una significación del 0.05, con el uso del software estadístico Minitab 19.

El contenido de humedad, ceniza, proteína y grasa de las galletas fue determinado según los métodos AOAC. Todos los valores determinados fueron sustraídos de 100 para calcular el contenido de carbohidratos totales (%).

El contenido de sodio se cuantificó utilizando una modificación de la técnica volumétrica de Mohr, según lo descrito por Avila-Hernandez et al. (2018). Se pesaron 2,5 gramos de muestra y se añadió 15 de agua destilada a 50-55°C. Se agregó 1 ml de indicador $K_2Cr_2O_4$. Se tituló con una solución valorada de $AgNO_3$ 0,1M hasta la primera coloración marrón-rojiza. Los cálculos se realizaron según la ecuación 2. Los resultados se expresaron como el % de Na por 100 gramos de muestra.

$$\%Na = \frac{N(AgNO3).V(AgNO3).peq(Na)}{Pmuestra} \cdot 100 \quad [2]$$

1.4. Diseño experimental y análisis estadístico

Se elaboraron tres tipos de galletas, cada una con el RCM pulverizado procedente de la elaboración de cerveza Pilsen, Red Ale y Stout.

Para cada tipo de galleta se aplicó un diseño completamente aleatorizado. La variable independiente, correspondió a los 3 niveles de sustitución de harina por RCM (25%, 50% y 75%) y las variables dependientes fueron las características fisicoquímicas de las galletas depositadas: pH, humedad, extensión de masa, expansión/contracción de galletas, colorimetría y friabilidad. Los resultados se compararon con una formulación 100% harina de trigo, denominada Control (0% de sustitución). Se realizaron 3 repeticiones. La matriz de diseño del experimento se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Matriz de diseño para cada tipo de galleta elaborada

Tipo de galleta RMC	% de sustitución de harina por RMC	Codificación
Pilsen	75%	RMC-P75
	50%	RMC-P50
	25%	RMC-P25
	0%	C
Red Ale	75%	RMC-RA75
	50%	RMC-RA50
	25%	RMC-RA25
	0%	C
Stout	75%	RMC-S75
	50%	RMC-S50
	25%	RMC-S25
	0%	C

C = control

Los resultados fueron analizados mediante un análisis de la varianza (ANOVA) y las medias se compararon según la prueba de Tukey con una significación del 0.05, usando el software estadístico Minitab 19.

3. RESULTADOS

3.1. Selección de las formulaciones con mejores características fisicoquímicas

3.1.1. Análisis de parámetros de extensión y expansión/contracción de masa.

Los análisis de extensión y expansión/contracción de masa mostraron diferencia significativa entre los tratamientos (Figura 2).

Para los RMC tipo Pilsen (Figura 2a) se encontró que existe diferencia significativa en la expansión/contracción. La galleta control (C) obtuvo un valor positivo (expansión), mientras que las sustituciones (25%, 50%, 75%) obtuvieron valores negativos (contracción), el tratamiento RMC-P25 mostró la mayor contracción (-23.47 ± 4.08). El análisis de extensión mostró diferencia significativa, en donde los tratamientos RMC-P25 y RMC-P50 presentaron mayor extensión.

Para los RMC tipo Red Ale (Figura 2b) se encontró que existe diferencia significativa en la expansión/contracción, la galleta control (C) obtuvo un valor positivo (expansión), mientras que las sustituciones (25%, 50%, 75%) obtuvieron valores negativos (contracción), el tratamiento RMC-P25 mostró la mayor contracción (-47.96 ± 1.02). El análisis de extensión mostró diferencias significativas, en donde el tratamiento RMC-P25 presentó mayor extensión (87.56 ± 0.17).

Para los RMC tipo Stout (Figura 2c) se encontró que existe diferencia significativa en la expansión/contracción. La galleta control (C) obtuvo un valor positivo (expansión), mientras que las sustituciones (25%, 50%, 75%) obtuvieron valores negativos (contracción), el tratamiento RMC-P25 mostró la mayor contracción (-12.56 ± 0.59). El análisis de extensión mostró diferencias significativas, en donde el tratamiento RMC-P25 presentó mayor extensión (74.82 ± 0.34).

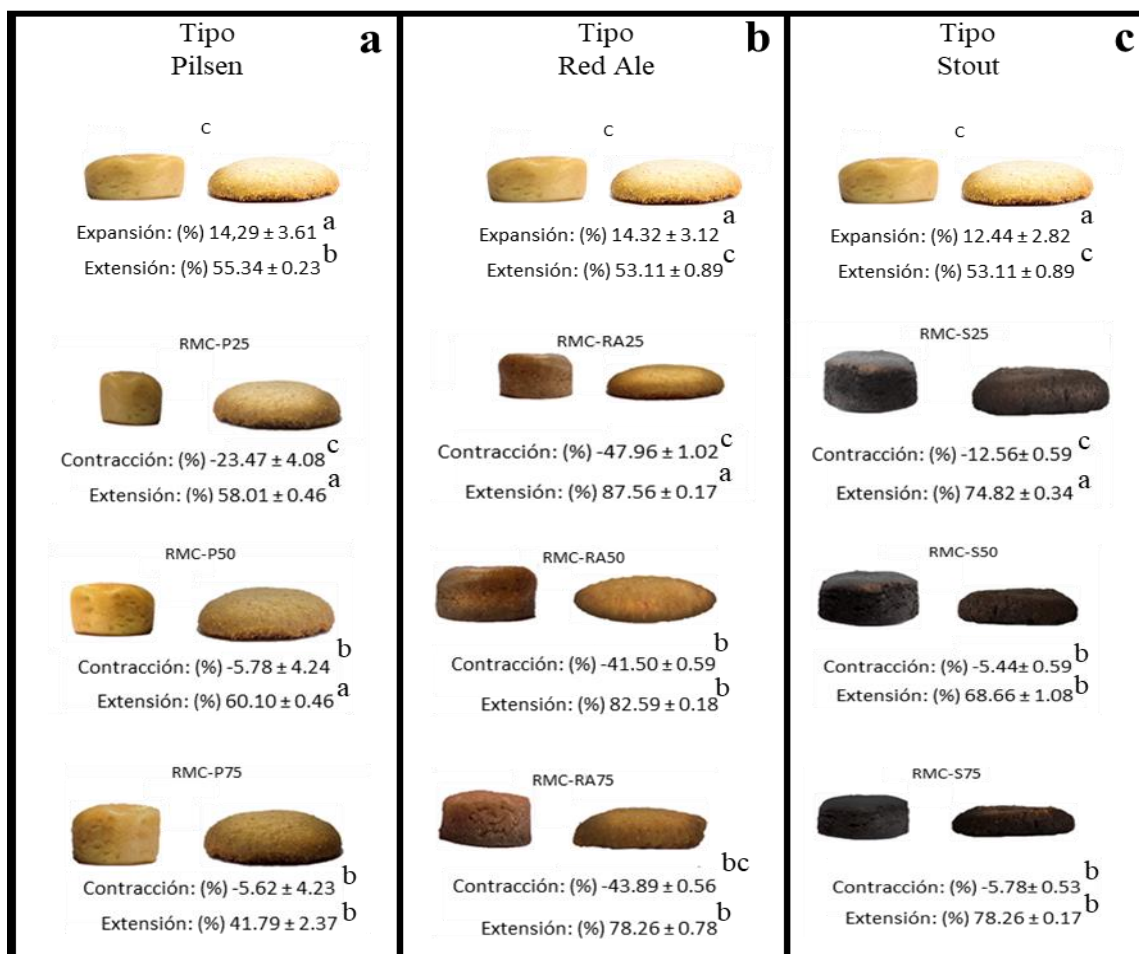


Figura 2. Extensión y expansión/contracción de masa

Valores porcentuales positivos significan contracción de masa, valores porcentuales negativos indican expansión de masa. Se muestra las medias de los tratamientos, con un límite de confianza al 95% y su desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas en los tratamientos, según la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$).

Los resultados observados en términos de extensión y expansión/contracción de las galletas podrían estar estrechamente relacionados con el contenido de fibra en los distintos tratamientos aplicados. La fibra presente en los residuos de malta de cerveza (RMC) puede influir en estas propiedades físicas (Mussato et al (2006), sería beneficioso realizar estudios adicionales para cuantificar y caracterizar específicamente la fibra en estos residuos. Este enfoque permitiría una comprensión más profunda de cómo la fibra afecta la textura y la estructura de las galletas, lo que podría conducir a una mejora en la calidad y la consistencia del producto final.

3.1.2. Análisis de la colorimetría.

El color de las galletas elaboradas con diferentes grados de sustitución de harina por RMC se muestran en la Figura 3. Mientras que los parámetros de color (L^* , a^* , b^* , C^* , h°) se muestran en la Tabla 3.

