

Mejoras a la calidad en galletas de soda baja en grasa

Por

Ramón L. González Prieto

Tesis sometida como requisito para obtener el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

En

CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO

Recinto Universitario de Mayagüez

Facultad de Ciencias Agrícolas

2018

Aprobada por:

María L. Plaza Delestre, PhD
Miembro del Comité Graduado

Fecha

Javier Huertas Miranda, PhD
Miembro del Comité Graduado

Fecha

Fernando Pérez Muñoz, PhD
Presidente del Comité Graduado

Fecha

Fernando Pérez Muñoz, PhD
Coordinador del Programa

Fecha

Mireille Argüelles Ramos, PhD
Representante de la Escuela Graduada

Fecha

Abstract

This research proposes the quality improvement of low fat soda crackers with the purpose of reducing the incidence of cracked crackers. The first experimental phase involved the change of shortening in the formulation from one with *trans* fats to one without *trans* fats. pH parameters were evaluated in the stages of sponge fermentation, dough and cooked product. The results showed that the use of shortening without *trans* fat maintains the evaluated parameters within the defined quality specifications. In the second phase of the experiment the use of a vibratory machine mechanism was standardized to evaluate the quality of the crackers. The machine was adjusted to different vibration frequencies (30, 60 and 90 Hz) and different time lapses (2, 5 and 7 minutes). Crackers were divided into three groups where the final humidity of the product was in a high (4 %), intermediate (2.7 %) and low (2 %) range; all within the defined quality specification from 2 % to 4 %. When evaluating cracker quality on days 1 and 7, it was obtained that the time and frequency of test vibration to evaluate the product were seven minutes at 90 Hz respectively. The third phase of experimentation evaluated the effect of varying the amount of shortening and cracker crumble in the quality of the low-fat soda cracker. pH values (sponge, mass and cooked product) were significantly different between treatments when the shortening was increased, but they remained within the defined quality specifications. The specification with three times the original amount of shortening and 1/3 of GAMO quantity produced optimum pH parameters. Under these conditions and maintaining the humidity of the cooked product in the low range of the specification (2-2.5 %), the incidence of cracker cracked from 15 % to 4 % was reduced when compared with the Control formulation.

Resumen

Esta investigación propone mejorar la calidad de las galletas de soda bajas en grasa para reducir la incidencia de galleta quebrada. En la primera fase experimental se evaluó el cambio de manteca con grasas trans a una sin grasas trans. Se evaluó el pH en las etapas de fermentación de esponja, masa y producto cocido. Los resultados demostraron que el uso de manteca sin grasas *trans* mantiene los parámetros evaluados dentro de las especificaciones de calidad definidas. En la segunda fase del experimento se estandarizó el uso de una máquina vibratoria para evaluar la calidad de las galletas. Esta máquina se ajustó a distintas frecuencias de vibración (30, 60 y 90 Hz) y distintos lapsos de tiempo (2, 5 y 7 minutos). Las galletas evaluadas se dividieron en tres grupos donde la humedad final del producto estuviese en un rango alto (4 %), intermedio (2.7 %) y bajo (2 %); dentro de la especificación definida de calidad de 2% a 4 %. Al evaluar la calidad de las galletas al día 1 y 7 se obtuvo que el tiempo y frecuencia de vibración de prueba para evaluar las galletas lo fue siete minutos respectivamente a 90 Hz. La tercera fase de experimentación evaluó el efecto de variar la cantidad de manteca y galleta molida en la calidad de la galleta de soda baja en grasa. Los parámetros de pH (esponja, masa y producto cocido) fueron significativamente diferentes entre tratamientos al aumentar la manteca, pero se mantuvieron dentro de las especificaciones de calidad. La especificación con tres veces la cantidad original de manteca y 1/3 la cantidad de GAMO produjo parámetros de pH óptimo. Bajo estas condiciones y manteniendo la humedad de producto cocido en el rango bajo de la especificación (2-2.5 %), se disminuyó la incidencia de galleta quebrada de 15 % a un 4 % al compararla con la formulación Control.

Derechos de Autor Reservados ©
Ramón L. González Prieto
2018

Agradecimientos

Quiero agradecer a Dios.

A mi madre Ana Prieto, por apoyarme en todas mis metas. A mi padre Ramón J González, por creer en mí siempre.

A mi novia Cristina Alicea gracias por siempre apoyarme y comprenderme.

A mi director de tesis, Dr. Fernando Pérez Muñoz, por guiarme, y su disponibilidad en todo momento.

A la Dra. Ivelisse Padilla y la profesora Verónica Sánchez por darme la oportunidad de trabajar como ayudante de cátedra en el Departamento de Química. Fueron dos excelentes años donde crecí profesionalmente.

A todos los profesores del programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos en el Recinto de Mayaguez en especial a Dra. María Plaza Delestre, y Dr. Javier Huertas Miranda por formar parte de mi comité graduado.

Tabla de Contenido

Lista de Tablas	viii
Lista de Figuras	ix
Lista de Apéndices	ix
1. Introducción	1
2. Revisión de Literatura	4
2.1 Ingredientes	4
2.1 Tipos de grasas	6
2.2 Elaboración Galletas de Soda	9
2.2.2 Horno	10
2.2.3 Horneado	12
2.2.4 Etapa de desarrollo	12
2.4.5 Etapa de secado	14
2.4.6 Coloración	14
2.2.7 Proceso de enfriamiento y empaque	15
2.3 Checking o Fisuras	16
3. Materiales y métodos	20
3.1 Ingredientes	20
3.2 Especificaciones de Proceso	20
3.3 Ajuste de Horno	21

3.4 Elaboración de galletas en laboratorio	22
3.4.1 Diagrama de flujo para elaboración de galletas.	24
4. Diseño Experimental	25
4.1 Experimento #1: Efecto del tipo de manteca en el pH	25
4.2 Experimento #2: Desarrollo de método para evaluar galleta quebrada.	26
4.3 Experimento #3: Efecto de variar cantidad de manteca y (GAMO).	28
5. Resultados y Discusión	30
5.1 Análisis de pH cambiando tipo de manteca (Experimento #1)	30
5.2 Desarrollo de método para evaluar calidad (Experimento #2)	32
5.3 Efecto de variar la cantidad de manteca y GAMO (Experimento #3).	34
6. Conclusiones	38
7. Recomendaciones	40
8. Bibliografía	41
9. Apéndice	45

Lista de Tablas

Tabla 1. Características de las harinas utilizadas	20
Tabla 2. Tabla 2. Especificaciones del proceso utilizadas en la experimentación.	21
Tabla 3. Tabla 3. Tratamientos evaluados en experimento #3.	29
Tabla 4. Resultados de pH en las distintas etapas del proceso.	30
Tabla 5. Cantidad de galletas quebradas durante desarrollo de prueba (Día 1).	32
Tabla 6. Cantidad de galletas quebradas durante desarrollo de prueba (Día 7).	33
Tabla 7. Resultados de pH en etapas de proceso al variar manteca en formulación.	34
Tabla 8. Cantidad de galletas quebradas al variar manteca y GAMO (Día 1).	36
Tabla 9. Cantidad de galletas quebradas al variar manteca y GAMO (Día 7).	36

Lista de Figuras

Figura 1. Tipos de grasas.	7
Figura 2. Cambio en estructura de galleta durante horneado (Adaptado de Mowbray,1981).	13
Figura 3. Fisuras causadas por el checking.	17
Figura 4. Salida de horno donde se tomó la temperatura de superficie de galletas.	22
Figura 5. Diagrama de flujo para la elaboración de galletas.	24
Figura 6. Metro de pH HACH serie H260G.	26
Figura 7. Máquina vibratoria (Vibco modelo PJT-100) y marco de goma.	27
Figura 8. Galletas realizadas con manteca con grasas trans (A) vs sin grasas trans (B).	31
Figura 9. Galletas quebradas durante desarrollo de prueba para evaluar calidad.	33

Lista de Apéndices

Apéndice 1. Certificado de análisis de harinas de trigo.	45
Apéndice 2. Parámetros de calidad para galleta de soda baja en grasa.	47
Apéndice 3. Fotografías de resultados obtenidos durante prueba de calidad para galletas.	48

1. Introducción

La galleta de soda es un producto de panificación horneado cuya masa requiere ser fermentada por veinticuatro horas aproximadamente (Rogers, 1987). La formulación incluye bicarbonato de soda, manteca, azúcar, agua y la harina de trigo (Manley, 2011). Las galletas de soda son productos de amplia aceptación en Puerto Rico dado a su sabor característico y su larga vida útil, al compararlo con otros productos horneados de panificación (Departamento de Salud, 2014; Manley, 2011). Al ser un producto con bajo contenido de humedad y actividad de agua tiene un riesgo relativamente bajo de ser deteriorado por microorganismos (Zydenbos & Taylor, 2003).

A lo largo de los años se han establecido en Puerto Rico varias empresas para satisfacer la demanda del consumidor por este producto; siendo Royal Borinquén Corporation en Yauco y Rovira Biscuits Corporation en Ponce las principales empresas del país al presente.

Durante las pasadas décadas el consumidor se ha educado mejor sobre los alimentos que debe incluir en su dieta (Sun, 2008). La Asociación Americana del Corazón señala el daño que ocasiona el exceso de grasas a la salud, específicamente al sistema cardíaco (Eckel et al., 2013). De ahí surge el interés del consumidor por el consumo de alimentos de bajo contenido de grasas. Por tal razón, empresas locales dedicadas a la elaboración de alimentos han desarrollado varios productos bajos en grasas, entre estos, la galleta de soda baja en grasa. Estudios han demostrado que el consumidor en general acepta los productos bajos en grasas teniendo en cuenta que la reducción en este ingrediente puede tener un efecto en la textura y estructura del producto (Biguzzi et al., 2014).

De acuerdo a la reglamentación de la Administración Federal de Alimentos y Medicamentos (FDA, 2017), para reclamar en la etiqueta que un producto sea bajo en grasa éste debe tener 50 % o menos de grasa por porción que el producto del cual se deriva (21 CFR 101.56(b)). Esto implica que la galleta de soda baja en grasa es el resultado de una modificación de la formulación de la galleta de soda regular a la que se le adiciona no más del 50 % de la grasa total.

El proceso de elaboración de las galletas de soda consiste de dos ciclos de mezcla de ingredientes y fermentación seguidos del formado y horneado del producto (Matz, 1992). El horneado tiene su efecto sobre las características finales de la galleta en función de la temperatura previamente programada en el horno (Baik, 1999). Si la galleta de soda no se trabaja con perfiles de horneado adecuados, la humedad y volumen del producto final podrían verse afectados (Manley, 2011). La remoción ineficiente de humedad genera estreses internos que dan paso a fisuras en el producto terminado (fenómeno conocido como *checking*) (Kim & Okos, 1999). Estas fisuras, en combinación con mal manejo en los procesos post horneado del producto terminado pueden generar el defecto denominado como galleta quebrada (Dunn & Bailey, 1928). Los productos bajos en grasas son más vulnerables a este fenómeno debido a que las grasas protegen la estructura del producto de estos estreses (Atkinson & Karlshamn, 2011).

El objetivo principal de esta investigación es reducir la incidencia de galleta quebrada en galletas de soda bajas en grasa, elaboradas con manteca que no contenga grasas trans. Los objetivos secundarios son los siguientes:

- Evaluar el efecto del remplazo de manteca con grasas trans por manteca sin grasas trans sobre parámetros de calidad del producto, específicamente el pH de la esponja, masa y producto cocido.
- Establecer una prueba para predecir la incidencia de galleta quebrada utilizando una mesa vibratoria para evaluar el producto.
- Evaluar el efecto de variar el contenido de manteca y optimizar el contenido de galleta molida recobrada (GAMO) sobre la incidencia de galleta quebrada en galletas de soda bajas en grasa.

