



“Funcionalidad de las materias primas en la elaboración de galletas”

Tesis de Master de

Sara Cabeza Rodríguez

Septiembre de 2009

Master europeo en Seguridad y Biotecnología alimentarias

Departamento de Biotecnología y Ciencia de los alimentos-Facultad de Ciencias

Universidad de Burgos

Natividad Ortega Santamaría, Profesora Titular de Universidad en el Área de Bioquímica y Biología Molecular de la Universidad de Burgos, y tutora de la Tesis de Máster presentada por **D. Sara Cabeza Rodríguez** con el título “*Funcionalidad de las materias primas en la elaboración de galletas*”,

INFORMA:

- Que el *practicum* fue desarrollado en el grupo Siro
- Que la realización y memoria de dicho trabajo cumple los requisitos y características exigidas en la normativa vigente para ser presentado como Tesis de Máster oficial en Seguridad y Biotecnología Alimentarias, impartido en la Universidad de Burgos.

Informe que, a efectos de presentación de dicho trabajo para su defensa se firma en Burgos a 21 de Septiembre de 2009.

VºBº Fdo.: Natividad Ortega Santamaría
Área de Bioquímica y Biología Molecular
Universidad de Burgos

VºBº Fdo: Alfonso Arroyo
Jeje de I+D+i
Grupo Siro

GRUPO SIRO

FRANCISCO RAMÓN HEVIA OBRAS, con D.N.I. 51.409.214 M, **Director de Recursos Humanos**, en nombre y representación de la Empresa **IMASDEA, INNOVACIÓN Y DESARROLLOS ALIMENTARIOS, S.L.**, con domicilio en El Espinar (Segovia), Polígono Industrial los Llanos de San Pedro, Ctra de Ávila.

CERTIFICA

QUE: **SARA CABEZA RODRÍGUEZ**, con D.N.I. nº 12.779.071H, en calidad de alumna del Master en Seguridad y Biotecnología Alimentarias, ha colaborado con nosotros, conforme al convenio de colaboración firmado entre la Universidad de Burgos y GRUPO SIRO, durante el período comprendido desde el **13 de Abril de 2009 al 3 de Julio de 2009** dentro del Departamento de I+D+i.

Las funciones desarrolladas para conseguir los objetivos fijados han sido:

1. Aprendizaje en conocimiento de materias primas, su función y comportamiento tecnológico.
2. Aprendizaje en el uso de la tecnología del laboratorio I+D: máquinas a escala de nuestras líneas de producción (amasadora, batidora, laminadora, horno convección) para galletas laminadas y rotativas.
3. Participación en el panel de catas adquiriendo conocimientos en evaluación sensorial.
4. Colaboración en las tareas de orden y limpieza del laboratorio de I+D+i de Galletas.

Y para que conste a los efectos oportunos, firma en **Venta de Baños, a 6 de Julio de 2009.**

Fdo. Francisco R. Hevia Obras.
- Director RR.HH. -



ÍNDICE DE CONTENIDOS

	<u>Pág.</u>
1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	5
2.1 COMPONENTES BÁSICOS DE LAS GALLETAS MARÍA.....	5
2.1.1 Harina	5
2.1.2. Azúcar.....	6
2.1.3. Grasa	7
2.1.4. Agua	7
2.2. COMPONENTES MEJORANTES DE LAS GALLETAS.....	8
2.2.1 Metabisulfito	8
2.2.2 Lecitina	8
2.2.3 Bicarbonatos	8
2.2.4 Sal	8
2.2.5 Salvado.....	9
2.3. TÉCNICAS DE ELABORACIÓN DE GALLETAS: TECNOLOGÍA LAMINADA.....	9
3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	9
3.1 ELABORACIÓN DE LAS GALLETAS MEDIANTE TECNOLOGÍA LAMINADA.....	9
3.2 ANÁLISIS DE LAS GALLETAS	10
3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	11
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	11
4.1 EFECTO DE LA ADICIÓN DE AZÚCAR.....	11
4.2 EFECTO DE LA ADICIÓN DE SAL	12
4.3 EFECTO DE LA ADICIÓN DE BICARBONATOS.....	13
4.4 EFECTO DE LA ADICIÓN DE LECITINA.....	15
4.5 EFECTO DE LA ADICIÓN DE METABISULFITO.....	15
4.6 EFECTO DE LA ADICIÓN DE SALVADO.....	16
4.7 ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS GALLETAS ELABORADAS CON DISTINTAS RECETAS...	17
5. CONCLUSIÓN.....	21
6. BIBLIOGRAFÍA.....	23

FUNCIONALIDAD DE LAS MATERIAS PRIMAS EN LA ELABORACIÓN DE GALLETAS

1. INTRODUCCIÓN-OBJETIVOS

El conocimiento de la funcionalidad de cada uno de los ingredientes que componen una galleta es de gran interés en la industria galletera. Este conocimiento nos permite no sólo reaccionar de forma rápida y eficaz ante posibles variaciones no deseadas de la galleta durante la producción, sino también la innovación y el desarrollo de nuevas formulaciones de galletas para satisfacer al cliente.