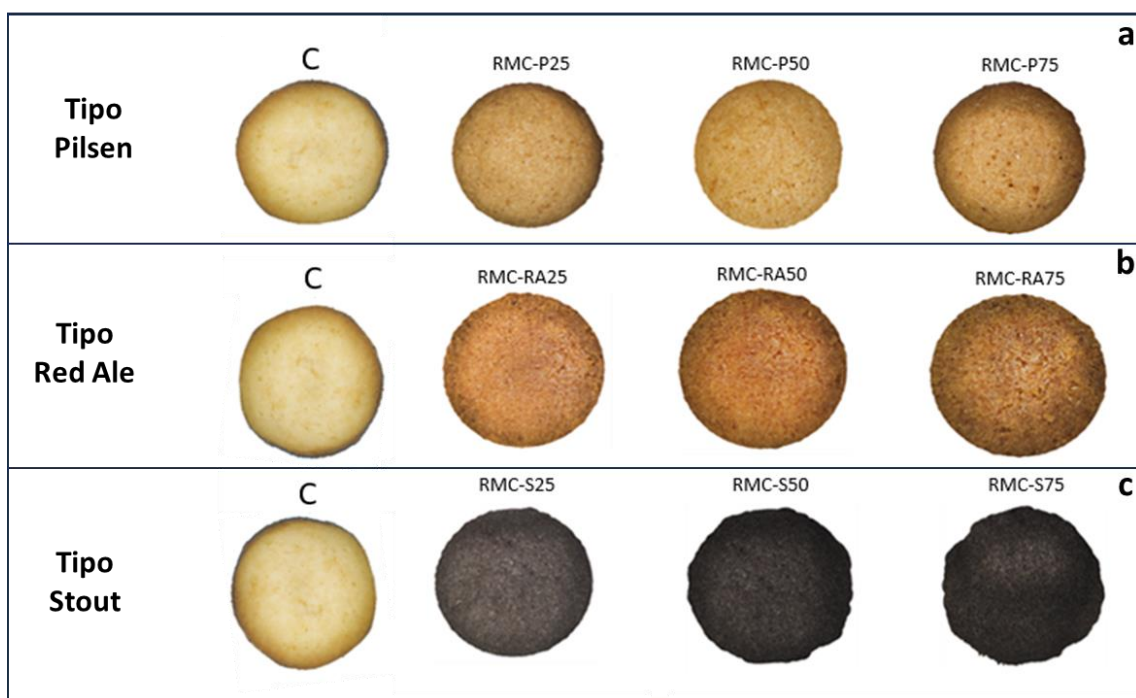


Figura 3. Apariencia de galletas elaboradas con 0, 25, 50 y 75% de sustitución de harina por RMC

Tabla 3. *Parámetros de color de galletas elaboradas con 0, 25, 50 y 75% de sustitución de harina por RMC*

Formulación	L*	a*	b*	C*	h°
C	66.04 ± 2.16 ^a	4.36 ± 1.77	34.95 ± 0.89 ^a	35.24 ± 1.08 ^a	82.95 ± 2.72
RMC-P25	56.43 ± 2.64 ^b	7.09 ± 2.35	30.82 ± 0.73 ^b	31.11 ± 1.37 ^b	78.21 ± 4.30
RMC-P50	55.21 ± 0.58 ^b	6.49 ± 0.08	30.14 ± 0.68 ^{bc}	30.96 ± 0.61 ^b	78.17 ± 0.75
RMC-P75	53.96 ± 0.70 ^b	6.07 ± 0.13	28.30 ± 0.55 ^c	30.42 ± 1.50 ^b	77.26 ± 1.58
C	66.14 ± 1.98 ^a	4.32 ± 1.30	35.22 ± 0.43 ^a	34.56 ± 1.12 ^a	82.77 ± 2.88 ^a
RMC-RA25	49.92 ± 3.43 ^b	7.14 ± 2.14	27.54 ± 2.16 ^b	28.64 ± 1.77 ^b	75.04 ± 4.59 ^b
RMC-RA50	47.41 ± 0.60 ^b	7.62 ± 0.40	24.93 ± 0.93 ^b	30.08 ± 1.20 ^b	71.15 ± 1.55 ^b
RMC-RA75	52.06 ± 2.88 ^b	6.66 ± 1.15	27.34 ± 1.42 ^b	27.00 ± 1.05 ^b	68.16 ± 0.53 ^b
C	67.12 ± 2.23 ^a	4.35 ± 1.54	34.34 ± 1.28 ^a	35.66 ± 1.46 ^a	82.71 ± 1.98 ^a
RMC-S25	23.28 ± 0.46 ^b	2.93 ± 0.11	6.22 ± 0.35 ^b	6.88 ± 0.35 ^b	4.74 ± 0.73 ^b
RMC-S50	22.80 ± 0.50 ^b	2.75 ± 0.04	6.29 ± 0.01 ^b	6.46 ± 0.01 ^b	62.49 ± 0.01 ^b
RMC-S75	21.78 ± 0.01 ^b	2.65 ± 0.02	6.19 ± 0.01 ^b	6.45 ± 0.01 ^b	61.88 ± 0.01 ^b

Se muestra las medias de los tratamientos, con un límite de confianza al 95% y su desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas en los tratamientos, según la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$).

Se determinó que los tratamientos del tipo RMC-P son moderadamente más claras, más rojas, más amarillas y saturadas en color. Además, presentan diferencia significativa en los parámetros L*, b* y C* con respecto al control, sin embargo, en los parámetros de L* y C* son estadísticamente iguales entre las sustituciones al 25, 50 y 75%. Los tratamientos del tipo RMC-RA, de manera general tienen una luminosidad media, con una tendencia hacia colores rojos y amarillos, siendo relativamente saturada e inclinada hacia un tono amarillento. Además, presentan diferencia significativa en los parámetros L*, b* C* y h° con respecto al control, no obstante, las sustituciones al 25, 50 y 75% son estadísticamente iguales entre ellas en todos los parámetros. Mientras que los tratamientos del tipo RMC-S son bastante oscuras, ligeramente rojas, ligeramente amarillas y menos saturadas. Además, presentan diferencia significativa en los parámetros en los parámetros L*, b*, C* y h° con respecto al control, sin embargo, las sustituciones al 25, 50 y 75% son estadísticamente iguales entre ellas en todos los parámetros.

Las características de color de las galletas muestran una evidente diferencia significativa en la apariencia visual entre los tres RMC frente a los controles. Al hacer un reemplazo de la harina por otros componentes se influye en la reacción de Maillard incluyendo por un lado la probabilidad de pérdida de aminoácidos esenciales como la lisina y por otro en el desarrollo del color (Pérez et al., 2013). Además, las condiciones de horneado influyen en la síntesis melanoidinas como producto de la reacción de Maillard, que también se ve influenciada por el pH (Zilic et al., 2016). La reacción es favorable para el desarrollo de un color estable, aunque reduce el valor nutricional en productos alimenticios (Zilic et al., 2021). Es muy importante estudiar los cambios de color que puedan darse en un producto cuando se hace un reemplazo de ingredientes ya que está comprobado que, entre otros atributos, el color es una motivación importante para el consumo de materias primas alternativas (como el RMC) incluidas en otras matrices alimentarias (Ochieng et al., 2023).

La European Brewery Convention (EBC) proporciona una escala para medir el color de la malta, siendo un factor clave en la determinación de las características sensoriales de productos alimenticios como las galletas. La malta Cara Ruby, con un índice EBC de 40-50, aporta un color más oscuro y tonalidades más rojizas, en comparación con la malta Pilsen, que tiene un índice EBC de solo 3 a 3.5, contribuyendo a colores más claros. Por otro lado, la malta Roasted Barley, con un índice EBC extremadamente alto de 1000-1250 debido a su proceso de tostado, influye significativamente en un color oscuro y un sabor intenso (Cano, 1987). Estos distintos valores de EBC de cada tipo de malta tienen un impacto directo en las características sensoriales de las galletas, afectando su apariencia y potencialmente su sabor, lo que demuestra la importancia de seleccionar adecuadamente el tipo de malta en la formulación del producto.

3.1.3. Análisis de parámetros de pH, humedad y friabilidad.

La evaluación de los diferentes grados de sustitución de harina por RMC de tipo Pilsen sobre los parámetros de pH, humedad y friabilidad de las galletas se muestran en las Figuras 4a, 4b y 4c, respectivamente.