2. Revisión de Literatura

2.1 Ingredientes

La formulación de galletas de soda baja en grasa incluye bicarbonato de soda, manteca, azúcar, agua y la harina de trigo (Manley, 2011). La harina de trigo utilizada en la industria de galletas de soda debe tener un rango de proteína entre 8.5 % y 10.0 %. Harinas en este rango resultan en productos cocidos con estructuras fuertes (Matz, 1992). El gluten es la red producida por las proteínas gliadinas y gluteninas en la harina de trigo (Van Der Borgh et al., 2005). Estas proteínas imparten características reológicas a la masa tales como elasticidad, extensibilidad, resistencia al estiramiento, tolerancia al mezclado, y capacidad de retención de gas (Lazaridou et al., 2007).

La levadura comúnmente utilizada para la fermentación es *Saccharomyces cerevisiae* (Syke, 1971). Las células de levadura consumen azúcares fermentables presentes en la masa y generan dióxido de carbono (CO₂) y etanol que son responsables de levantamiento de la masa durante la fase de fermentación (Manley, 2011). La temperatura que necesita esta levadura para tener una fermentación óptima es de 38 °C (Syke, 1971).

Las enzimas son proteínas conocidas por su acción catalizadora. En la formulación de galletas de soda las enzimas son utilizadas para la degradación del almidón a azúcares. (Van Benschop & Hillie, 2009).

El azúcar tiene el propósito de servir como nutriente para la levadura durante la fermentación. Además, las azúcares están envueltas en el desarrollo del color dorado característico de las galletas de soda causado por la reacción de aminoácidos libres y azúcares reductoras al hornearse la galleta (Reacción Maillard) (Birch & Parker, 1979). A la formulación se le añade jarabe de malta. El jarabe de malta es un producto con alto contenido de azúcares derivado del grano de cebada (Manley, 2011). La azúcar principal del jarabe de

malta es la maltosa, la cual es un azúcar reductora y está envuelta en la reacción de Maillard; aportando al color y sabor (Zydenbos & Taylor, 2003).

La manteca es uno de los ingredientes más importantes en la elaboración de galletas de soda. Esta añade estructura, calidad y sabor al producto (Rogers, 1987). La manteca es una grasa sólida formada por una mezcla de grasas saturadas e insaturadas (Rogers, 1987). La manteca puede provenir de varias fuentes en una formulación: mantequilla, grasa animal, grasa vegetal o aceite vegetal (Atkinson& Karlshamn, 2011).

En general, la grasa tiene una función esencial en la masa. Esta actúa como lubricante; cubriendo los gránulos de almidón y proteínas de la harina durante el mezclado y evitando que interactúen en exceso con el agua (Wade, 1988). Este recubrimiento limita el desarrollo de la red entre las proteínas presentes en la harina (gluten) y el almidón de la harina, lo que resulta en masas más extensibles y fuertes (Wade, 1988). Además, la adición de grasa en la formulación aporta a la textura y sabor del producto (O'Brien et al., 2003).

Por otra parte, en estudios realizados en la manufactura de galletas “Cream Crackers”, galletas de origen inglés similares a las galletas de soda tanto en formulación como procesamiento, se añade galleta molida de pasadas producciones con el propósito desarrollar sabores característicos de la galleta (Wade, 1972).

El agua tiene la función de hidratar las proteínas del gluten en la harina, disolver los azúcares, la sal, agentes leudantes (bicarbonato de soda) y ayudar la distribución de los ingredientes en la mezcla (Hazelton et al., 2004).

La sal ayuda a disminuir la velocidad de fermentación de la levadura y da sabor al producto final (Matz, 1992). El bicarbonato de soda se añade principalmente para neutralizar la acidez del producto al completar la fermentación de la esponja y aumentar el pH a uno

alcalino de 7.0 a 7.8 (Creighton, 1988). Este aumento en pH detiene la acción de la enzima proteasa nativa de la harina, para que el gluten no se degrade y la masa sea lo suficientemente fuerte para pasar por el proceso de laminación. En adición, el bicarbonato de sodio imparte el sabor característico que distingue a las galletas de soda (Delcour & Hosney, 2010).

2.1 Tipos de grasas

Los ácidos grasos son ácidos orgánicos formados por una cadena de carbono, hidrógeno y un grupo carboxilo (Bockisch, 1998) (Figura1). Los ácidos grasos comunes en los alimentos tienen entre 4 y 22 carbonos de largo, y se catalogan como saturados o insaturados. Esta clasificación indica la cantidad de hidrógeno que está unido a cada carbono. Los ácidos grasos saturados están "saturados" con hidrógeno (Bockisch, 1998). Las grasas saturadas son más comunes en grasas animales y aceites tropicales como el de coco (Allen, 2015).

Los ácidos grasos insaturados no poseen la misma cantidad de hidrógeno debido a que algunos de los carbonos en la cadena están involucrados en dobles enlaces (Bockisch, 1998). A estos químicamente se le denomina como ácidos grasos con conformación cis (Figura 1). Las grasas insaturadas se encuentran comúnmente en los aceites de pescado y aceites de semillas como la canola y otros aceites vegetales (Bockisch, 1998). Los ácidos grasos insaturados pueden tener un doble enlace (monoinsaturado) o más de un doble enlace (poliinsaturados). Los ácidos grasos omega-3 que se encuentran en los peces, como el ácido docosahexaenoico y ácido eicosapentaenoico, son ejemplos de ácidos grasos poliinsaturados (Richard et al., 2008).

Los ácidos grasos "trans" son ácidos grasos insaturados que tienen los hidrógenos unidos en lados opuestos de la cadena. Los ácidos grasos trans son inusuales en la naturaleza.

Algunos ocurren naturalmente en alimentos de mamíferos rumiantes, como la carne y los productos lácteos (Weiland et al., 1999).

Tipos de grasas

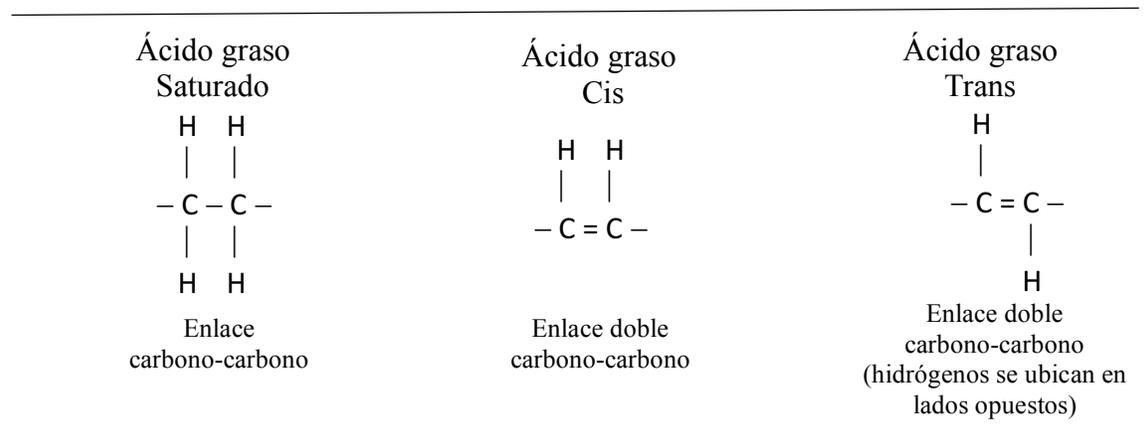


Figura 1. Tipos de grasas.

Los aceites parcialmente hidrogenados (PHO) son la principal fuente de grasas trans en la dieta del ser humano (Allen, 2015). Los “PHO” se fabrican exponiendo grasas insaturadas a cantidades de hidrógeno en presencia de un catalizador (Nickel), cambio en temperatura y tiempo para ayudar a iniciar la reacción (Dhaka & Gulia, 2011). Este proceso se denomina como hidrogenación, y se utiliza comúnmente para crear mantecas, por ejemplo, la manteca vegetal, margarinas, y aceites para freír (Atkinson & Karlshamn, 2011).

Durante los primeros pasos de hidrogenación la forma cis del ácido graso se convierte en la forma trans. La reacción de hidrogenación da forma a una mezcla de grasas trans insaturadas y grasas saturadas. Esto da como resultado una grasa sólida, suave, que se puede esparcir o un aceite semisólido (Allen, 2015).

Estas grasas solidas (manteca) se utilizan en la industria de productos de panificación como lo es la industria de galletas de soda, debido a que contienen un excelente índice de grasa sólida (SFI). El índice de grasa sólida está definido como el porcentaje total de grasa en fase cristalina (sólida) versus el restante que se encuentra en fase líquida en una muestra de grasa al aplicársele distintas temperaturas (Kodali, 2014). El uso de las grasas con alto índice de grasas sólidas en productos horneados como las galletas de soda afecta positivamente propiedades tales como la textura de la masa, incremento en volumen, separación de capas, mejora la estructura del producto y ayuda a mantener la frescura (Baldwin et al., 1963).

La FDA (Administración Federal de Alimentos y Medicamentos) ha prohibido los “PHO” y los ha declarado no reconocido como seguros (General Recognize As Safe). Estos no pueden ser vendidos o utilizados como ingredientes en los alimentos después de junio de 2018 (FDA, 2015). La configuración *trans* en los ácidos grasos ha sido relacionado con enfermedades asociadas al corazón (Sun et al., 2007). La enfermedad más común asociada al consumo de ácidos grasos insaturados con configuración *trans* en alimentos es el incremento en el índice de colesterol de baja densidad (LDL) (Eckel, 2013); lo cual conlleva a condiciones cardiovasculares como es la arteriosclerosis (Lemaitre et al., 2006). Otro estudio ha demostrado que el alto consumo de grasas trans en la dieta ha sido relacionado a la incidencia de cáncer del seno, obesidad y cáncer colorectal (Dhaka & Gulia, 2011).

Desde el 2006 la industria de galletas de soda, galletas dulces y bizcochos se ha ido moviendo de usar grasas trans a grasas saturadas como, por ejemplo, el aceite de palma. Estudios han demostrado que éste confiere una buena estructura a la masa durante el proceso

de elaboración debido a que su índice de grasa sólida es comparable al de las grasas trans (Atkinson & Karlshamn, 2011).

Las grasas saturadas consumidas en exceso, al igual que las grasas trans, ocasionan problemas al corazón específicamente el incremento del colesterol “LDL”, relacionado con la arteriosclerosis (Erkkilä et al., 2008). Es por esto que en los últimos años se ha optado por realizar mezclas con aceites insaturados, como el aceite de girasol, para disminuir el contenido de grasas saturadas sin afectar las propiedades estructurales de las masas durante la elaboración de galletas de soda (Tabolt, 2011).

2.2 Elaboración Galletas de Soda

El proceso de elaboración de las galletas de soda consiste de dos ciclos de mezcla de ingredientes y fermentación seguidos del formado y horneado del producto (Matz, 1992). La primera etapa de la elaboración de galletas de soda es conocida como esponja y en esta se añaden harina, azúcar, malta, levadura, enzimas, grasa y agua. La esponja contiene del 55 % al 75 % de la harina de trigo requerida por la formulación (Matz, 1992).

Una vez formada la esponja, ésta se coloca en un cuarto de fermentación durante 16 a 18 horas a temperatura de aproximadamente 27 °C y humedad relativa de 78 % ± 2 (Manley,2011). Al fermentarse la esponja por acción de levaduras, disminuye el pH de la mezcla hasta alrededor de 4.0 (Creighton, 1988). Durante esta etapa, la esponja comienza a saturarse del dióxido de carbono resultante de la acción de las levaduras (Pizzinato et al., 1980)(b).

En la siguiente etapa se le añade sal, bicarbonato de soda, harina y agua a la esponja para completar la formulación y formar, mediante mezclado, lo que se conoce como masa.

Luego de este segundo mezclado, la masa se coloca a reposar alrededor de 3 a 6 horas (reposo de la masa) para obtener un pH de 7.0 a 7.8 (Creighton, 1988).