El objetivo planteado en este trabajo fue el estudio la funcionalidad de las diferentes materias primas en la elaboración de galletas maría utilizando la técnica de laminado. Para ello, se evaluó el efecto del exceso o la carencia de los diferentes componentes en la calidad de la masa y las propiedades de las galletas ya horneadas

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Componentes básicos de la galleta

2.1.1. Harina

Las harinas blandas son indispensables para la elaboración de galletas, estas harinas se obtienen normalmente a partir de los trigos blandos de invierno cultivados en Europa. Su contenido proteico es normalmente inferior al 10%. La masa que se obtiene es menos elástica y menos resistente al estiramiento que la masa obtenida con harina fuerte (más del 10% de proteínas). Las proteínas del gluten pueden separarse en función de su solubilidad. Las más solubles son las gliadinas, que constituyen aproximadamente la tercera parte del gluten y contribuye a la cohesión y elasticidad de la masa, masa más blanda y más fluida. Las dos terceras partes restantes son las gluteninas, contribuyen a la extensibilidad, masa más fuerte y firme [1].

Al añadir agua a la harina se forma una masa a medida que se van hidratando las proteínas del gluten. Parte del agua es retenida por los gránulos rotos de almidón. Cuando se mezcla y se amasa la harina hidratada, las proteínas del gluten se orientan, se alinean y se despliegan parcialmente. Esto potencia las interacciones hidrofóbicas y la formación de enlaces cruzados disulfuros a través de reacciones de intercambio de disulfuro. Se establece así una red proteica tridimensional, viscoelástica, al transformarse las partículas de gluten iniciales en membranas delgadas que retienen los gránulos de almidón y el resto de los componentes de la harina [2]. Las uniones entre las cadenas de glutenina se establecen a través de diferentes tipos de enlace, puentes disulfuro, enlaces entre los hidrógenos de los abundantes grupos amido de la glutamina, probablemente el más importante, pero también desempeñan un papel importante los enlaces iónicos y las interacciones hidrófobas. Si las galletas se hacen con una harina muy dura, resultan duras, más que crujientes y tienden a encogerse de forma irregular tras el moldeo. Estos problemas hacen necesario un estrecho control de las propiedades de la harina en la industria galletera. Una buena masa es aquella que puede incorporar una gran cantidad de gas, y retenerlo, conforme la proteína se acomoda durante la cocción de la galleta. Para la obtención de la masa también se necesita un trabajo mecánico (amasado). Durante el desarrollo de la masa las gigantes moléculas de glutenina son estiradas en cadenas lineales, que interaccionan para formar láminas elásticas alrededor de las burbujas de aire. Las tensiones mecánicas son suficientes para romper temporalmente los enlaces de hidrógeno, que son de gran importancia para el mantenimiento de la unión de las distintas proteínas del gluten. Bajo las tensiones mecánicas, las reacciones de intercambio entre grupos sulfhidrilo vecinos permiten que las subunidades de glutenina adopten

posiciones más extendidas. Estas reacciones de intercambio requieren la presencia de compuestos de bajo peso molecular con grupos sulfhidrilo, como el glutation, presente en la harina en suficiente cantidad (10-50 mg por kg de harina) en tres formas: La forma libre (GSH), el dímero oxidado (GSSG) y el unido a la molécula de proteína. [3]

En la Tabla 1 se detallan las características más importantes que ha de tener una harina galletera, la cual ha de ser muy extensible para procesos sin fermentación.

Tabla 1. Valores Característicos de la Harina Galletera [4]

Parámetros	Valores
P: tenacidad ^a	30/35 (tenacidad limitada)
L:extensibilidad ^b	130/150(muy extensible)
W:Fuerza ^c	105/90 (floja)
P/L:equilibrio ^d	0,10/0,30 (trigos flojos)
Degradación ^e	<10%

a : Mide la resistencia que opone la masa a la rotura.

b: Mide la capacidad de la masa para ser estirada indicando su elasticidad.

c: Indica el trabajo necesario para deformar una lámina de masa empujada por el aire hasta su rotura.

d: indica la relación entre la tenacidad y la extensibilidad, indica el destino más adecuado para la harina (panadería, galletería...).

e: Indica la pérdida de las cualidades plásticas y expresa el debilitamiento de la masa durante el reposo.

2.1.2. Azúcares

Los azúcares en su estado cristalino contribuyen decisivamente sobre el aspecto y la textura de las galletas. Además, los jarabes de los azúcares reductores también van a controlar la textura de las galletas. La fijación de agua por los azúcares y polisacáridos tiene una contribución decisiva sobre las propiedades de las galletas. La adición de azúcar a la receta reduce la viscosidad de la masa y el tiempo de relajación. Promueve la longitud de las galletas y reduce su grosor y peso. Las galletas ricas en azúcar se caracterizan por una estructura altamente cohesiva y una textura crujiente [5], El jarabe de glucosa (procedente del almidón) presenta una alta resistencia a la cristalización, aprovechándose para retener la humedad en las galletas [6]. Durante la cocción, los azúcares reductores controlan la intensidad de la reacción de Maillard que produce coloraciones morenas en la superficie [1].