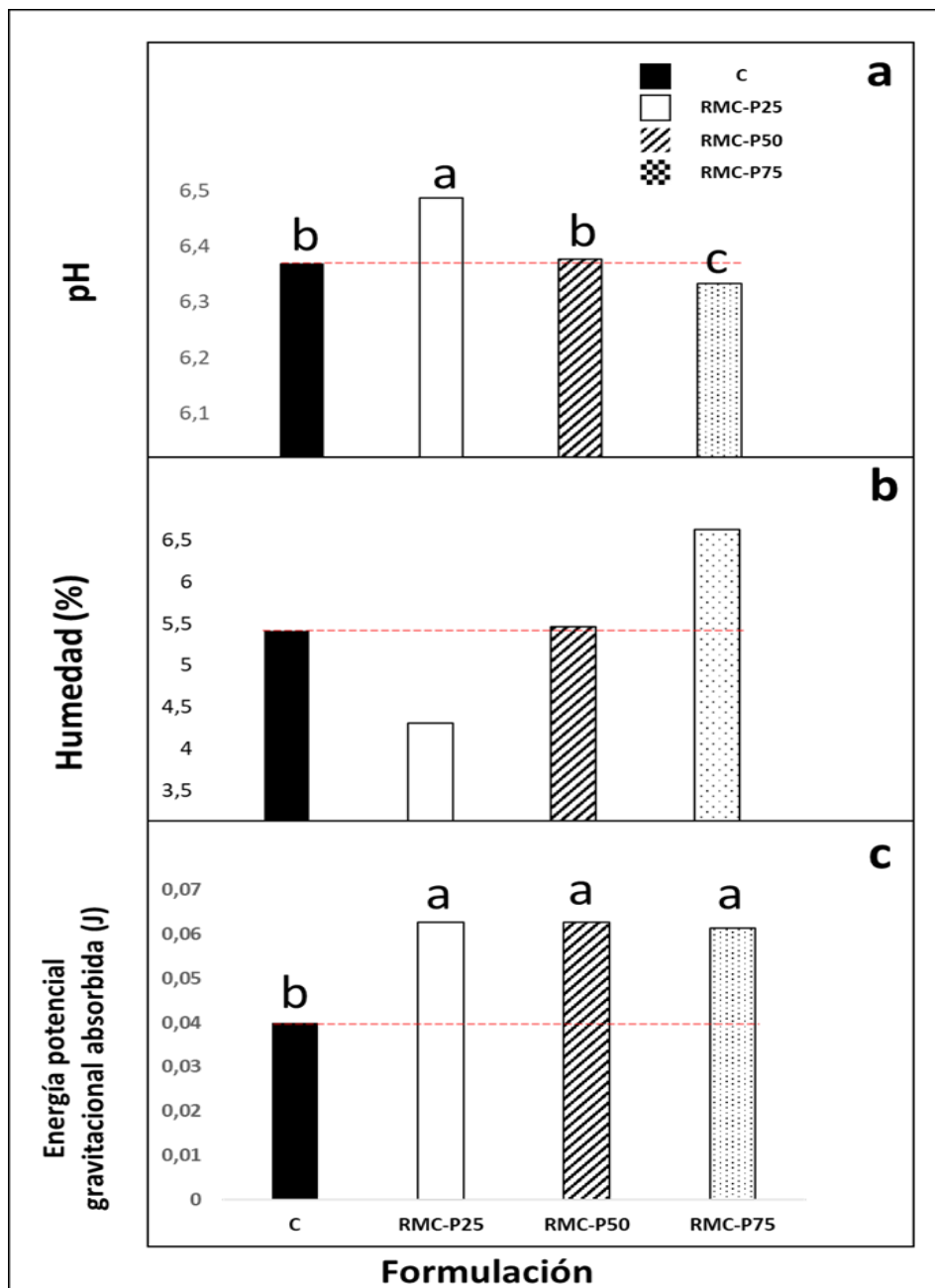


Figura 4. pH, Humedad y Friabilidad de galletas elaboradas con 25, 50 y 75% de sustitución de harina por RMC tipo Pilsen

Para cada tipo de galleta letras diferentes indican diferencias significativas en los tratamientos y el control según la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$).

La evaluación de los diferentes grados de sustitución de harina por RMC de tipo Red Ale sobre los parámetros de pH, humedad y friabilidad de las galletas se muestran en las Figuras 5a, 5b y 5c, respectivamente.

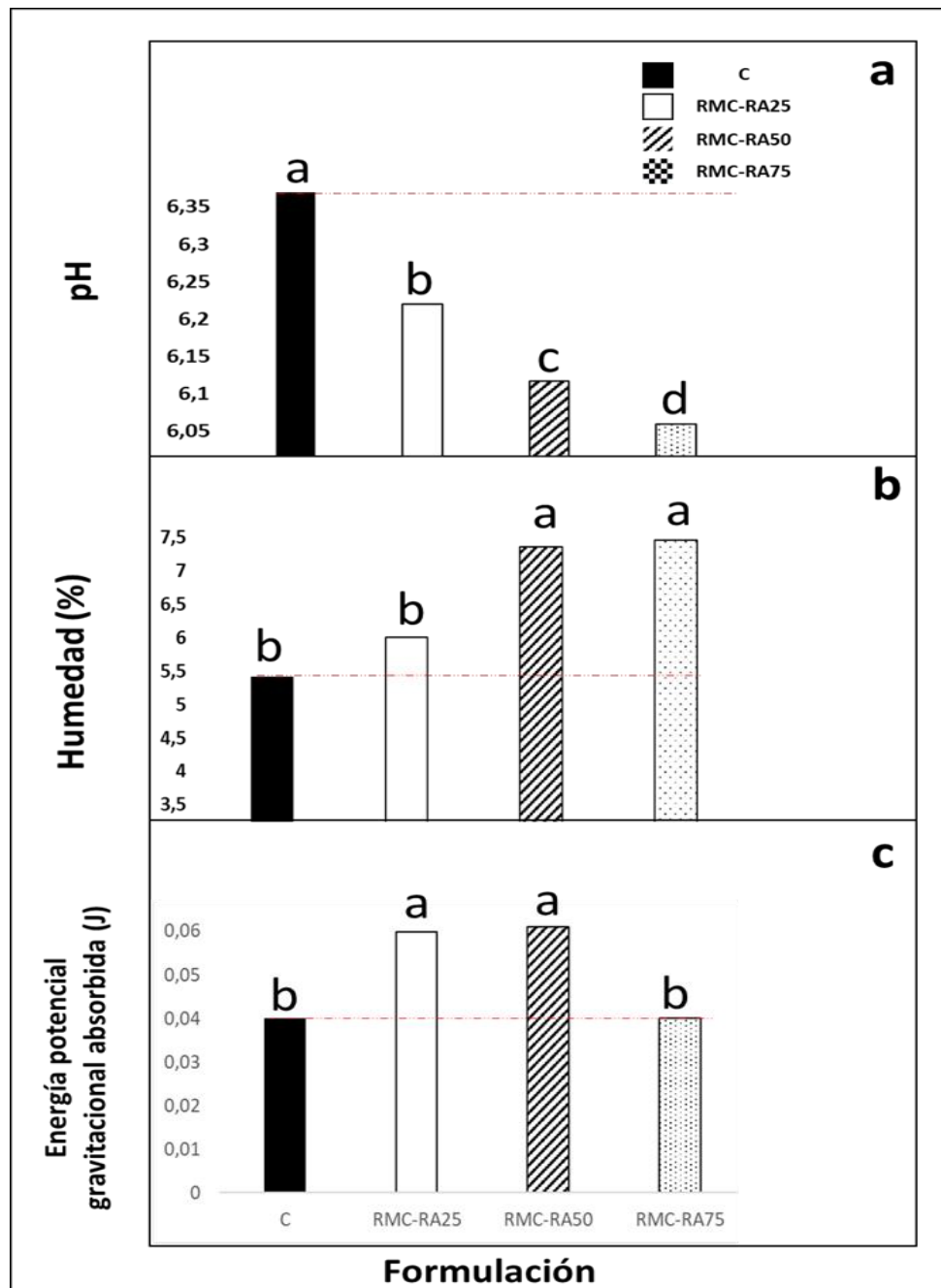


Figura 5. pH, humedad y friabilidad de galletas elaboradas con 25, 50 y 75% de sustitución de harina por RMC tipo Red Ale

Para cada tipo de galleta letras diferentes indican diferencias significativas en los tratamientos y el control según la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$).

La evaluación de los diferentes grados de sustitución de harina por RMC de tipo Stout sobre los parámetros de pH, humedad y friabilidad de las galletas se muestran en las Figuras 6a, 6b y 6c, respectivamente.