Al terminar la fermentación se procede con el laminado de la masa. Esto consiste en colocar la masa en capas finas por la acción de maquinaria para este propósito. La masa pasa por 6 a 8 laminaciones previo a ser cortada, moldeada y perforada. Las perforaciones se le conocen en la industria galletera como “Docker Holes”. La función de estas perforaciones es obtener horneado uniforme ya que permiten una remoción de humedad más eficiente ayudando así a controlar el volumen (Manley, 2011; Matz, 1992). Al final de la laminación, previo a entrar al horno, la masa posee un grosor de aproximadamente 0.3 mm y cuadrados marcados de 50 x 50 mm (Pieper, 1971).

2.2.2 Horno

El horno típicamente utilizado por la industria galletera es de tipo túnel, calentado con gas por fuego directo (“Direct fired gas”) (Manley, 2011). Este horno tiene temperaturas ajustadas por zonas y una banda de metal que transporta la masa dando paso a un proceso continuo. En la industria de galletas de soda se utilizan hornos de tres o cuatro zonas dependiendo las especificaciones del producto. Estas especificaciones son humedad, volumen y color (Baik,1999). Además de ajustar las temperaturas, las zonas pueden programarse para extraer o aplicar calor a medida que la galleta recorre el horno y se va transformando de masa en producto terminado (Manley, 1998).

Para controlar las temperaturas, estos hornos contienen mecheros dentro de su cámara interior que están ubicados arriba y abajo de la banda transportadora. La primera zona del horno contiene la mayor cantidad de mecheros debido a que la masa de la galleta de soda debe tener un calentamiento rápido al inicio del horno para formar su estructura.

Además, la masa tiene la mayor cantidad de humedad al inicio del proceso de horneado. Las altas temperaturas facilitan la remoción rápida de humedad y la fijación de la estructura en esta zona (Manley, 1998).

Aparte de tener mecheros ajustables por zona, los hornos multizona tienen ductos equipados con abanicos de extracción en la parte superior de la recámara. Estos permiten extraer los gases producto del proceso de horneado y compensar el incremento en presión que se produce en el interior de la cámara de horneado debido al aumento en temperatura (Davidson, 2016).

Las zonas intermedias del horno se ajustan para continuar la remoción de humedad una vez formada la estructura. Dado a que la estructura de la galleta de soda ya está formada, la temperatura de esta zona es menor en comparación con la primera zona. (Davidson, 2016)

En la zona final del horno se ajusta la temperatura para dar color al producto. Al llegar a esta etapa, la galleta de soda debe estar cercana a la cocción final por lo que las temperaturas son menores que en las zonas intermedias (Davidson, 2016) La banda del horno debe ser de metal para mayor resistencia contra desgaste, atascamientos, y con agujeros que permitan la transferencia de calor al producto horneado eficientemente. (Manley, 1998).

Para obtener un horneado de calidad y una adecuada remoción de humedad, el manual para la industria de panecillos y galletas de soda estima que el tiempo de horneado adecuado a través del horno debe ser de unos tres minutos (Manley 1998). Además, recomienda que las temperaturas del horno multizona deben ser las siguientes:

Primera Zona: 310°C

Segunda Zona: 290°C

Tercera Zona: 270°C

2.2.3 Horneado

El proceso de horneado de galletas de soda se divide en tres fases: A) etapa de desarrollo, B) etapa de secado y C) coloración. El horneado de galletas de soda usualmente se realiza en un promedio de tres minutos desde que entra al horno hasta que sale (Manley, 2011). Durante este tiempo la galleta de soda pasa por tres cambios mayores, cada uno relacionado a una de las zonas del horno. El primero es la reducción en densidad la cual está relacionada con el desarrollo de estructura porosa de la galleta de soda. Le sigue la reducción de humedad a un rango de 2 % a 4 % y, por último, el cambio en color de superficie de producto cocido (Kim & Okos, 1999; Manley, 2011).

2.2.4 Etapa de desarrollo

El desarrollo de la estructura y volumen de galletas de soda a través del horno multizonas fue estudiada por Mowbray (1981) y descrito por el estudio de Andersen y Nissen (2013) (Figura 2). En este estudio se destaca lo que ocurre durante primer minuto y medio en el cual se desarrolla la estructura de la masa de galletas de soda. Una vez la masa alcanza los 40 °C, comienza el primer cambio donde se derrite la grasa presente. Entre los 50 °C y 60 °C, se suaviza la estructura del gluten y el almidón comienza retener agua.

Al mismo tiempo se libera CO₂ producto de la interacción del bicarbonato de soda y el calor de cocción. Esto en conjunto con el vapor de agua, expande la masa. La expansión da como resultado una estructura porosa permitiendo que el vapor de agua se mueva a través de ésta. Cabe destacar que la liberación efectiva de CO₂ y agua en la masa se debe a los “Docker Holes”. Estos son pequeñas perforaciones realizadas durante el moldeo de la masa permiten que la humedad sea removida más eficientemente en toda la estructura de la galleta (Manley, 2011).

Alrededor de los 80 °C se da la coagulación del gluten, es decir, la red de proteínas (gliadinas y gluteninas) se endurece ante la aplicación de calor para dar paso a la formación de estructura. Por otro lado, el almidón a esta temperatura absorbe agua y se gelatiniza. Esto incrementa el volumen de la galleta de soda (Zydenbos & Taylor, 2003).

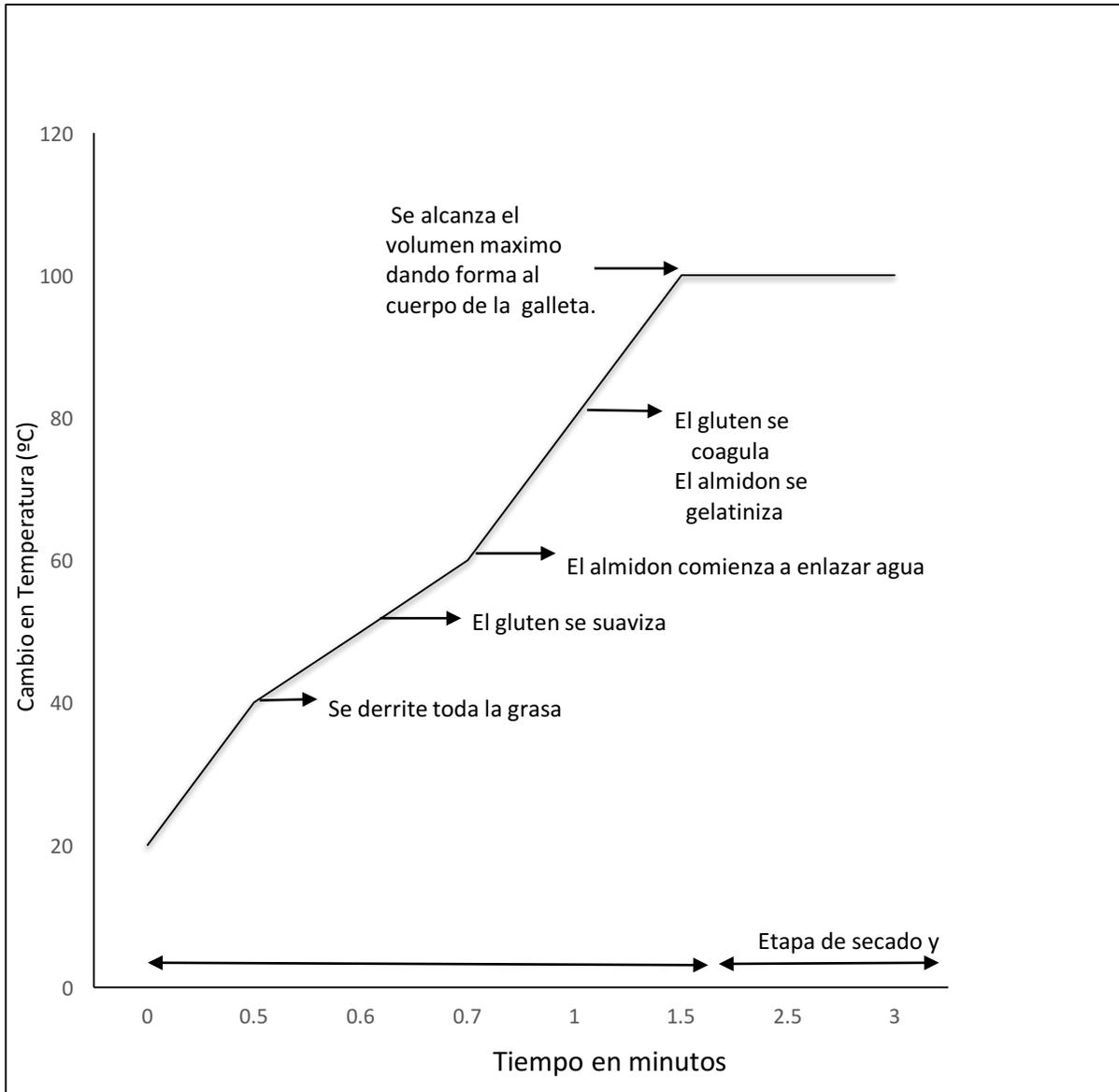


Figura 2. Cambio en estructura de galleta durante horneado (Adaptado de Mowbray, 1981).

2.4.5 Etapa de secado

La pérdida de humedad es una parte importante en el proceso de horneado y ésta ocurre una vez la estructura ha sido formada. La humedad se pierde por acción capilar durante el desarrollo de la estructura hasta la superficie de la galleta cuando ésta llega a 100 °C (Mowbray, 1981). Si no hay una eficiente remoción de humedad, se crean gradientes de humedad en el producto cocido dando paso al fenómeno conocido como “*checking*”; potencialmente afectando la calidad del producto (Manley, 2011).

A diferencia de los productos de pan, la galleta entera se seca para obtener la textura deseada y un mayor tiempo de vida útil (Manley, 2011). Al comienzo de la etapa de evaporación, la humedad estará disponible libremente para la evaporación, lo que retarda el calentamiento del cuerpo de la galleta. A medida que se evapora el agua libremente disponible, la temperatura de la galleta aumenta. El agua más estrechamente unida se evapora por medio de un lento secado por difusión a través de la superficie porosa de la galleta (Zydenbos & Taylor, 2003). En la figura 3 se observa un estancamiento en la temperatura del cuerpo de la galleta cuando se inicia la evaporación luego del primer minuto de horneado (Andersesen & Nissen 2013).

2.4.6 Coloración

En la tercera zona del horno ocurre la coloración del producto. El cambio a un color dorado en la superficie de las galletas de soda se debe principalmente a la reacción de Maillard (Manley, 2011). Esta reacción química envuelve la interacción de amino ácidos provenientes de la harina de trigo con azúcares en la formulación. Principalmente, la reacción ocurre entre residuos expuestos del aminoácido lisina y azúcares reductoras produciendo el color dorado en la superficie de la galleta cocida. Este color dorado por la

reacción de Maillard se produce más favorablemente en galletas de soda cuando la masa se hornea con un pH alcalino de 7.0-7.8 (Creighton, 1988). La reacción también está relacionada con el tiempo y la temperatura de horneo (Ames, 1998). La adición de glucosa y malta en la formulación de galletas de soda asegurar que la reacción de Maillard se produzca según se requiere. La reacción de Maillard produce sabores característicos y forma compuestos antioxidantes posiblemente significativos para extender la vida útil (Ames, 1998).

2.2.7 Proceso de enfriamiento y empaque

Las galletas de soda dejan el horno a alrededor de 100 °C (Mowbray 1981). El enfriamiento de las galletas de soda comienza al salir del horno conjuntamente con el proceso de división de las galletas por tamaño, mientras viajan en una cinta transportadora hasta el área de empaque.

El tiempo ideal requerido para el enfriamiento va a depender de factores como el tiempo de exposición a la atmósfera y humedad relativa del aire. Si la exposición al aire es demasiado larga, bajo condiciones de humedad atmosférica elevada, puede ser que las galletas absorban algo de humedad antes de empaquetarlas. Por otro lado, si el tiempo de enfriamiento es demasiado corto, las galletas calientes pueden provocar el encogimiento y la distorsión de la envoltura de aluminio (Hazelton et al., 2004). Ambas condiciones pueden causar deterioro en la calidad del producto debido al desarrollo de gradientes que generan *checking* y eventual rompimiento del producto.

El empaque primario comúnmente utilizado en la industria de galletas está compuesto por una envoltura de material multicapas que contiene aluminio. El empaque

primario es el que está en contacto directo con el producto (Soroka, 2010). El aluminio, además de ser una buena barrera contra la humedad exterior (protegiendo al alimento de deterioro), es una buena barrera contra la luz (Soroka, 2010). Estas cualidades hacen de las láminas multicapas con aluminio un material de empaque apropiado para que las galletas de soda lleguen con una buena calidad al consumidor (sabor y frescura) (Manley, 2011). Entre otros empaques primarios utilizados en la industria de galletas de soda se encuentra el cilíndrico de latón que contiene una cantidad mayor de galletas de soda que la envoltura de aluminio. Luego del empaque primario se encuentra una segunda barrera de protección a la cual se le conoce como empaque secundario. El empaque secundario acomoda uno o varios grupos de los empaques primarios. La función principal del empaque secundario consiste en proteger los empaques primarios durante el almacenamiento y manejo (Soroka, 2010). Estos pueden ser cajas de cartón o plástico y brindan protección contra el manejo (Fellows, 2017). El largo de vida útil de galletas de soda fluctúa entre 6 meses y 9 meses (Manley, 2011).

2.3 Checking o Fisuras

Este fenómeno fue reportado por Dunn y Bailey (1928). Estos autores definieron al *checking* como fisuras que se extienden desde la parte central de la galleta hacia los bordes causando fragilidad y rompimiento (Figura 3). La causa de este problema, que afecta la industria de galletas de soda, es la presencia de gradientes de humedad durante el enfriamiento y almacenamiento del producto cocido. La humedad atrapada se desplaza por difusión desde la parte central y partes gruesas de la galleta, hacia partes que tienen menor humedad como los bordes (Kim y Okos, 1999). A esto se le suma que las galletas absorben humedad del ambiente mientras van hacia el área de empaque (Saleem et al., 2005).



Figura 3. Fisuras causadas por el *checking*.

Esta migración de humedad promueve la expansión de los bordes (que ganan humedad) y contracción del centro (que pierde humedad) causando estreses internos en el producto. La acumulación de estos estreses da lugar al desarrollo de fisuras en la galleta (Manley, 2011) que resultan en galletas quebradas dentro del empaque. Aunque muchos consumidores cambian de marca al no estar satisfechos con el producto que compran de la marca en la cual confiaban (Williams & Wrigley, 1995), la literatura contiene muy poca información acerca de métodos para prevenir o disminuir el *checking*.

Las fisuras características del *checking* no son visibles al momento en que sale el producto del horno. Estas se comienzan a ver a las 24 horas de que el producto se ha procesado y empacado (Manley, 2011). Las galletas bajas en grasa son más propensas que las regulares a ser afectadas por el *checking* debido a que no poseen grasa suficiente en su formulación para proveer una estructura resistente a estos estreses internos. La grasa en la formulación previene estas fisuras debido a que recubre las partículas de harina durante el mezclado disminuyendo la formación de la red de gluten con almidones de la masa, evitando así que ésta retenga agua (Manley, 2011; Rogers, 1987).

Kim y Okos (1999) reportan que el contenido de humedad de las galletas debe estar entre 2 % y 4 % ya que en este rango son más resistentes a las fisuras causadas por los gradientes de humedad internos. El horno convencional promueve la formación de

gradientes de humedad dado que se remueve más humedad en las capas exteriores del producto que en el centro. La industria galletera ha reportado varias estrategias para reducir la incidencia de productos afectados por el fenómeno del *checking*, incluyendo horneado por radiación infrarroja, sistemas de secado por microondas, y ajustes de los controles del proceso y la formulación (Saleem et al., 2005).

El horneado por radiación infrarroja tiene como ventaja la disminución de tiempo de cocción, mientras se mantienen las características del producto (Wade, 1988). Además este tipo de cocción promueve una mejor penetración del calor durante el horneado; removiendo efectivamente la humedad y reduciendo el *checking* en producto terminado. Esta técnica se ha aplicado efectivamente en galletas de tipo Rich Tea (María), y galletas dulces, pero no se ha reportado su uso en galletas de soda (Wade, 1988).

Los sistemas de secado por microondas son efectivos en reducir este problema al utilizarlos en conjunto con el horneado convencional. Esto es debido a que las microondas penetran hasta el centro de la galleta de soda y ayudan a distribuir el calor uniformemente. Esta combinación de tecnologías se conoce como calentamiento volumétrico y promueve el calentamiento uniforme y una evaporación efectiva de la humedad en el producto (Wade, 1988). Estudios realizados por (Ahmad et al., 2001) demostraron que la combinación de horneado convencional y calentamiento con microondas resultó en una reducción de 61 % a 5 % del *checking* en galletas tipo Rich Tea (María). Esta experimentación se realizó haciendo una inspección visual de las galletas para detectar fisuras características del *checking* en conjunto con un analizador de textura midiendo la resistencia a estrés por rompimiento.

En términos del ajuste de ingredientes (control de la formulación), estudios han demostrado que el uso de glicerina y azúcar invertida resultan en disminución en la

incidencia de producto quebrado. La azúcar invertida resulta de la hidrólisis de la sacarosa a glucosa y fructosa. Tanto la glicerina como la azúcar invertida tienen características químicas hidrofílicas, es decir, se unen a la humedad presente en el producto terminado reduciendo la difusión y consecuente acumulación de estreses internos mientras el producto se enfría (Saleem et al, 2005).

Estudios realizados utilizando modelos de elementos finitos (FEM, por sus siglas en inglés), en conjunto con un interferómetro por sonda, demostraron ser efectivos para predecir y emplear estrategias en la industria de galletas tipo “Rich Tea” (María) para combatir el problema del *checking* (Saleem et al., 2005). La primera técnica crea un modelo en base a gradientes de humedad identificados en las galletas basándose en la distribución inicial inmediatamente luego del horneado. Luego, por cambios en distribución, se identifican posibles puntos de estrés relacionados a fisuras en la galleta. Por otra parte, el interferómetro detecta cambios en superficie de la galleta que se correlacionan con los cambios predichos por el modelo (Saleem et al., 2005). Esta técnica ayuda a detectar la presencia de estreses internos en producto cocido y permite hacer ajustes a los perfiles de horneado para una mejor remoción de humedad. Las diferentes técnicas antes mencionadas están siendo implementadas en las industrias de productos de panificación para reducir el *checking* en el producto terminado (Saleem et al., 2005).

3. Materiales y métodos

3.1 Ingredientes

Los ingredientes utilizados para elaborar la galleta de soda bajas en grasa fueron provistos por una empresa local e incluyen harina de trigo, manteca vegetal, galleta baja en grasa molida (GAMO), enzima, levadura, sal, malta, bicarbonato de sodio y glucosa. Los ingredientes utilizados durante la experimentación fueron obtenidos de lotes diferentes con características similares (Tabla 1).

Tabla 1. Características de las harinas utilizadas

Análisis	Experimento #1	Experimentos #2 y #3	Método
Humedad	12.90 %	12.80 %	AACC 39.111
Ceniza	0.47 %	0.48 %	AACC 39.11
Proteína	9.40 %	9.20 %	AACC 39.11
Absorción de agua	56.20 %	55.10 %	AACC 54.21

* Análisis realizados por la empresa Molinos de Puerto Rico (Apéndice 1)

3.2 Especificaciones de Proceso

Las especificaciones del proceso que se utilizaron para preparar galletas de soda baja en grasa fueron provistas por la empresa local y su laboratorio de investigación (Tabla 2). La primera especificación de proceso para preparar galletas de soda consistió de nueve horas de fermentación para esponja y tres horas para la masa. La adición de manteca ocurrió al inicio del mezclado de la primera etapa (esponja). La segunda especificación de proceso consistió de cinco horas de fermentación en la etapa de esponja y tres horas en la etapa de

masa. Para esta especificación el tiempo de adición de manteca fue a las cinco horas antes de la etapa de fermentación de la masa.

Tabla 2. Tabla 2. Especificaciones del proceso utilizadas en la experimentación.

Tiempo total de fermentación	Adición de manteca	Tiempo de fermentación en esponja (Primera etapa)	Tiempo de fermentación en masa (Segunda etapa)
12 horas	Primera etapa	9 horas	3 horas
8 horas	Segunda etapa	5 horas	3 horas

3.3 Ajuste de Horno

El horno utilizado para el desarrollo de los experimentos fue uno de convección (Vulcan serie SG4); a diferencia del multizona con temperaturas ajustables que típicamente se encuentra en una línea de producción. Para buscar una equivalencia al hornear las galletas a nivel de laboratorio se tomó en consideración que la temperatura de la galleta a la salida del horno multizona es de 138 °C (280 °F). Esta temperatura se obtuvo utilizando un termómetro infrarrojo apuntando a la superficie de las galletas tan pronto salieron del horno en una empresa local (Figura 4).



Punto donde se tomó la temperatura utilizando el termómetro infrarrojo

Figura 4. Salida de horno donde se tomó la temperatura de superficie de galletas.

Tomando esta temperatura como referencia, y utilizando el método de prueba y error, se hornearon varias masas a nivel de laboratorio en las que se varió el tiempo y temperatura de horneado previamente fermentadas. Finalmente se obtuvo la equivalencia de 138 °C (280 °F) a la salida del horno multizona. Horneando las galletas de soda a 182.2 °C (360 °F) por cuatro minutos en el horno de convección. Esta equivalencia mantuvo la humedad de producto cocido en el rango de las especificaciones de 2 % al 4 % y se obtuvo un producto cocido con apariencia aceptable.

3.4 Elaboración de galletas en laboratorio

El proceso de elaboración siguió el método descrito por Pizzinato y Hosney (1980)(a). Primero se pesaron cada uno de los ingredientes. Luego, se mezclaron los ingredientes por 7 minutos en una batidora comercial (Hobart modelo Legacy Counter Top) para la preparación de la esponja. Cuando se obtuvo el mezclado adecuado, se colocó la esponja a fermentar en un área designada en el que se encontraba a 24 °C (75 °F) y Humedad Relativa de 76-78 %, por el tiempo requerido. Completada la fermentación de la esponja se

midió el pH. Previo a añadir y mezclar el resto de los ingredientes (bicarbonato de soda, sal, harina y agua). Estos ingredientes se mezclaron durante 5 minutos. La masa resultante se regresó al área designada por 3 horas adicionales.

El pH de la masa se midió al salir la masa del área designada. Esta masa se pasó por una laminadora comercial (Somerset CDR-500) hasta obtener un grosor de 0.3 mm. Luego se utilizó un molde de galletas construido de acuerdo con el método de Pizzinato y Hosney (1980)(a). Para no dañar el laminado por presión excesiva con el molde, se siguió una modificación propuesta por Doescher y Hosney (1985). Esta modificación consistió en verter el molde de galletas, colocar la masa laminada y marcarla mediante la acción de un rodillo.

La galleta moldeada se colocó en el horno (Vulcan serie SG4) por 4 minutos a temperatura de 182.2 °C (360 °F) según descrito en la sección 3.4. Completado el horneado de las galletas, se dejaron enfriar a temperatura ambiente luego se midió el pH del producto cocido para luego almacenarla. El producto se empacó en bolsas plásticas comerciales tipo Ziploc® que se colocaron en envases comerciales de latón.