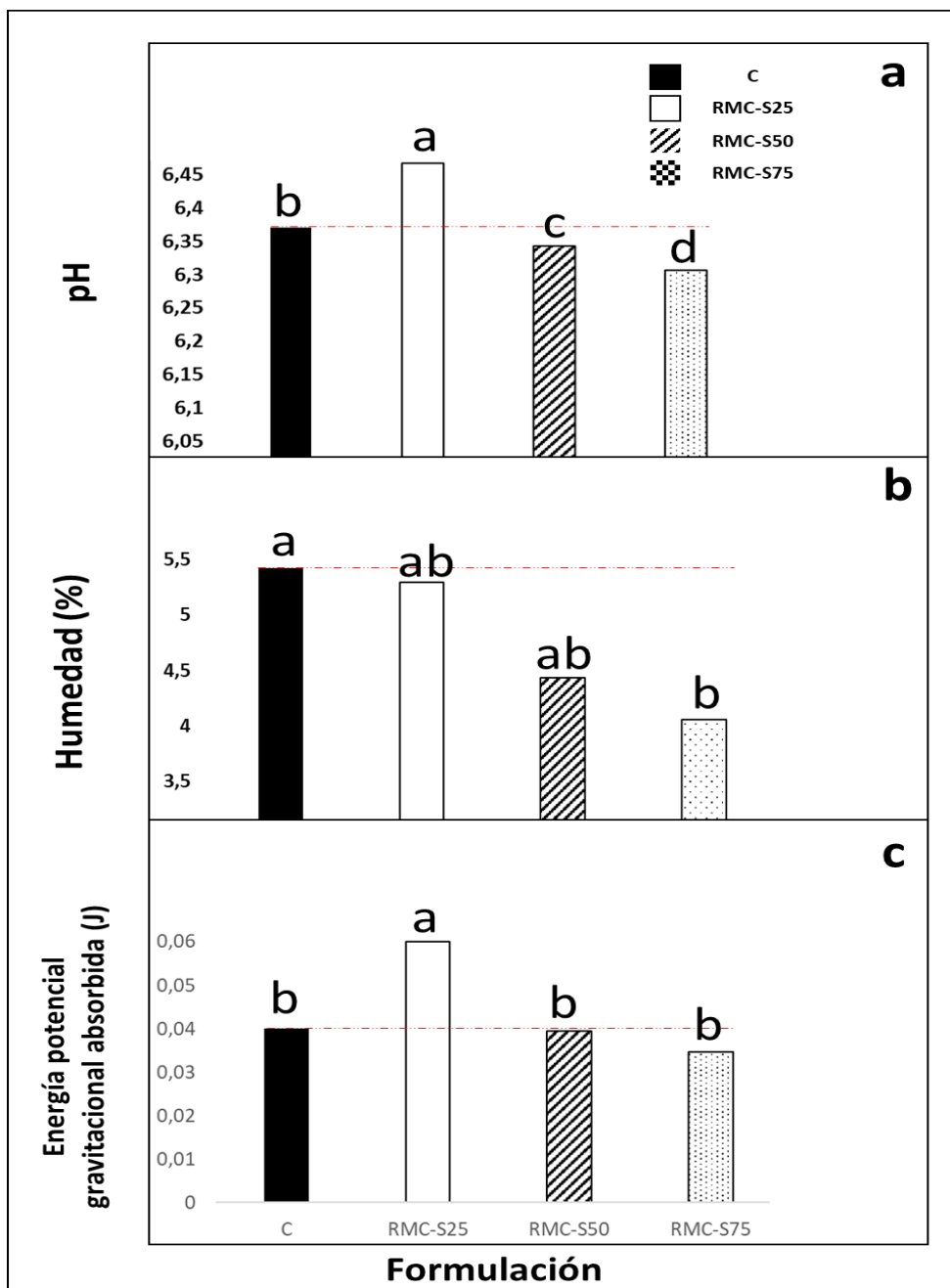


Figura 6. pH, humedad y friabilidad de galletas elaboradas con 25, 50 y 75% de sustitución de harina por RMC tipo Stout

Para cada tipo de galleta letras diferentes indican diferencias significativas en los tratamientos y el control según la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$).

En base a los resultados obtenidos, se encontró que para los RMC de tipo pilsen (Figura 4a), se muestran diferencias significativas en los valores de pH, en donde el tratamiento RMC-P25 tuvo el valor de pH más alto (6.49 ± 0.01), mientras que el tratamiento RMC-P75 tuvo el menor valor de pH (6.33 ± 0.01), estos valores se encuentran dentro de los parámetros establecidos por Oladuniove et al. (2021), con un rango de pH entre 5.5 y 7.2 de acuerdo al desarrollo de la reacción de Maillard que se busca en el producto. En cuanto al porcentaje de humedad (Figura 4b), no se encontraron diferencias significativas. Las galletas se ubican dentro del rango de 4 a 8% establecido por Lobo Roriz et al. (2020). Respecto a la friabilidad, expresada como energía potencial gravitacional absorbida (Figura 4c) se encontró diferencia significativa. Los tratamientos RMC-P25, RMC-P50 y RMC-P75 son menos friables con respecto al control y estadísticamente iguales entre ellos ($0.063 \text{ J} \pm 0.01$; $0.063 \text{ J} \pm 0.01$ y $0.061 \text{ J} \pm 0.01$, respectivamente).

Para las galletas con RMC de tipo Red Ale (Figura 5a), la variación de pH también fue significativa, mostrando un valor superior (6.22 ± 0.01) en el tratamiento RMC-RA25 y un valor inferior en RMC-RA75 (6.06 ± 0.01), los valores se encuentran dentro del rango esperado. Para el porcentaje de humedad (Figura 5b) se encontró diferencia significativa; las formulaciones RMC-P50 y RMC-P75 presentan los mayores valores (7.36 ± 0.36 y 7.46 ± 0.68). En la friabilidad (Figura 5c) también se encontró diferencia significativa, las formulaciones RMC-RA25 y RMC-RA50 tienen valores más altos de energía potencial gravitacional absorbida ($0.060 \text{ J} \pm 0.01$ y $0.061 \text{ J} \pm 0.01$ respectivamente), por lo tanto, son menos friables con relación a la formulación RMC-RA75 y Control.

Para los RMC de tipo Stout (Figura 6a), se encontró diferencia significativa en los valores de pH, mostrando un valor superior (6.22 ± 0.1) en el tratamiento RMC-S25 y un valor inferior en RMC-S (6.31 ± 0.1), los valores se encuentran dentro del rango esperado. En cuanto al porcentaje de humedad, la formulación RMC-S75 presentó el valor más bajo (4.05

± 0.24), valores dentro de los parámetros adecuados. En el análisis de la friabilidad se encontraron diferencias significativas, en donde el valor más alto de energía potencial gravitacional fue de la muestra RMC-S25 ($0.060 \text{ J} \pm 0.02$).

El análisis de los resultados de significancia en términos de pH, humedad y friabilidad, y tomando en cuenta que este trabajo aborda el aprovechamiento de los residuos producidos en la elaboración de cerveza artesanal, es decir aquellos tratamientos con mayor sustitución parcial de harina de trigo. Se seleccionaron los tratamientos RMC-P75, RMC-RA50 y RMC-S25 para las galletas elaboradas con RCM tipo Pilsen, Red Ale y Stout, respectivamente. Con base a los resultados obtenidos estas formulaciones fueron utilizadas para su posterior análisis sensorial y composicional.

3.2. Evaluación sensorial

A través de un diseño de bloques completamente aleatorizado (DBCA) se ejecutó la evaluación sensorial de tipo afectiva mediante la aplicación de una escala hedónica de 5 anclas con 84 jueces no entrenados, cumpliendo un modelo balanceado. Las formulaciones de cada tipo de galleta se codificaron de la siguiente manera: 946 para RMC-P75; 741 para RMC-RA50 y 379 para RMC-S25 en conjunto. Las muestras evaluadas se presentaron de forma monádica y con estricta aleatoriedad. Los resultados de la evaluación sensorial para los atributos de: color, olor, dureza, sabor y aceptabilidad global se muestran en la Tabla 4. Y los resultados comparativos se muestran posteriormente.

Tabla 4. Ponderación de los atributos de cada tipo de galleta según el grado de satisfacción del consumidor mediante escala hedónica

Atributo	Formulación de cada tipo de galleta		
	RMC-P75	RMC-RA50	RMC-S25
Color	4.05 ± 0.90 ^a	3.48 ± 0.925 ^b	2.75 ± 1.12 ^c
Olor	3.99 ± 0.91 ^a	3.87 ± 0.69 ^a	2.99 ± 1.11 ^b
Dureza	4.18 ± 0.87 ^a	3.73 ± 0.96 ^b	3.67 ± 1.21 ^b
Sabor	4.49 ± 0.74 ^a	3.81 ± 0.94 ^b	3.02 ± 1.12 ^c
GLOBAL	4.45 ± 0.69 ^a	3.76 ± 0.80 ^b	2.98 ± 0.97 ^c

Letras diferentes indican diferencias significativas en los tratamientos, según la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$).

La evaluación sensorial estuvo basada en una escala hedónica de 5 anclas, siendo 5 el parámetro "Me gusta mucho", 3 el parámetro neutral (No me gusta ni me desagrada) y 1 el parámetro "Me disgusta mucho".

La galleta RMC-P75 fue calificada con los valores más altos en todos los atributos de color, olor, dureza, sabor y aceptación global, significativamente diferentes entre las formulaciones RMC-RA50 y RMC-S25. Las diferencias entre las muestras fueron particularmente notables en color y sabor. La muestra RMC-P75 fue preferida notablemente sobre las demás. RMC-RA50 y RMC-S25 obtuvieron calificaciones más bajas. RMC-S25 recibió las puntuaciones más bajas en color y sabor; los comentarios de los jueces indicaron que se asemejaba a una "galleta quemada". Estos resultados indican que las variaciones en las características de las muestras influyen considerablemente en la percepción sensorial y la preferencia del consumidor, con una clara ventaja para RMC-P75. En resumen, la formulación RMC-P75 obtuvo una calificación global de 4.45 correspondiente "me gusta"- "me gusta mucho", mientras que las formulaciones RMC-RA50 y RMC-S25 obtuvieron puntajes de 3,76 y 2,98, que corresponden a "no me gusta ni me desagrada" y "me desagrada", respectivamente. La aceptabilidad de un producto y varía según el grado de sustitución de la harina, por lo que los resultados dependerán de la apreciación de los panelistas. Por ejemplo, en galletas

elaboradas con diferentes grados de sustitución de harina de trigo por bagazo de ciruela se obtuvieron calificaciones sobre el promedio comparado con las muestras control (Oladuniove et al., 2021). Por otro lado, resulta interesante considerar al RMC como una potencial fuente de colorante natural que además aporta en la composición proximal y otras características nutricionales como azúcares, ácidos grasos, textura, carga microbiana y vida útil de las galletas, tal como explican Lobo Roriz et al. (2020).

La realización de una evaluación sensorial es crucial para entender la aceptación del producto por parte del consumidor, esta no determina por sí sola la viabilidad o rentabilidad del mismo. Por lo tanto, es esencial acompañar la evaluación sensorial con un estudio de mercado detallado. El estudio debería analizar aspectos como la demanda potencial, la disposición a pagar, la competencia en el mercado y las tendencias de consumo. Un estudio de mercado bien ejecutado proporciona información valiosa para la toma de decisiones estratégicas, asegurando no solo la aceptación del producto, sino también su éxito comercial en un mercado competitivo.