3.4.1 Diagrama de flujo para elaboración de galletas.

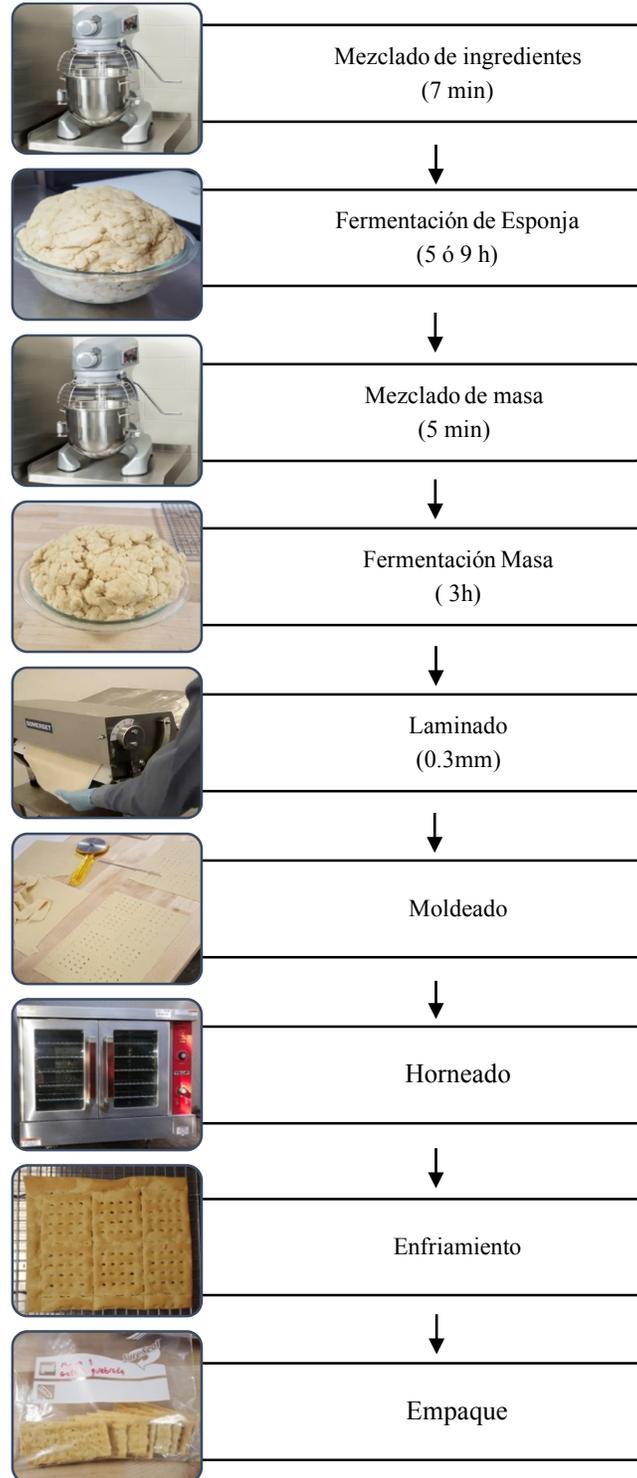


Figura 5. Diagrama de flujo para la elaboración de galletas.

4. Diseño Experimental

Esta investigación consistió de tres experimentos separados desarrollados para alcanzar los objetivos establecidos. El orden de ejecución de estos ensayos fue tal que los resultados de primer experimento se utilizaron para el segundo, y los del segundo para el tercero. En todos los casos, el proceso de elaboración fluyó según descrito en la sección anterior.

Los resultados fueron analizados estadísticamente utilizando el análisis de varianza (ANOVA) mediante el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System) University edition 2016. Para la cuantificación de galleta quebrada se utilizó un análisis binomial de factores basado en éxito o fracaso (Galletas no quebradas o Galletas quebradas).

4.1 Experimento #1: Efecto del tipo de manteca en el pH

En el experimento #1 se evaluó el efecto de la manteca con o sin grasas *trans* en el pH de esponja, masa y producto final en galletas de soda bajas en grasa. Los demás ingredientes de la formulación, al igual que el momento en que se adicionaron, permanecieron invariados. De igual forma, el tiempo de fermentación de esponja (9 h), tiempo de fermentación de la masa (3 h), tiempo de horneo (4 m) y temperatura de horneado 182.2 °C (360 °F) se mantuvieron constantes para ambos tratamientos.

La evaluación del efecto de la manteca se realizó por observaciones del pH de la esponja, masa y producto cocido usando el método establecido por la AACC (American Association of Cereal Chemists) 0.2-52.01 (AACC, 2015). El pH es un factor de suma importancia en la producción de galletas de soda baja en grasa, ya que es indicativo de que el proceso de elaboración está ocurriendo adecuadamente si este se mantiene en los rangos

establecidos. El pH óptimo para la producción de galletas de soda en estas etapas se encuentra en el Apéndice 2.

Para las etapas de esponja y masa se tomaron muestras de 40 gramos y se mezclaron mediante batido en 100 mililitros de agua destilada, según lo realiza la empresa local. Para la medición de pH en galleta cocida se maceraron 10 gramos de galleta y se disolvieron en 100 mL de agua destilada. Este experimento se realizó por triplicado para cada formulación (con y sin grasas trans) y etapa de proceso (esponja, masa y galleta cocida). El metro de pH utilizado fue marca HACH Serie H260G (Figura 6).

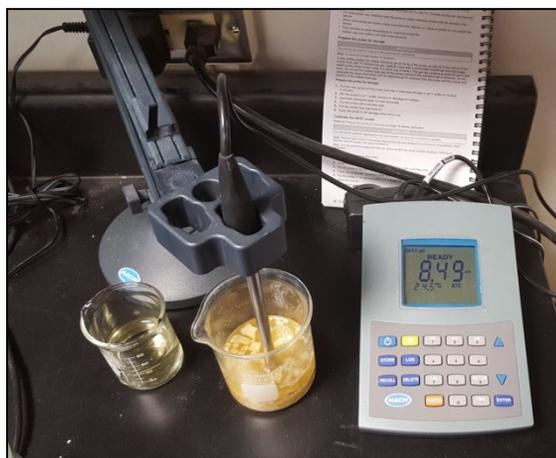


Figura 6. Metro de pH HACH serie H260G.

4.2 Experimento #2: Desarrollo de método para evaluar galleta quebrada.

El experimento #2 estableció un método para cuantificar la incidencia de galleta quebrada en galletas de soda bajas en grasa cocidas. Para este experimento se utilizó una mesa vibratoria (Vibco modelo PJT-100) (Figura 7), la cual tiene una superficie plana en la

que se ajustó un marco de goma que acomoda tres galletas de soda. Esta superficie se encuentra conectada a un motor que se ajustó a distintas frecuencias de vibración.

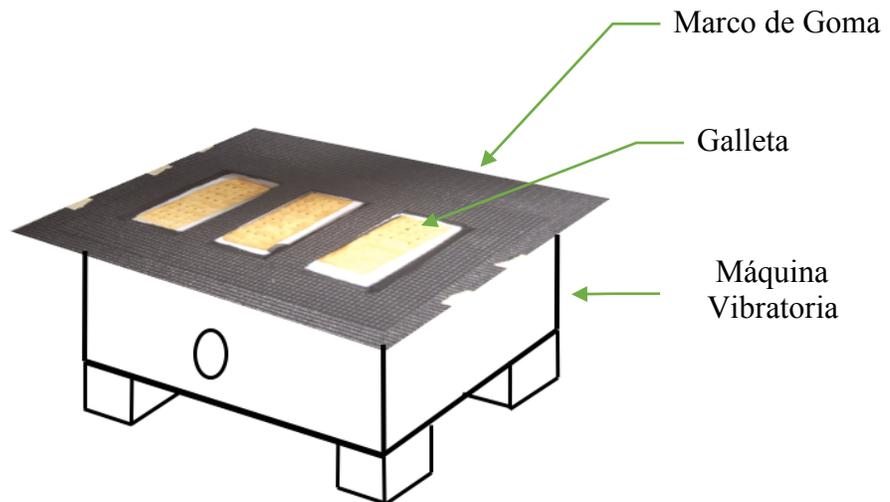


Figura 7. Máquina vibratoria (Vibco modelo PJT-100) y marco de goma.

Las galletas con manteca sin grasa trans utilizadas en la prueba se procesaron con un tiempo de fermentación de nueve horas en esponja y tres horas en masa. Según Manley (2011) y Kim y Okos (1999), las galletas de soda horneadas y listas para empaquetar deben tener una humedad de entre 2 % y 4 %. Tomando de punto de partida el tiempo de horneado ya establecido de cuatro minutos se dejó 30 segundos adicionales horneando para obtener una humedad bajo de 2 a 2.5 % (humedad baja; 4.5 min. de horneado). Para obtener una humedad alta, cercana al 4%, se retiró del horno la galleta treinta segundos antes de los cuatros minutos (3.5 min. de horneado). La humedad intermedia, alrededor de los 2.7 %, se obtuvo horneando por 4 min.

En el experimento se varió el tiempo de prueba (2, 5 y 7 minutos) y la frecuencia de vibración de la máquina (30, 60 y 90 Hz) para evaluar la incidencia de galleta quebrada a las

24 horas y 7 días de horneado. En cada una de las tres repeticiones de cada tratamiento, se colocaron tres galletas enteras en el marco de goma de la mesa y se ejecutó la prueba. Al finalizar la prueba se cuantificó cantidad de galletas quebradas.

Para el almacenamiento de las muestras, el producto se empacó en bolsas plásticas comerciales tipo Ziploc® que se colocaron en envases comerciales de latón.

En este experimento se realizaron tres réplicas con tres repeticiones para un total de 27 galletas evaluadas por nivel de humedad. El análisis de humedad se realizó siguiendo las indicaciones establecidas por la empresa Sartorius para uso de su analizador de humedad infrarrojo MA35M-000230V (Figura 9). Este método consiste en añadir 5 gramos de la muestra, previamente macerada en un mortero, a la cámara del analizador. Luego de cinco minutos de encenderlo, el equipo provee el resultado de la prueba. El analizador de humedad infrarrojo fue calibrado y certificado por el departamento de calidad de la empresa local para evaluar el contenido de humedad de las galletas de soda baja en grasa.

4.3 Experimento #3: Efecto de variar cantidad de manteca y (GAMO).

El experimento #3 tuvo como propósito evaluar la calidad del producto terminado cuando se aumenta la cantidad de manteca y se reduce la cantidad de GAMO en la formulación (Tabla 3). Este experimento se realizó luego de que pruebas preliminares sugirieran el beneficio de aumentar la cantidad de manteca sobre la incidencia de galleta quebrada. La disminución del contenido de GAMO pretende mejorar la eficiencia de la producción dado que el GAMO resulta de producto terminado que se reprocesa. Este reprocesamiento del producto aumenta los costos de producción.

Tabla 3. Tabla 3. Tratamientos evaluados en experimento #3.

Tratamiento	Manteca	Galleta Molida
1 (Control)	1 vez (cantidad original)	1 vez (cantidad original)
2	2 veces la cantidad original	2/3 de la cantidad original
3	3 veces la cantidad original	1/3 de la cantidad original
4	4 veces la cantidad original	0

Al comparar la formulación de galletas de soda regular, y conforme a lo establecido en 21 CFR 101.62(b) (Código Federal de Regulaciones), la formulación de galleta de soda baja en grasa puede incluir hasta 4 veces la cantidad de manteca utilizada en los experimentos anteriores sin perder el reclamo de ser un producto bajo en grasa. Con base en esto, se establecieron cuatro tratamientos para el experimento #3. En cada uno, se aumentaba la cantidad de manteca añadida a la formulación según descrito en la Tabla 3.

Con las mejoras realizadas, se anticipa una reducción en la incidencia de galleta quebrada y, por tanto, en la disponibilidad de GAMO. Los tratamientos considerados incluyeron cambios paulatinos en el contenido de GAMO de la formulación (Tabla 3).

Como variables respuesta del experimento #3 se evaluó el pH de esponja, masa y producto cocido según esta descrito para el experimento #1. Para la prueba de incidencia de galleta quebrada se tomaron galletas de humedad baja, intermedia y alta, y se evaluaron a las 24 horas y 7 días de horneados, como está descrito en el experimento #2.

5. Resultados y Discusión

5.1 Análisis de pH cambiando tipo de manteca (Experimento #1)

Los resultados obtenidos durante la elaboración de galletas de soda baja en grasa en el experimento #1 se encuentran en la Tabla 4. Los datos fueron evaluados estadísticamente utilizando el programa estadístico SAS (University Edition 2016).

Tabla 4. Resultados de pH en las distintas etapas del proceso.

Tratamiento	pH Esponja	pH Masa	pH Cocido
Formulación con Manteca	$5.99^a \pm 0.0125$	$7.89^a \pm 0.0171$	$8.24^a \pm 0.0543$
Formulación con manteca sin grasas <i>trans</i>	$6.16^b \pm 0.0170$	$7.85^a \pm 0.0612$	$8.33^a \pm 0.0830$

*Valores con letra distinta en la misma columna indican diferencia significativa entre tratamientos.

Al evaluar los valores de pH en la etapa de la esponja se observa que al utilizar manteca con grasas trans versus manteca sin grasas trans se obtienen resultados promedios cercanos de 5.99 y 6.16, respectivamente. Al comparar estos valores utilizando un modelo de varianza se observó que existe una diferencia significativa entre éstos dado a que el valor $P \leq 0.05$. Cabe destacar que ambos promedios están en el rango de especificaciones dispuesto en el Apéndice 2 para galletas elaboradas en el laboratorio.

En cuanto al pH de la masa, los resultados concuerdan con la literatura. El pH aumenta a uno más alcalino (7.0-7.8) (Creighton, 1988) por el efecto principalmente de la adición del bicarbonato de soda y sal. Los valores promedios obtenidos fueron 7.89 para las masas en las que se utilizó manteca con grasas *trans* en su formulación y 7.85 para las masas

donde se utilizó manteca sin grasas *trans*. No se encontró diferencia significativa entre estos valores. Además, igual que con la esponja los valores de pH de la masa caen dentro de los parámetros especificados en el Apéndice 2.

Una vez horneada la galleta, el pH debe ser uno alcalino entre 8.0 a 8.8 (Apéndice 2). Los promedios obtenidos utilizando la manteca con y sin grasas *trans* en la formulación fueron 8.24 y 8.33, respectivamente. No se encontró diferencia significativa entre los tratamientos. En base a estos resultados se puede confirmar que el uso de manteca sin grasas *trans* no afecta el pH de los parámetros del proceso y resulta en un producto más saludable, que cumple con lo establecido por el Título 21 CFR 101.62(b).

En cuanto en apariencia y textura de las galletas realizadas con manteca con y sin grasas *trans*, el investigador observó que son similares (Figura 8). La manteca sin grasas *trans* es la que se utilizó en la formulación del producto en los experimentos #2 y #3.

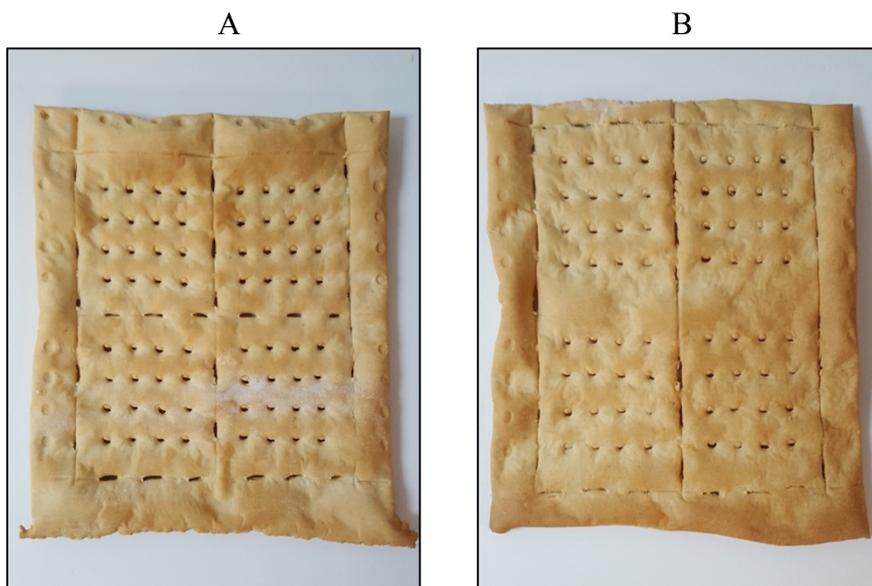


Figura 8. Galletas realizadas con manteca con grasas *trans* (A) vs sin grasas *trans* (B).

5.2 Desarrollo de método para evaluar calidad (Experimento #2)

Para desarrollar el método para evaluar la incidencia de galleta de soda quebrada se utilizó la máquina vibratoria (Vibco modelo PJT-100) a distintos tiempos. A las veinticuatro horas ninguna de las muestras en el rango de humedad alto intermedio o bajo, se quebró; sugiriendo a bondad del proceso de elaboración para prevenir el defecto (Tabla 5).

Tabla 5. Cantidad de galletas quebradas durante desarrollo de prueba (Día 1).

Tiempo	Vibraciones por segundos	Humedad baja	Humedad Intermedia	Humedad Alta
2 minutos	30	0/27	0/27	0/27
5 minutos	60	0/27	0/27	0/27
7 minutos	90	0/27	0/27	0/27

Al día número 7 se evaluó nuevamente la calidad de las galletas obteniendo como resultado susceptibilidad a quebrarse en todos los rangos de humedad (Figura 9). En el rango de humedad alta mostró un número mayor de galletas quebradas con cinco del total de veintisiete. Mientras tanto la humedad intermedia mostró menor susceptibilidad a quebrarse que las galletas en el rango de humedad alto con dos galletas de veintisiete. El rango de humedad bajo obtuvo menos galletas quebradas con un total de dos (Tabla 6).

Estos resultados demuestran que a pesar de los rangos que establece la literatura para la humedad de galletas de soda (2-4 %) (Kim & Okos, 1999), ésta debe mantenerse cercano al rango bajo de 2-2.5 %. De esta manera se asegura que el producto sea menos susceptible

a estreses internos, manteniendo la calidad del producto para cuando éste llegue al consumidor.

Tabla 6. Cantidad de galletas quebradas durante desarrollo de prueba (Día 7).

Tiempo	Vibraciones por segundos	Humedad baja	Humedad Intermedia	Humedad Alta
2 minutos	30	0/27	0/27	0/27
5 minutos	60	0/27	0/27	1/27
7 minutos	90	2/27	3/27	5/27

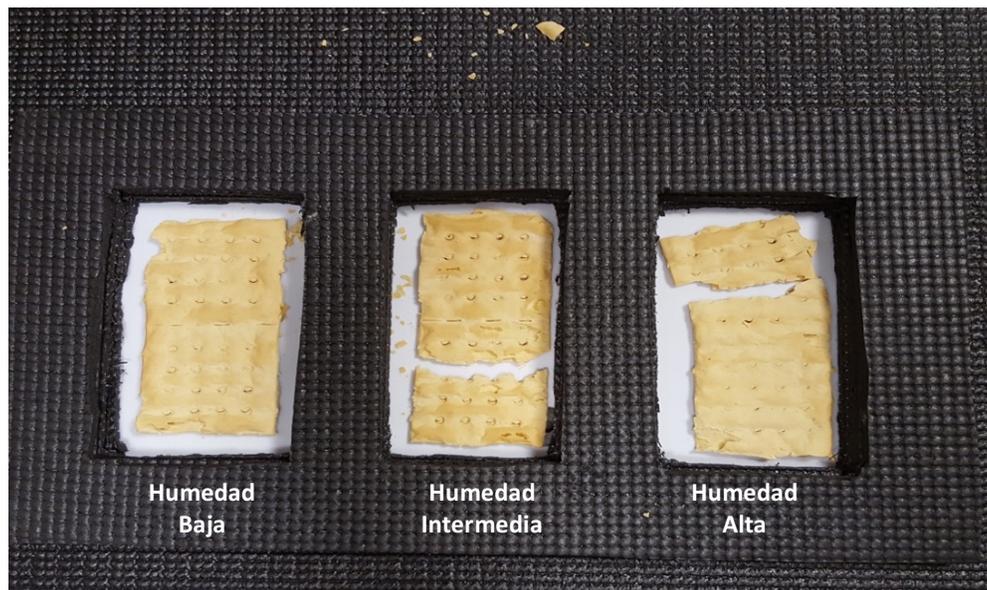


Figura 9. Galletas quebradas durante desarrollo de prueba para evaluar calidad.

Al evaluar todos los efectos combinados al día 1 y 7; el tiempo y frecuencia de vibración por segundos que mejor resultó para detectar si la galleta es susceptible a rompimiento dado estreses internos provocados por la retención de humedad, lo fue noventa vibraciones por segundo durante siete minutos. Los resultados de esta experimentación

demuestran que es posible evaluar la calidad de las galletas de soda baja en grasa utilizando una máquina vibratoria a un tiempo de almacenamiento determinado.

5.3 Efecto de variar la cantidad de manteca y GAMO (Experimento #3).

El efecto de variar la cantidad de manteca y GAMO en las distintas etapas de proceso en esta sección está representado por un análisis de varianza con ajustes al valor P por el método Tukey (Beyer, 1981) haciendo uso del programa estadístico SAS (University Edition 2016).

Tabla 7. Resultados de pH en etapas de proceso al variar manteca en formulación.

Tratamiento	pH Esponja	pH Masa	pH Cocido
1 (Control)	$6.12^a \pm 0.0115$	$7.66^a \pm 0.0360$	$8.19^a \pm 0.0115$
2	$6.06^b \pm 0.0115$	$7.68^a \pm 0.0252$	$8.28^a \pm 0.0458$
3	$6.00^b \pm 0.0115$	$7.76^b \pm 0.0153$	$8.22^a \pm 0.0351$
4	$6.15^a \pm 0.0305$	$7.92^c \pm 0.0208$	$8.40^b \pm 0.0208$

*Valores con letra distinta en la misma columna indican diferencia significativa entre tratamientos.

Los valores de pH promedio de la esponja muestran variabilidad por tratamiento donde el tratamiento #4, que contiene más manteca, se encuentra cercano al rango alto de la especificación. Entre los valores de los tratamientos #1 y #4 no muestran diferencia significativa, al igual los valores de los tratamientos #2 y #3 (Tabla 7). Es importante destacar que la diferencia entre tratamientos en esta etapa de proceso no es considerable debido a que estos caen dentro de los parámetros de especificación para la elaboración de galletas de soda bajas en grasa establecidos en el Apéndice 2.

Para la masa, los valores de pH promedio van aumentando según aumenta la manteca en la formulación por tratamiento (Tabla 7). No se encontró diferencia significativa entre los valores de los tratamientos #1 y #2. Al analizar los valores del tratamiento #3 se encontró diferencia significativa al compararlos contra los valores de los tratamientos #1, #2 y #4. Los valores del tratamiento #4 se encuentran en el rango alto de la especificación y a su vez muestran diferencia significativa al compararlos con los valores de los tratamientos #1, #2 y #3. El pH en la masa para la elaboración de galletas de soda baja en grasa debe estar en un rango de 7.7 a 7.8 según los parámetros establecidos en el Apéndice 2. Los tratamientos que están dentro de este rango lo son el tratamiento número #2 y #3.

En cuanto los valores promedio obtenidos para pH de galleta cocida estos se encuentran dentro de las especificaciones en el Apéndice 2. Al comparar los valores de los tratamientos se encontró diferencia significativa entre los tratamientos #1 y #2. Además, se encontró diferencia significativa en el tratamiento #4 al compararlo con los tratamientos #1, #2 y #3, encontrándose este en un rango alto dentro de la especificación.