En las formulaciones (RMC-P75, RMC-RA50 y RMC-S25) se analizó la composición proximal y el diseño de producto que incluye la elaboración del etiquetado nutricional y propuesta del empaque.

3.3. Análisis Proximal

La tabla 5 muestra los resultados del análisis proximal realizado a las formulaciones RMC-P75, RMC-RA50 y RMC-S25, en función de las propiedades fisicoquímicas (Sección 3.1.3). Se analizó el contenido de humedad, ceniza, proteína, grasa y carbohidratos totales.

Tabla 5. Análisis proximal de galletas elaboradas con 75, 50 y 25% de sustitución de harina con RMC tipo Pilsen, Red Ale y Stout respectivamente

Análisis Proximal (g/100g)					
Tratamientos	Humedad	Ceniza	Proteína	Grasa total	C.H. Totales
RMC-P75	6.63 ± 1.50	0.69 ± 0.08	7.11 ± 0.02	26.71 ± 0.01	58.86
RMC-RA50	7.36 ± 0.36	0.83 ± 0.01	7.70 ± 0.01	26.58 ± 0.21	57.53
RMC-S25	5.29 ± 0.76	0.77 ± 0.01	7.41 ± 0.10	26.73 ± 0.01	58.8

Los resultados son el promedio de las tres determinaciones y su desviación estándar. C.H. Carbohidratos: los valores son la diferencia de los promedios según Ávila et al (2012).

Los resultados mostraron que cada tratamiento presenta un perfil único de humedad, cenizas, proteínas, grasas y carbohidratos totales, lo cual definió las características finales de las galletas en términos de textura y sabor, parámetros que los consumidores mostraron mayor o menor grado de aceptabilidad en la evaluación sensorial (Sección 3.2).

De manera global, con respecto a la formulación RMC-P75, la humedad presentada fue de $6.63 \pm 1.50\%$, un nivel que puede indicar una textura específica en la galleta, potencialmente equilibrada entre crujiente y suave. El contenido de cenizas es el más bajo de los tres, con un $0.69 \pm 0.08\%$, lo que sugiere una menor presencia de minerales inorgánicos. La cantidad de proteína, en un $7.11 \pm 0.02\%$, proporciona un valor nutricional adecuado, mientras que la grasa total es relativamente alta con un $26.71 \pm 0.01\%$. Esto podría influir en el sabor, proporcionando una sensación más agradable en la masticación. Los carbohidratos totales son los altos de los tres tratamientos, con un 58.86% , lo que puede afectar la textura de la galleta además de ofrecer más energía al consumidor.

La formulación RMC-RA50 presenta el contenido de humedad es más alto, con un valor de $7.36 \pm 0.36\%$, lo que puede hacer que la galleta sea menos crujiente y más tierna. El contenido

de ceniza es de $0.83\pm 0.01\%$, el más alto de los tratamientos, indicando una mayor cantidad de minerales. La proteína se encuentra en un $7.70\pm 0.01\%$, lo cual es beneficioso desde el punto de vista nutricional y similar a las otras formulaciones. La grasa total es ligeramente menor que en el tratamiento RMC-P75, con un $26.58\pm 0.21\%$, lo que podría ofrecer una textura ligeramente diferente a las otras formulaciones. El contenido de carbohidratos es de 57.53% , al igual que las otras formulaciones.

En otro aspecto, la formulación RMC-S25 mostró un contenido de humedad notablemente más bajo, con un $5.29\pm 0.76\%$, lo que podría traducirse en una galleta más crujiente y menos húmeda. La ceniza, con un $0.77\pm 0.01\%$, está en un nivel medio entre las tres formulaciones, lo que indica un contenido de minerales moderado. La proteína es la más alta con un $7.41\pm 0.01\%$, ofreciendo un perfil nutricional ligeramente superior a las otras formulaciones. La grasa total también es la más alta, con un $26.73\pm 0.01\%$, lo que puede influir notablemente en las propiedades organolépticas. El nivel de carbohidratos, con un 58.8% , es alto, lo que sugiere una buena fuente de energía y posiblemente una textura más densa.

Los resultados generales muestran concordancia con la literatura, en donde las galletas se caracterizan por un bajo contenido de humedad (Lobo Roriz et al., 2020). Mientras mayor es el contenido de humedad en una matriz alimentaria, disminuye su tiempo de vida útil y se incrementa la posibilidad de que crezcan microorganismos. Las cenizas son un indicador del contenido de minerales en un alimento. Las galletas a su vez, se caracterizan por un alto contenido de grasa y azúcares, resultados similares en cuanto al contenido de estos macronutrientes se han reportado en galletas elaboradas con residuos de café (Han y Lee, 2021), con flores de amaranto globo (Lobo Roriz et al., 2020), polvo de hongos agaricales en diferentes grados de sustitución de harina (Stoffel et al., 2021). Con respecto a los resultados de proteínas, los valores reportados de las formulaciones RMC-P75, RMC-RA50 y RMC-S25 son superiores a los reportados por Lobo Roriz et al. (2020) en galletas

enriquecidas con amaranto globo en las que se encontró un contenido de proteína alrededor del 5%. En tanto que en galletas elaboradas con residuos de café (Han y Lee, 2021) el contenido de proteínas es similar al presente estudio. Los resultados reportados de ceniza son similares a los resultados obtenidos en galleta con adición de bagazo de ciruelas y trigo (Oladunjoye et al. 2021).

Debido a la incorporación de RMC en las formulaciones de galletas sería importante conocer el perfil de aminoácidos y ácidos grasos, y fibra dietaria como una forma de promover el consumo de este producto debido a sus características nutricionales benéficas para el consumidor. En otro aspecto, resulta interesante el conocer el efecto de la adición del RMC sobre el contenido de compuestos bioactivos como antocianinas, carotenos, compuestos fenólicos, además de determinar el impacto del reemplazo de la harina por el RMC sobre la viscoelasticidad de la masa, la estructura, textura y digestibilidad del almidón en las galletas.

3.4. Diseño del producto

Los resultados obtenidos en el análisis proximal se utilizaron para la elaboración de las etiquetas y semáforos nutricionales, según se muestra a continuación.

3.4.1. Etiquetado de la información nutricional.

Se calcularon los aportes calóricos de los macronutrientes de las formulaciones RMC-P75, RMC-RA50 y RMC-S25, para un tamaño de porción igual de 30 gramos. Además, se calcularon los porcentajes del Valor Diario Recomendado (VDR) para una dieta de 2000 Kcal/día. Las etiquetas de los prototipos conceptuales se muestran en la Figura 5.

RMC-P75	RMC-RA50	RMC-S35																																													
a	b	c																																													
INFORMACIÓN NUTRICIONAL Tamaño de la Porción: 1/5 tazas (30g) Porciones por empaque: 4 <hr/> CALORÍAS: 151 CALORÍAS DE GRASA: 72 <hr/> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 80%;"></th> <th style="width: 10%;"></th> <th style="width: 10%; text-align: center;">% Valores Diarios*</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grasa Total</td> <td style="text-align: center;">8g</td> <td style="text-align: center;">12%</td> </tr> <tr> <td>Carbohidratos</td> <td style="text-align: center;">18g</td> <td style="text-align: center;">6%</td> </tr> <tr> <td>Sodio</td> <td style="text-align: center;">194mg</td> <td style="text-align: center;">8%</td> </tr> <tr> <td>Proteínas</td> <td style="text-align: center;">2g</td> <td style="text-align: center;">4%</td> </tr> </tbody> </table> <hr/> <small>El Porcentaje de Valores Diarios está basado en una dieta de 2000 calorías. Sus valores diarios pueden ser más altos o más bajos dependiendo de sus necesidades calóricas.</small> <hr/> <small>ENVASADO POR PESO, NO POR VOLUMEN. SIN COLORES ARTIFICIALES.</small>			% Valores Diarios*	Grasa Total	8g	12%	Carbohidratos	18g	6%	Sodio	194mg	8%	Proteínas	2g	4%	INFORMACIÓN NUTRICIONAL Tamaño de la Porción: 1/5 tazas (30g) Porciones por empaque: 4 <hr/> CALORÍAS: 150 CALORÍAS DE GRASA: 72 <hr/> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 80%;"></th> <th style="width: 10%;"></th> <th style="width: 10%; text-align: center;">% Valores Diarios*</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grasa Total</td> <td style="text-align: center;">8g</td> <td style="text-align: center;">12%</td> </tr> <tr> <td>Carbohidratos</td> <td style="text-align: center;">17g</td> <td style="text-align: center;">6%</td> </tr> <tr> <td>Sodio</td> <td style="text-align: center;">124mg</td> <td style="text-align: center;">5%</td> </tr> <tr> <td>Proteínas</td> <td style="text-align: center;">2g</td> <td style="text-align: center;">4%</td> </tr> </tbody> </table> <hr/> <small>El Porcentaje de Valores Diarios está basado en una dieta de 2000 calorías. Sus valores diarios pueden ser más altos o más bajos dependiendo de sus necesidades calóricas.</small> <hr/> <small>ENVASADO POR PESO, NO POR VOLUMEN. SIN COLORES ARTIFICIALES.</small>			% Valores Diarios*	Grasa Total	8g	12%	Carbohidratos	17g	6%	Sodio	124mg	5%	Proteínas	2g	4%	INFORMACIÓN NUTRICIONAL Tamaño de la Porción: 1/5 tazas (30g) Porciones por empaque: 4 <hr/> CALORÍAS: 154 CALORÍAS DE GRASA: 74 <hr/> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 80%;"></th> <th style="width: 10%;"></th> <th style="width: 10%; text-align: center;">% Valores Diarios*</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grasa Total</td> <td style="text-align: center;">8g</td> <td style="text-align: center;">12%</td> </tr> <tr> <td>Carbohidratos</td> <td style="text-align: center;">18g</td> <td style="text-align: center;">6%</td> </tr> <tr> <td>Sodio</td> <td style="text-align: center;">106mg</td> <td style="text-align: center;">4%</td> </tr> <tr> <td>Proteínas</td> <td style="text-align: center;">2g</td> <td style="text-align: center;">4%</td> </tr> </tbody> </table> <hr/> <small>El Porcentaje de Valores Diarios está basado en una dieta de 2000 calorías. Sus valores diarios pueden ser más altos o más bajos dependiendo de sus necesidades calóricas.</small> <hr/> <small>ENVASADO POR PESO, NO POR VOLUMEN. SIN COLORES ARTIFICIALES.</small>			% Valores Diarios*	Grasa Total	8g	12%	Carbohidratos	18g	6%	Sodio	106mg	4%	Proteínas	2g	4%
		% Valores Diarios*																																													
Grasa Total	8g	12%																																													
Carbohidratos	18g	6%																																													
Sodio	194mg	8%																																													
Proteínas	2g	4%																																													
		% Valores Diarios*																																													
Grasa Total	8g	12%																																													
Carbohidratos	17g	6%																																													
Sodio	124mg	5%																																													
Proteínas	2g	4%																																													
		% Valores Diarios*																																													
Grasa Total	8g	12%																																													
Carbohidratos	18g	6%																																													
Sodio	106mg	4%																																													
Proteínas	2g	4%																																													