Se evaluó la calidad de la formulación utilizando el método establecido en el experimento número 2 en los días 1 y 7 (Tablas 7; Tabla 8). El tratamiento #1 (Control) que contenía la cantidad original de manteca y galleta molida (GAMO) obtuvo mayor cantidad de galletas quebradas, lo cual indica que este tratamiento es susceptible a estreses internos. Cabe destacar que el rango de humedad que más galletas quebradas obtuvo lo fue el intermedio y el alto.

Tabla 8. Cantidad de galletas quebradas al variar manteca y GAMO (Día 1).

Tratamiento	Humedad baja	Humedad Intermedia	Humedad Alta
1 (Control)	0/27	1/27	2/27
2	0/27	0/27	1/27
3	0/27	0/27	0/27
4	0/27	0/27	0/27

Tabla 9. Cantidad de galletas quebradas al variar manteca y GAMO (Día 7).

Tratamientos	Humedad baja	Humedad Intermedia	Humedad Alta
1 (Control)	4/27	5/27	7/27
2	1/27	3/27	5/27
3	1/27	1/27	1/27
4	0/27	1/27	1/27

El tratamiento #2 obtuvo resultados similares al tratamiento #1 donde las galletas evaluadas fueron más susceptibles a quebrarse en el rango alto e intermedio de humedad (Apéndice 3). Al analizar los resultados obtenidos en el rango bajo de humedad, el tratamiento #2 obtuvo resultados similares al tratamiento #3 y #4 en los días de evaluación 1 y 7. La literatura indica que el rango de humedad de galletas de soda se encuentra de 2 % a 4 % (Kim & Okos, 1999). En base a los resultados obtenidos es de suma importancia

mantener la humedad cercana al rango bajo de 2 a 2.5 % en la elaboración de galletas de soda baja en grasa si se desea evitar la incidencia de galleta quebrada en galletas de soda bajas en grasa elaboradas bajo las condiciones de este estudio.

Los tratamientos #3 y #4 tenían una cantidad mayor de manteca lo cual, según la literatura ayuda a reducir la interacción del agua con las partículas de harina reduciendo así la formación de la red de proteínas de gluten durante el mezclado. Esto evita que agua en exceso este químicamente comprometida mejorando a su vez la rigidez estructural del producto evitando la formación de estreses internos (Wade, 1988; Baldwin et al., 1963). En base a los resultados obtenidos estos tratamientos muestran significativamente menos susceptibilidad a quebrarse en todos los rangos de humedad.

Es importante destacar que aumentar el contenido de manteca hasta aproximadamente el triple de la cantidad de manteca original se obtendrán pH óptimos para las distintas etapas de producción. Nótese que el exceso de manteca del tratamiento #4 Excede estos valores de pH óptimos del proceso de elaboración. En conjunto con el aumento en grasa es de gran beneficio mantener la humedad en el rango bajo del 2 a 2.5 % para obtener un producto final de mayor calidad menos susceptible a quebrarse.

6. Conclusiones

De la presente investigación se puede concluir lo siguiente:

- De acuerdo con los resultados obtenidos es posible realizar un cambio de manteca con grasas trans en la formulación a una manteca sin grasas trans para la producción de galletas de soda bajas en grasa. Aún obteniendo una diferencia significativa en el parámetro de pH en esponja, éste se encuentra bajo los rangos establecidos en el Apéndice 2.
Además, este cambio en el pH de la esponja no influye en las etapas subsiguientes. En la etapa de masa y producto cocido, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos.
- En el segundo experimento se demostró que es efectivo utilizar un mecanismo de vibración ajustada a 90 Hz por 7 minutos para cuantificar la incidencia de galleta quebrada. Según la literatura este efecto se debe a la presencia de estreses internos acumulados por la retención de humedad que generan *checking* y eventual rompimiento en las galletas de soda bajas en grasa.
- La humedad de producto terminado para galletas de soda bajas en grasa debe mantenerse en el rango bajo de la especificación, es decir, en el rango de 2 a 2.5 %. Las pruebas realizadas a las distintas formulaciones demostraron menos susceptibilidad a quebrarse en galletas que tenían humedad en un rango 2 a 2.5 %.
- Se demostró que la susceptibilidad a rompimiento aumenta con reducción en el contenido de manteca en la formulación y aumento en GAMO. De

acuerdo a los resultados obtenidos es posible obtener una formulación de galleta de soda baja en grasa que utilice menos GAMO y minimice la incidencia de galleta quebrada.

- En conclusión, el tratamiento #3, el cual contenía el triple de la cantidad de manteca original y 1/3 la cantidad de GAMO mejora la calidad de galletas de soda baja en grasa al reducir la incidencia de galleta quebrada. Este tratamiento obtuvo valores de pH óptimos en las distintas etapas del proceso de elaboración de galletas de soda baja en grasa. Además, fue el segundo tratamiento menos susceptible a quebrarse disminuyendo la incidencia de galleta quebrada de un 15 % a un 4 % al compararse con el tratamiento #1 (Control). En adición, este tratamiento reduce la utilización de GAMO en un 70 % que es uno de los objetivos secundarios de esta experimentación.

7. Recomendaciones

- Evaluar perfiles de horneado en línea de producción que ayuden a mantener la humedad de la galleta baja en grasa en el rango de 2 a 2.5 por ciento.
- Realizar un panel sensorial utilizando manteca sin grasas trans vs manteca con grasas trans, para evaluar el impacto sensorial del cambio de manteca en la formulación.
- Realizar un panel sensorial basado en el tratamiento #1 (Control) vs el tratamiento #3, el cual contenía el triple de la cantidad de manteca original y 1/3 la cantidad de GAMO, para evaluar el impacto sensorial del cambio en formulación propuesto.

8. Bibliografia

AACC International. (2015). *Approved Methods of Analysis*, 11th Edition Method 02-52.01. Hydrogen-Ion Activity (pH) - Electrometric Method, 1939.

Andresen, M., Loje, H., & Adler-Nissen, J. (2013). *Experimentally supported mathematical modeling of continuous baking processes*. Kgs. Lyngby: Technical University of Denmark.

Ahmad, S.S., Morgan, M.T. & Okos, M.R. (2001). Effects of microwave on the drying, checking and mechanical strength of baked biscuits. *Journal of Food Engineering*. 50: p. 63-75.

Ames JM. (1998). Applications of the Maillard reaction in the food industry. *Food Chemistry*. 62(4): p.431–439.

Allen K. (2015). *Partially Hydrogenated Oils and Trans Fats Information for Consumers*. Disponibile en: https://digitalcommons.usu.edu/extension_curall/749

Atkinson G., Karlshamn A. (2011). Saturated fat reduction in biscuits, *Food Science, Technology and Nutrition*. 22: p. 283-300.

Baik, O. (1999). *Characterization of heat transfer during cake baking in tunnel type multizone industrial ovens*. Doctoral Dissertation. Université Laval. Quebec, Canada.

Baldwin, R. R.; Johansen, R. G.; Keough, W. J.; Titcomb, S. T. & Cotton, R. D. (1963). The Role That Fat Plays. *Cereal Science Today*. 8: p. 273.

Biguzzi, C., Schlich, P., & Lange, C. (2014). The impact of sugar and fat reduction on perception and liking of biscuits. *Food Quality and Preference*. 35: p.41–47.

Beyer, H. (1981). *Exploratory Data Analysis*. Addison-Wesley Publishing Company Reading. p. 413–414.

Birch, G.G. & Parker, K.(1979). *Sugar science and technology*. Applied Science Publishers, London, p. 325-330.

Bockisch, M. (1998). Composition, structure, physical data, and chemical reactions of fats and oils and their associates. In: *Fats and Oils Handbook*, p. 53–120.

Creighton, D. W. (1988). *The relationship between the physical properties of cracker doughs and cracker flour quality*. Doctoral Dissertation. Kansas State University. Manhattan, KS.

Davidson, I. (2016). Chapter 5 – Oven Designs. In *Biscuit Baking Technology*. p. 73–91.

Departamento de Salud P.R., Comisión de Alimentación y Nutrición de Puerto Rico. (2014). Guía Alimentaria para Puerto Rico. p.1–21. Disponible en: <https://www.salud.gov.pr/Dept-de-salud>.

Delcour, J.A. & Hosney, R. (2010). Chemically leavened products. In: Delcour JA and Hosney RC (eds.) Principles of cereal science and technology, 3rd Edition, p. 211–214.

Dhaka, V., Gulia, N., Ahlawat, K. S., & Khatkar, B. S. (2011). Trans fats-sources, health risks and alternative approach - A review. *Journal of Food Science and Technology*. 48(5): p. 534-541.

Doescher L., & Hosney, R. (1985). Saltine Crackers: Changes in Cracker Sponge Rheology and Modification of a cracker-Baking Procedure. *Cereal Chemists*. 62(3): p.158–162.

Dunn, J.A., & Bailey, C. H. (1928). Factors influencing checking in biscuits. *Cereal Chemistry*. 5: p. 395-429.

Eckel, R.H., Jakicic J.M. (2013). AHA/ACC guideline on lifestyle management to reduce cardiovascular risk: a report of the American College of Cardiology/American. *Circulation Journal*.129: p.76-99.

Erkkilä, A., de Mello, V. D. F., Risérus, U., & Laaksonen, D. E. (2008). Dietary fatty acids and cardiovascular disease: An epidemiological approach. *Progress in Lipid Research*. 47(3): p. 172–187.

Fellows, P.J.(2017). Chapter 24-Packaging. In *Food Processing Technology*, p. 949-1044.

FDA (2015). Final Determination Regarding Partially Hydrogenated Oils. disponible en: <https://www.federalregister.gov/articles/2015/06/17/2015-14883/final-determination-regarding-partially-hydrogenated-oils>.

FDA (2017). 21 C.F.R. pt. 101.62. Specific Requirements for Nutrient Content Claims. Disponible en: <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=101.62>

Ghotra B., Dyal S. & Narine S. (2002). Lipid shortenings: a review. *Food Research International*. 35: p. 1015–1048.

Hazelton, J. L., DesRochers, J. L., Walker, C. E., & Wrigley, C. (2004). Cookies, Biscuits and Crackers Chemistry of Manufacture. In *Encyclopedia of Grain Science*, p. 307–312.

Kim, M. H., & Okos, M. R. (1999). Some physical, mechanical, and transport properties of crackers related to the checking phenomenon. *Journal of Food Engineering*. 40(3): p. 189–198.

Kodali, D. R., Trans Fats: Health, Chemistry, Functionality, and Potential Replacement Solutions. (2014). In *Trans Fats Replacement Solutions*, p. 1–39.

Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou M., Belc, N. & Biliaderis, C.G. (2007). Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal of Food Engineering*. 79: p. 1033–1047.

Lemaitre, R. N., King, I. B., Mozaffarian, D., Sotoodehnia, N., Rea, T. D., Kuller, L. H., Tracy, R. P., & Siscovick, D. S. (2006). Plasma phospholipid trans fatty acids, fatal ischemic heart disease, and sudden cardiac death in older adults: the cardiovascular health study. *Journal of the American Heart Association*. 114(3): p. 209-215.

Manley, D. (1998). *Manual 5: Secondary processing in biscuit manufacturing* (Limit, Ed.). Cambridge: Woodhead Publishing Limited.

Manley, D. (2011). *Manley's Technology of Biscuits*, 4th edition Cambridge: Woodhead Publishing Limited.

Matz, S.A. (1992). *Cookie and cracker technology*, 3rd edition Cambridge: Woodhead Publishing.

Mowbray, W. R. (1981). Technology of the “hot box”, *Food Manufacture*. 56(10): p. 27–30.