Figura 7. Etiquetas nutricionales para galletas elaboradas con RMC tipo Pilsen (a), Red Ale (b) y Stout (c) con sustituciones del 75, 50 y 25%, respectivamente

Los parámetros de la información nutricional están sujetos a la Norma NTE INEN 1334-2:2011 Sobre el rotulado de productos alimenticios para el consumo humano. Rotulado nutricional, requisitos.

Los resultados muestran que la formulación RMC-P75 (Figura 7a) tiene un aporte calórico de 151 Kcal por 30 gramos de porción, de los cuales, 72 Kcal son aportadas por la grasa total. Del valor diario recomendado para 2000 Kcal/día (VDR), el aporte de grasa es del 12%, los carbohidratos totales conforman el 6%, el sodio aporta el 8% y las proteínas el 4%.




La formulación RMC-RA50 (Figura 7b) tiene un aporte calórico de 150 Kcal por 30 gramos de porción, de los cuales, 72 Kcal son aportadas por la grasa total. Del valor diario recomendado para 2000 Kcal/día (VDR), el aporte de grasa es del 12%, los carbohidratos totales conforman el 6%, el sodio aporta el 5% y las proteínas el 4%.

La formulación RMC-S25 (Figura 7c) tiene un aporte calórico de 154 Kcal por 30 gramos de porción, de los cuales, 74 Kcal son aportadas por la grasa total. Del valor diario recomendado para 2000 Kcal/día (VDR), el aporte de grasa es del 12%, los carbohidratos totales conforman el 6%, el sodio aporta el 4% y las proteínas el 4%.

3.4.2. Semáforo nutricional.

Se elaboró el semáforo nutricional de acuerdo con lo establecido por la legislación ecuatoriana vigente. Los valores de concentración y el diseño del semáforo nutricional declarados para los productos elaborados con RMC tipo Pilsen, Red Ale y Stout se muestran la Tabla 6.

Tabla 6. *Semáforo nutricional para galletas elaboradas con RMC tipo Pilsen, Red Ale y Stout*

Tratamiento	Carbohidratos totales (g/100g)	Grasa Total (g/100g)	Sodio Total (mg/100g)	Semáforo propuesto
RMC-P75	Concentración			
	58,86	26.71 ± 0.01	647.10 ± 4.08	
RMC-RA50	Concentración			
	57,40	26.59 ± 0.21	637.87 ± 8.82	
RMC-S25	Concentración			
	58,79	27.73 ± 0.07	540.30 ± 9.47	
	Valoración			
	“ALTO”	“ALTO”	“MEDIO”	

Los resultados son el promedio de las tres determinaciones y su desviación estándar. C.H. Carbohidratos: los valores son la diferencia de los promedios según Ávila et al (2012).

Los valores de concentración y los parámetros (Proporción, separación, color, orden, tamaño de letra) del semáforo nutricional están sujetos al reglamento sanitario de etiquetado de alimentos procesados para el consumo humano (Acuerdo No. 00004522).

Es importante trabajar en el diseño de productos dirigidos a consumidores con necesidades especiales, ya que además del enfoque de economía circular con la reutilización de subproductos de la industria alimentaria, es necesario investigar en la sustitución de componentes como los azúcares y grasas para obtener un producto con mejores características nutricionales.

3.4.3. Diseño del empaque

Se elaboró un diseño conceptual de empaque para la formulación RMC-P75, puesto que fue la formulación que obtuvo mejor grado de aceptabilidad en la prueba sensorial (Sección 3.2). Se comenzó con el diseño de una porta galletas de tereftalato de polietileno como barrera primaria de protección del producto (Figura 8a) para un contenido de 12 unidades de galletas, cada una con un espesor de 1.5 cm, un diámetro de 6 cm y una separación de 2 mm entre sí. Respecto a la envoltura, se podría utilizar polipropileno (Figura 8b) con el fin de ofrecer una barrera de protección al producto, frente a agentes contaminantes que puedan ingresar a través del cartón exterior. El empaque secundario del producto sería una caja plegable de cartón (Figura 8c), que llevaría impresa información como el nombre de la empresa fabricante, nombre de producto, especificaciones de almacenamiento, contenido neto, ingredientes, información nutricional, código de barras, código de registro sanitario, información de la empresa, entre otros datos pertinentes.

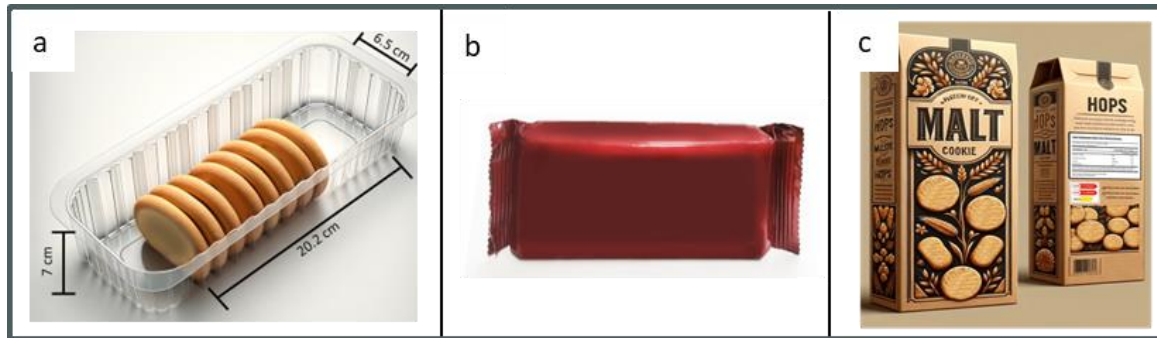


Figura 8. Porta galletas para galletas elaboradas con la sustitución de harina de trigo por 75% de RMC tipo Pilsen

El diseño conceptual fue elaborado en la plataforma PlayGround y editado en Adobe Photoshop 2024 por el Autor.

Es muy importante dedicar esfuerzos a la búsqueda de envases adecuados para un producto perecible como las galletas. Dado el enfoque de economía circular es necesario evaluar el efecto sobre la calidad y vida útil de galletas el uso de materiales de empaque elaborado con subproductos del procesamiento de vegetales (Molnar et al. 2022), films bioplásticos (López et al., 2023), entre otros.

4. CONCLUSIONES

La sustitución de harina de trigo en la formulación de galletas depositadas con RMC de tipo Pilsen Red Ale y Stout es posible ya que influye positivamente sobre las propiedades físicoquímicas de las galletas, incluyendo la extensión y contracción de la masa, la colorimetría y el pH. Estas variaciones demuestran la efectividad de los RMC como sustitutos parciales, ofreciendo una alternativa sostenible y nutritiva en la panificación.

La sustitución del 75% de harina de trigo por RMC tipo Pilsen destacó en todos los atributos sensoriales, especialmente en color y sabor, lo cual resalta la importancia de la selección adecuada de la proporción de RMC en la formulación de las galletas para optimizar la aceptación del consumidor. Sería interesante determinar los perfiles de ácidos grasos y aminoácidos para determinar la contribución nutricional de este producto.

La investigación ha demostrado que los RMC pueden ser utilizados efectivamente como sustitutos parciales de harina de trigo en productos de panificación, contribuyendo a la sostenibilidad y la innovación en la industria alimentaria. Sin embargo, se sugiere realizar estudios adicionales para optimizar la proporción de sustitución y explorar el uso de RMC en otros productos alimenticios. También sería beneficioso investigar más sobre la percepción del consumidor y la viabilidad comercial de estos productos en el mercado.

El presente estudio contribuye significativamente al campo de la ciencia de alimentos al explorar alternativas sostenibles y nutritivas en la elaboración de productos de panificación. Los resultados obtenidos podrían servir de base para futuras investigaciones y desarrollo de productos alimenticios innovadores y sostenibles. Se recomienda el estudio de micotoxinas y la determinación de fibra con el fin de brindar información al consumidor respecto a la calidad e inocuidad del producto.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adebola, O., Oladunjoye, S., Ezianya. & Aderibigbe, R. (2021). Proximate composition, physical, sensory and microbial properties of wheat-hog plum bagasse composite cookies. *LWT*, Volume 141, 111038. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111038>.
- Abellán, A., Domínguez, R., García, C., Giménez, A., Sánchez, P. & Zapata, J. (2023). Broccoli products supplemented beers provide a sustainable source of dietary sulforaphane. *Food Bioscience*, Volume 5, 102259, ISSN 2212-4292. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.102259>.
- Ávila, R., Rivas, B., Hernández, R., & Chirinos, M. (2012). Contenido de azúcares totales, reductores y no reductores en Agave cocui Trelease. *Multiciencias*, 12(2), 129-135. <https://www.redalyc.org/pdf/904/90424216002.pdf>
- Aragón, J., Baltá, J., Cortez, I. & Pérez, A. (2019). Estudio preliminar del proceso de producción de cerveza a partir de sorgo rojo CIAP R-132 a escala de laboratorio. *Ciencias Agropecuarias*, 27(77), 27-37. <https://www.redalyc.org/journal/674/67459697004/html/>
- Ávila, H., Carrillo, I. & Reyes, A. (2018). Modificación de la técnica volumétrica de mohr para cuantificar sodio en queso fresco Modification of the mohr volumetric technique to quantify sodium in fresh cheese. *Revista de Simulación y Laboratorio*, 5(16), 1-4.
- Belmiro, H., Oliveira, C., Tribst, A. & Cristianini, M. (2022). Techno-functional properties of coffee by-products are modified by dynamic high pressure: A case study of clean label ingredient in cookies. *LWT*, 154, 112601. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112601>.
- Bourdchon, F., Casaregola, S., Farrokh, C., Frisvad, J., Gerds, L., Hammes, W., Harnett, J., Huys, G.,Laulund, S., Ouwehand, A., Powell, I., Prajapati, J., Seto, Y., Schure, E. (2018). Food fermentations:Microorganisms with technological beneficial use. *International Journal of Food Microbiology*. (2)154: 87-97.
- Castro, E & Silva, E. (2016). Elaboración de galletas enriquecidas a partir de una mezcla de cereales, leguminosas y tubérculos. Chachapoyas, región Amazonas. *Industrial Data* 18(1), 84-90.

https://www.researchgate.net/publication/307182211_Elaboracion_de_galletas_en_riquecidas_a_partir_de_una_mezcla_de_cereales_leguminosas_y_tuberculos_Chapoyas_region_Amazonas

- Caruso, M., Graciela, A., Medrano, M. & Piermaria, J. (2022). β -glucans obtained from beer spent yeasts as functional food grade additive: Focus on biological activity. *Food Hydrocolloids*, 133(22). ISSN 0268-005X. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107963>.
- Calixto, J., Rajaram, S. & Islas A. (2019). Whole grain wheat flour bakery quality through conventional tests and a non conventional test. *Revista facultad de agronomía*, 21(3), 43-53. <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/23/232004001/html/index.html>
- Camacho, C & Grande, C. (2020). BAGAZO DE MALTA (BSG): Biorresiduo con potencial aplicación a nivel funcional, material y energético. *Prospectiva*, ISSN 2216-1368, 19(1), <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7999816.pdf>
- Cano, J. (1987). The EEC Barley and Malt Committee Index for the Evaluation of Malting Quality in Barley and its Use in Breeding, *Plant Breeding*, 98(3), 249-256. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.1987.tb01124.x>
- Coba, G. (2021). *El número de marcas de cerveza artesanal crece un 20% en Ecuador*. *Revista Primicias*. <https://www.primicias.ec/noticias/economia/marcas-cerveza-artesanal-crecimiento-ecuador/>
- Cortez, A., Guadalupe, J., Medina, J. & Montero, V. (2017). El consumo de alcohol como problema de salud pública. *Ra Ximhai*, 13(2), 13-24. <https://www.redalyc.org/pdf/461/46154510001.pdf>
- Han, I., Lee, C. S. (2021). Quality properties and bioactivities of American cookies with coffee extract residues. *LWT*, Volume 151, 112173. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112173>.
- He, Y., Allen, J., & Huang, H. (2023). Food By-Products Valorization Technologies: Brewer's Spent Grain. En P. Ferranti (Ed.), *Sustainable Food Science - A Comprehensive Approach*, pp. 447-463. Elsevier. ISBN 9780128241660. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823960-5.00091-3>.

- Himashree, P., Sengar, A. S., & Sunil, C. K. (2022). Valorization of food industry by-product (Pineapple Pomace): A study to evaluate its effect on physicochemical and textural properties of developed cookies. *Measurement: Food*, 6, 100031. <https://doi.org/10.1016/j.meaf00.2022.100031>.
- Hormaza, D. (2020). Algunos antecedentes históricos, socio-culturales de las bebidas alcohólicas en Ecuador dirigido a los estudiantes de arte y turismo. *Revista de Estudios e Sociedad, Artes y Gestión Cultural TercioCreciente*, 18(20), 57-73. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7581747.pdf>
- Kaderides, K., Mourtzinou, I., & Goula, A. M. (2020). Stability of pomegranate peel polyphenols encapsulated in orange juice industry by-product and their incorporation in cookies. *Food Chemistry*, 310, 125849. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125849>.
- Kaur, S., Panesar, P., & Chopra, H. (2023). Extraction of dietary fiber from kinnow (*Citrus reticulata*) peels using sequential ultrasonic and enzymatic treatments and its application in development of cookies. *Food Bioscience*, 54, 102891. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102891>.
- Lopes, J., Pettersen, M. K., Grøvlén, M. S., Sharmin, N., Li, K. D., Wetterhus, E., Ferreira, P., Coimbra, M. A., & Gonçalves, I. (2024). Heat-sealable bioplastic films of blended locust bean and potato byproducts for active packaging of fatty foods: Cheese and oat cookies as case studies. *Food Hydrocolloids*, 147(Part A), 109322. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.109322>.
- Loviso, C & Libkind, D. (2017). Síntesis y regulación de compuestos del aroma y el sabor derivados de la levadura en la cerveza: ésteres, *Revista Argentina de Microbiología*, 11(6). <https://www.elsevier.es/en-revista-revista-argentina-microbiologia-372-avance-sintesis-regulacion-compuestos-del-aroma-S0325754117301864>
- Mejía, J. (2020). *Elaboración de una galleta a partir de harina de haba (Vicia faba), trigo (Triticum) y zanahoria blanca (Arracaia Xanthorrhiza)* [Trabajo de grado, Universidad Agraria del Ecuador]. Repositorio virtual de la Universidad Agraria del Ecuador. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/MEJ%C3%8DA%20ALEJANDRO%20JOEL%20ANTONIO.pdf>

- Molnar, D., Novotni, D., Kurek, M., Galić, K., Iveković, D., Bionda, H., Ščetar, M. (2023). Characteristics of edible films enriched with fruit by-products and their application on cookies. *Food Hydrocolloids*, Volume 135, 108191. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108191>.
- Mussatto, S., Dragone, G., & Roberto, I. (2006). Brewers' spent grain: generation, characteristics and potential applications. *Journal of Cereal Science*, 43, 1-14.
- Nagy, M., Semeniuc, C., Socaci, S. (2017). Utilization of brewer's spent grain and mushrooms in fortification of smoked sausages. *Food Science and Technology*, 37, 315-320.
- Nocente, F., Taddei, F., Galassi, E., & Gazza, L. (2019). Upcycling of brewers' spent grain by production of dry pasta with higher nutritional potential. *LWT - Food Science and Technology*, 114, 108421.
- Ochieng, B., Anyango, O., Khamis, M., Ekesi, S., Egonyu, J., Subramanian, S., Cheseto, X. (2023). Nutritional characteristics, microbial loads and consumer acceptability of cookies enriched with insect (*Ruspolia differens*) meal. *LWT*, Volume 184, 115012. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115012>.
- Pereira & Tissot. (2020). Desarrollo de una metodología analítica para la determinación de Cd, Pb y As en frutas y hortalizas como una alternativa a los métodos estándar de análisis. *INNOTEC*, 19(2), 52-63. <https://www.redalyc.org/journal/6061/606164358009/html/>
- Pantoja, R. (2020). *Determinación del mejor tratamiento de la mezcla de harina de bagazo de cebada de malta con harina de trigo para la aplicación en productos panificados* [Trabajo de grado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio virtual de la Universidad Técnica del Norte. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10119/2/03%20EIA%20497%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Pérez, R. (2020). Industria cervecera artesanal en Quito la transformación de bagazo de la cerveza en harina. *Revista conectividad*, 2(1), 57-70. <https://revista.ister.edu.ec/ojs/index.php/ISTER/article/view/21/37>

Pérez, S., Matta, E., Osella, C., de la Torre, M., & Sánchez, H. D. (2013). Effect of soy flour and whey protein concentrate on cookie color. *LWT - Food Science and Technology*, Volume 50, Issue 1, 120-125. ISSN 0023-6438. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.06.015>.