O'Brien, C.M., Chapman D., Neville D.P., Keogh, M.K. & Arendt, E.K. (2003). Effect of varying the microencapsulation process on the functionality of hydrogenated. *Food Research International*. 36: p. 215–221.

Oliver, M.I. (2017). El efecto de los ingredientes y la fermentación en las galletas de soda bajas en grasa. (Disertación de maestría). Recuperado del Archivo de Tesis y Disertaciones de la Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez.

Pieper, W.E. (1971). Basic principles of saltine cracker production. *Baking Industry*. 135(5): p. 69.

Pizzinatto A, & Hosney, R. (1980)(a). A Laboratory Method for Saltine Crackers. *Cereal Chemistry*. 57(4): p. 249–252.

Pizzinatto, A. and Hosney, R.C. (1980)(b). Rheological changes in cracker sponges during fermentation. *Cereal Chemistry*. 66(3): p. 57-85.

Richard, D., Kefi, K., Barbe, U. Bausero, P & Visioli, F. (2008). Polyunsaturated fatty acids as antioxidants. *Pharmacological Research*. 57(6): p. 451–455.

Rogers, D.E. (1987). *Saltine crackers: A critical look at the role of the ingredients and the process*. Doctoral Dissertation. Kansas State University. Manhattan, KS.

Saleem, R.D., Wildman, J. & Huntley, M. (2005). Improved understanding of biscuit checking using speckle interferometry and finite-element modelling techniques. *Proceedings of the Royal Society A*. 461(2059): p. 2135–2154.

Sun, Q., Ma, J., Campos, H., Hankinson, S. E., Manson, J. E., Stampfer, M. J., Rexrode, K. M., Willett, W. C., & Hu, F. B. (2007). A prospective study of trans fatty acids in erythrocytes and risk of coronary heart disease. *Journal of the American Heart Association*. 115: p.1858-1865.

Soroka, W. (2010). *Fundamentals of Packaging Technology*. USA: Institute of Packaging Professionals, p.1-590.

Sun, Y.H. (2008). Health concern, food choice motives, and attitudes toward healthy eating: The mediating role of food choice motives. *Appetite*. 51(1): p. 42–49.

Syke, H. (1971). The Role of Yeast in Modern Bakery Practice, *Proceedings of the British Chapter of the American Society of Bakery Engineers*, November.

Talbot, G. (2011). Saturated fats in foods and strategies for their replacement: an introduction. *Reducing Saturated Fats in Foods*, p. 3–28.

Van Benschop, C. & Hille, J. (2009). Enzymes in non-bread wheat-based foods, in Whithurst, R. J. and Van Oort, M., *Enzymes in food technology*, 2nd edition, Wiley-Blackwell, Chichester, p.144-162.

Van Der Borgh, A., Goesart, H., Veraverbeke & W.S. & Delcour, J.A. (2005). Fractionation of wheat and wheat flour into starch and gluten: overview of the main processes and the factors involved. *Journal of Cereal Science*. 41: p. 221-237.

Weiland, S.K., Von Mutius, E., Hüsing, A. & Asher, M.I. (1999). On behalf of the ISAAC Steering Committee. Intake of trans fatty acids and prevalence of childhood asthma and allergies in Europe. *Lancet*. 353: p. 2040–204.

Wade, P. (1972). Technology of biscuit manufacture: Investigation of the role of fermentation in the manufacture of cream crackers, *Journal of Science Food Agriculture*. 23: p.1021–1034.

Wade, P. (1988). *Biscuits, cookies and crackers: Vol. 1. The principles of the craft*. Elsevier Applied Science Publishers Ltd, Essex.

Williams, Y. A. & Wrigley, C. W. (1995). Cereals 95. In *Proceedings of the 45th Australian Cereal Chemistry Conference*, Adelaide, p. 299–302.

Zydenbos, S. & Taylor, V. (2003). Biscuits, cookies and crackers ,Nature of the products. In: *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*, p. 295-299.

9. Apéndice

Apéndice 1. Certificado de análisis de harinas de trigo

		Certificate Of Analysis Molinos de Puerto Rico, LLC San Jaun, PR 00936		BOL/Order #: Ship To PO:		
SHIP FROM (ORIGIN): ROAD 165 K.M.1.1 GUAYNABO WATERFRONT, PR 00965		SHIP TO (CONSIGNEE):		Ship Date: 6/17/2016 SCAC: PROF Date of Mfg: 6/17/2016 Transportation: COMMON CARRIER		
Carrier: PROF PROFESSIONAL LOGISTI		Vessel ID: 010		BULK		
Seals:						
Item #	Customer #	Item Description	# Pallets	Qty (EA)	Item WGT	NetWGT
Total GRAN GALLETA FLR BULK-RA						
Item_Num	Lot ID	Spec_Desc	Result	Sample_Method		
		Moisture NIR, %	12.90	Internal NIR Method		
		Ash NIR @ 14% MB, %	0.47	Internal NIR Method 14%		
		Protein NIR @ 14% MB, %	9.40	Internal NIR Method 14%		
		Farinograph Absorption @ 14% M	55.10	AACC 54-21		
		Farinograph MTI, BU	40.00	AACC 54-21		
		Farinograph Peak, min	2.00	AACC 54-21		
		Farinograph Stability, min	6.60	AACC 54-21		
		Vomitoxin, ppm	0.40	Internal Method		

1A. Certificado de Análisis para harinas de trigo utilizadas en experimento #1

 Ardent Mills		Certificate Of Analysis Molinos de Puerto Rico, LLC San Juan, PR 00936		BOL/Order: Ship To PO		
SHIP FROM (ORIGIN): ROAD 165 K.M.1.1 GUAYNABO WATERFRONT, PR 00965		SHIP TO (CONSIGNEE):		Ship Date: 7/20/2016 SCAC: PROF Date of Mfg: 7/20/2016 Transportation: COMMON CARRIER		
Carrier: PROF PROFESSIONAL LOGISTI		Vessel ID: 0101		BULK		
Seals: 822143 822144 822145 822146 822147 822148 81293 61294						
Item #	Customer #	Item Description	# Pallets	Qty (EA)	Item WGT	NetWGT
Total						43,520
		GRAN GALLETA FLR BULK-RA	0	Bulk	43,520	

Item_Num	Lot_ID	Spec_Desc	Result	Sample_Method
		Moisture NIR, %	12.80	Internal NIR Method
		Ash NIR @ 14% MB, %	0.48	Internal NIR Method 14%
		Protein NIR @ 14% MB, %	9.20	Internal NIR Method 14%
		Farinograph Absorption @ 14% M	56.20	AACC 54-21
		Farinograph MTI, BU	43.00	AACC 54-21
		Farinograph Peak, min	2.00	AACC 54-21
		Farinograph Stability, min	7.00	AACC 54-21
		Vomitoxin, ppm	0.40	Internal Method

1B. Certificado de Análisis para harinas de trigo utilizadas en experimento #2 y #3.

Apéndice 2. Parámetros de calidad para galleta de soda baja en grasa

Parámetros	Rango de Valores	Rango de valores nivel laboratorio*
pH Esponja	4.5 – 5.5	5.7-6.2
pH Masa	7.7 - 7.8	7.5 - 8.1
pH Galleta Cocida	8.0 - 8.8	8.0 - 8.8

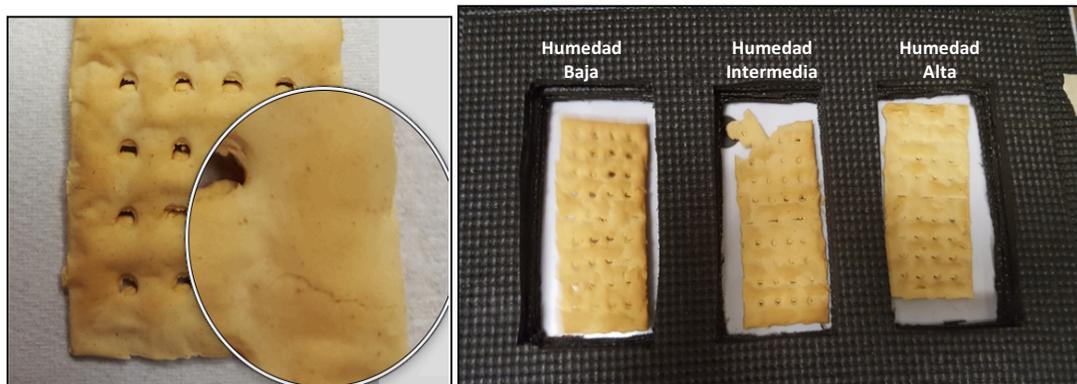
*Los cambios en pH a nivel de laboratorio se deben al efecto de tamaño de masa según explicado en Oliver 2017.

Apéndice 3. Fotografías de resultados obtenidos durante prueba de calidad para galletas elaboradas en experimento #3.



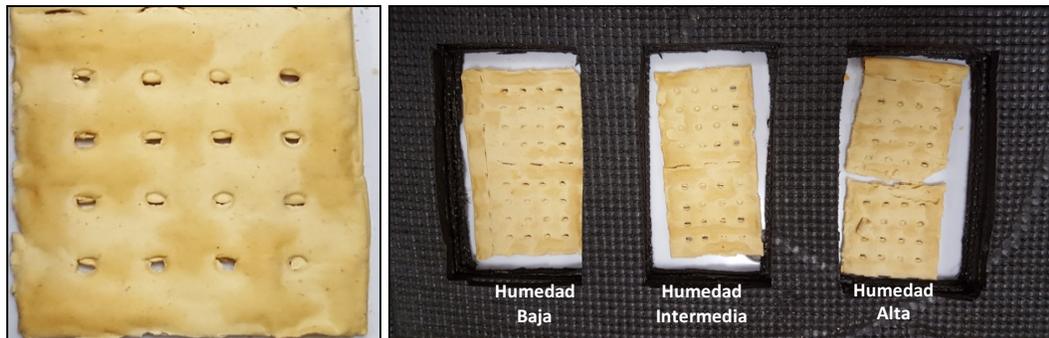
3A. Ejemplo de Fisura en galleta al día 7 y resultados de prueba de calidad.

(Tratamiento#1 con cantidad original de manteca y GAMO).



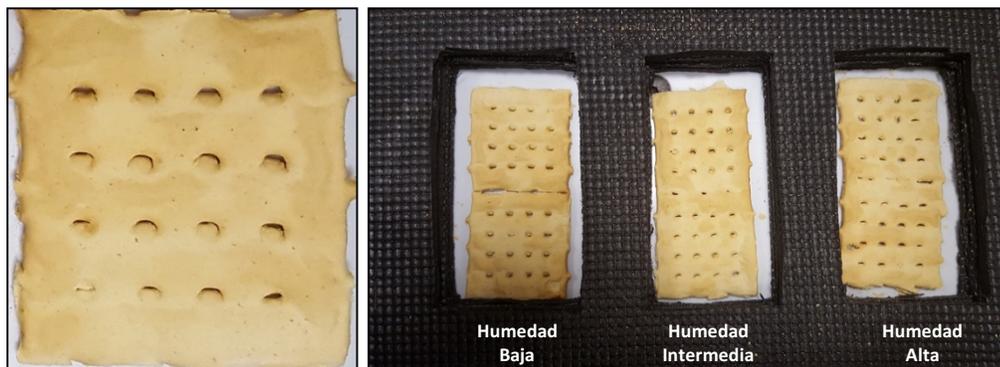
3B. Ejemplo de Fisura en galleta al día 7 y resultados de prueba de calidad.

(Tratamiento #2 con doble de la cantidad original de manteca y 2/3 cantidad de GAMO).



3C. Ejemplo de galleta al día 7 y resultados de prueba de calidad.

(Tratamiento #3 con tres veces la cantidad original de manteca y 1/3 cantidad de GAMO).



3D. Ejemplo de galleta al día 7 y resultados de prueba de calidad.

(Tratamiento #4 con cuatro veces la cantidad original de manteca y 0 cantidad de GAMO).