Primicias. (2022). Tras la pandemia, aumenta el consumo de productos saludables. *Revista virtual Primicias*. <https://www.primicias.ec/noticias/economia/consumo-productos-saludables-ecuador/>

Para hacer uso de este contenido cite la fuente y haga un enlace a la nota original en Primicias.ec: <https://www.primicias.ec/noticias/economia/consumo-productos-saludables-ecuador/>

Pritsch, C., Vignale, B. & Zaccar, F. (2017). Parámetros colorimétricos y contenido de pigmentos en cinco colores de cáscara de fruto de guayabo [*Acca sellowiana (Berg) Burret*], *Agrociencia Uruguay*, 21(23), 23-30. <http://www.scielo.edu.uy/pdf/agro/v21n2/2301-1548-agro-21-02-00023.pdf>

Quelal, M. (2023). *Elaboración de galletas a base de harina de higo (Ficus carica) y harina de avena (Avena sativa) utilizando tres tipos de edulcorantes (panela, azúcar blanca y eritritol) para jóvenes adultos de 18-25 años*. [Trabajo de grado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio virtual de la Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/37915/1/CAL%20041.pdf>

Rodríguez, B. (2018). Ventajas de la producción de cerveza a partir de malta de sorgo. Revisión bibliográfica, *Tecnología Química*, 3(4), 266-274. <https://www.redalyc.org/pdf/4455/445543783011.pdf>

Roriz, C., Heleno, S., Carocho, M., Rodrigues, P., Pinela, J., Dias, I., Ferreira, R. (2020). Betacyanins from *Gomphrena globosa* L. flowers: Incorporation in cookies as natural colouring agents. *Food Chemistry*, Volume 329, 127178. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127178>.

Santillán Mancero, E., Taco Vega, J., Morejón Carvajal, L., Proaño Bustillos, I., Guerra Torres, I., & Segovia Cáceres, S. (2020). Consumo de galletas en la lonchera escolar de niños/niñas preescolares y escolares de la ciudad de Riobamba-Ecuador. *Revista De Investigación Talentos*, 7(2), 11-23. <https://doi.org/10.33789/talentos.7.2.131>.

- Sileoni, V., Alfeo, V., Bravi, E., Belardi, I., Marconi, O. (2022). Upcycling of a by-product of the brewing production chain as an ingredient in the formulation of functional shortbreads. *Journal of Functional Foods*, 98, 105292. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.105292>.
- Stoffel, F., Santana, W. O., Fontana, R. C., Camassola, M., (2021). Use of *Pleurotus albidus* mycoprotein flour to produce cookies: Evaluation of nutritional enrichment and biological activity. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, Volume 68, 102642. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102642>.
- Statista. (2023). Consumo de dulces y confitería a nivel mundial en 2022, por segmento. Revista virtual Statista. <https://es.statista.com/estadisticas/1350742/consumo-de-confiteria-y-dulces-a-nivel-mundial-por-segmento/#statisticContainer>
- Teke, N., Patil, K., & Gavit, H. (2023). Formulation of healthy cookies incorporated with orange peel powder and Moringa oleifera leaf powder. *Materials Today: Proceedings*, 73(3), 515-521. ISSN 2214-7853. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.11.376>.
- Viana, H., Sganzerla, W., Castro., & Veeck. (2023). Characterization of baru (*Dipteryx alata* Vog.) and application of its agro-industrial by-product in the formulation of cookies. *Journal of Agriculture and Food Research*, 12, 100577. ISSN 2666-1543.
- Zavala, G. (2018). Una visión universitaria: el pH, sustento en el equilibrio químico para la vida celular. *CienciaUAT*, 2(4), 62-66. <https://www.redalyc.org/pdf/4419/441942912004.pdf>
- Žilić, S., Kocadağlı, T., Vančetović, J., Gökmen, V. (2016). Effects of baking conditions and dough formulations on phenolic compound stability, antioxidant capacity and color of cookies made from anthocyanin-rich corn flour. *LWT - Food Science and Technology*, 65, 597-603. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.08.057>.

ANEXO A: MODELO DE ENCUESTA PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL

Ficha de escala hedónica para la prueba de evaluación sensorial de galletas con sustitución parcial de harina por residuos pulverizados de cervezas del tipo: Pilsen, Red Ale y Stout.

Nombre: _____

Fecha: _____

Edad: _____

Sexo: M () F ()

Por favor, pruebe las muestras de izquierda a derecha y marque con (X) su nivel de agrado marcando según el código de cada muestra en la escala que mejor describe su reacción para cada uno de los atributos.

Característica	Puntaje	Alternativa	Formulación		
			741	379	946
Color	1	Me disgusta mucho			
	2	Me disgusta			
	3	No me gusta ni me disgusta			
	4	Me gusta			
	5	Me gusta mucho			
Olor	1	Me disgusta mucho			
	2	Me disgusta			
	3	No me gusta ni me disgusta			
	4	Me gusta			
	5	Me gusta mucho			
Dureza	1	Me disgusta mucho			
	2	Me disgusta			
	3	No me gusta ni me disgusta			
	4	Me gusta			
	5	Me gusta mucho			
Sabor	1	Me disgusta mucho			
	2	Me disgusta			
	3	No me gusta ni me disgusta			
	4	Me gusta			
	5	Me gusta mucho			
Aceptabilidad global	1	Me disgusta mucho			
	2	Me disgusta			
	3	No me gusta ni me disgusta			
	4	Me gusta			
	5	Me gusta mucho			

Observaciones:

Gracias por su colaboración.

**ANEXO B: MODELO DE FICHA DE ACUERDO DE CONSENTIMIENTO
INFORMADO**

Acuerdo de consentimiento para la participación en la evaluación sensorial

Fecha: _____

Yo _____ con la identificación (C.I): _____ acepto de forma voluntaria mi participación en una evaluación sensorial de galletas con sustitución parcial de harina por residuos pulverizados de cervezas del tipo: Pilsen, Red Ale y Stout, con el conocimiento que algunos de los ingredientes que consumiré pueden ser asociados con problemas de salud, tales como: azúcar, gluten y grasa. Por lo tanto, confirmo no tener ninguna restricción personal o médica (personas sensibles al gluten, diabetes y problemas cardiovasculares) relacionados con los elementos mencionados.

Firma

ANEXO C: Ejemplo del modelo estadístico (DCA) empleado en la investigación

ANOVA de un solo factor: E/C (%) vs. Sustitución

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales
 Hipótesis alterna No todas las medias son iguales
 Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Sustitución	4	Control, Sustitución al 25%, Sustitución al 50%, Sustitución al 75%

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Sustitución	3	7824.86	2608.29	884.12	0.000
Error	8	23.60	2.95		
Total	11	7848.47			

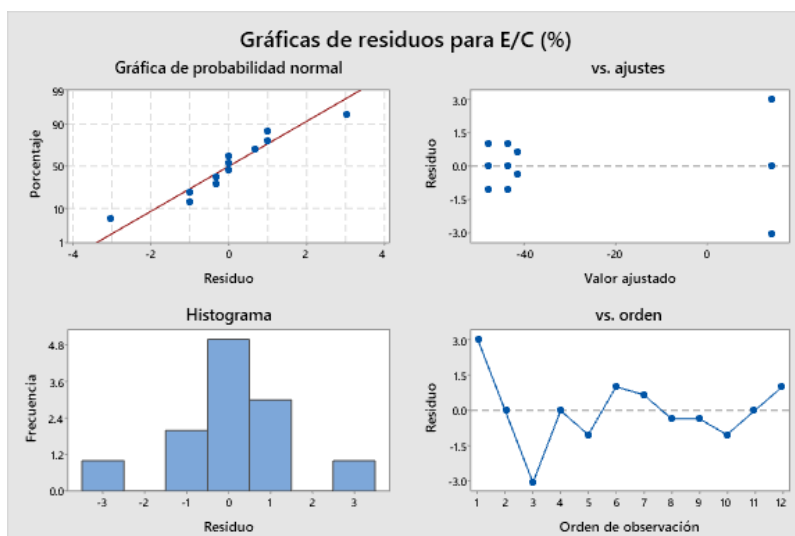
Resumen del modelo

	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
S	1.71760	99.70%	99.32%

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Sustitución	N	Media	Agrupación
Control	3	14.29	A
Sustitución al 50%	3	-41.497	B
Sustitución al 75%	3	-43.878	B C
Sustitución al 25%	3	-47.959	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



ANEXO D: Ejemplo del modelo estadístico (DBCA) empleado en la investigación

ANOVA de modelo lineal general: Color

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tipo de galleta	2	71.06	35.5278	40.50	0.000
Juez	83	96.90	1.1675	1.33	0.061
Error	166	145.61	0.8772		
Total	251	313.57			

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tipo de galleta	N	Media	Agrupación
946 (Pilsen 0.75)	84	4.04762	A
741 (Red ale 0.50)	84	3.47619	B
379 (Stout 0.25)	84	2.75000	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.