La reacción de Maillard se produce en presencia de aminoácidos, péptidos y proteínas, cuando se calientan en una disolución de azúcar reductor en atmósfera seca, con una actividad de agua de entre 0,6 y 0,9. En la primera fase de la reacción se unen los azúcares y los aminoácidos produciendo la reestructuración de productos Amadori. En la segunda fase se da la formación inicial de colores amarillentos, también se producen olores algo desagradables. Los azucares se deshidratan a reductonas o dehidrorreductonas y tras esto se obtiene la fragmentación, que genera la formación de pigmentos oscuros en la tercera etapa, denominados melanoidinas; este mecanismo no es completamente conocido e implica la polimerización de muchos pigmentos formados en la segunda fase. Finalmente tiene lugar la degradación de Strecker, en esta fase se forman los denominados aldehídos de strecker que son compuestos con bajo peso molecular que son detectados fácilmente por el olfato. La intensidad de la reacción de Maillard es mayor a pH alcalino y los inhibidores de esta reacción son los sulfitos, los metabisulfitos, los bisulfitos y el anhídrido sulfuroso, estos inhibidores actúan en la etapa de inducción retardando la aparición de productos coloreados, pero no evitan la pérdida del valor biológico de los aminoácidos [3].

2.1.3. Grasas

Las grasas ocupan el tercer puesto en importancia dentro de los componentes de la industria galletera después de la harina y el azúcar. Las grasas desempeñan una misión antiglutinante en las masas, contribuyen a su plasticidad y su adición suaviza la masa y actúa como lubricante. Además, las grasas juegan un papel importante en la textura de las galletas, ya que las galletas resultan menos duras de lo que serían sin ellas. La grasa contribuye, igualmente, a un aumento de la longitud y una reducción en grosor y peso de las galletas, que se caracterizan por una estructura fragmentable, fácil de romper [6].

Durante el amasado hay una competencia por la superficie de la harina, entre la fase acuosa y la grasa. El agua o disolución azucarada, interacciona con la proteína de la harina para crear el gluten que forma una red cohesiva y extensible. La grasa rodea los gránulos de proteína y almidón, rompiendo así la continuidad de la estructura de proteína y almidón [7]. Cuando algo de grasa cubre la harina, esta estructura se interrumpe y en cuanto a las propiedades comestibles, después del procesamiento, resulta menos áspera, más fragmentable y con más tendencia a deshacerse en la boca. La complicación es que las grasas son inmiscibles en el agua, por lo que es un problema para la incorporación de la grasa en la masa, puesto que es necesario que la grasa se distribuya homogéneamente por toda la masa. Esto hace críticos la cantidad de sólidos y el tamaño de los cristales (la plasticidad de la grasa) y se precisa prestar atención a la temperatura y condiciones de los tratamientos si se quiere conseguir el efecto deseado.

En las masas para galletas se necesita una distribución homogénea de la grasa, el problema radica en la competencia por la superficie de la harina entre las fases acuosa y grasa. Cuando se presenta en grandes cantidades, su efecto lubricante es tan pronunciado que se necesita muy poca agua para lograr una consistencia suave. Si se mezcla con la harina antes de su hidratación, la grasa evita la formación de una red de gluten y produce una masa menos elástica, lo que es deseable en la producción de galletas porque encoge menos tras el laminado, pero la textura es distinta. La grasa afecta al proceso con máquina de la masa (tecnología rotativa), la extensión de la misma tras el cortado, y las calidades texturales y gustatorias de la galleta tras el horneado [6]. En todas las masas, la competencia por la superficie de la harina se ve afectada por la utilización de un emulsionante apropiado, necesario para la distribución homogénea de la grasa en la masa, consiguiendo así una homogénea interrupción de la red de gluten.

2.1.4. Agua

El agua, aproximadamente, constituye una tercera parte de la cantidad de harina que se emplea en la elaboración de galletas [4]. Se considera aditivo porque no es una sustancia nutritiva, aunque el agua es un ingrediente esencial en la formación de masa para la solubilización de otros ingredientes, en la hidratación de proteínas y carbohidratos y para la creación de la red de gluten [1]. El agua tiene un papel complejo, dado que determina el estado de conformación de los biopolímeros, afecta a la naturaleza de las interacciones entre los distintos constituyentes de la receta y contribuye a la estructuración de la misma. También es un factor esencial en el comportamiento reológico de las masas de harina [6]. Toda el agua añadida a la masa se elimina durante el horneo, pero la calidad del agua (calidad microbiológica, concentración y naturaleza de las sustancias disueltas, el pH...) puede tener consecuencias en la masa. No es posible hacer un cálculo exacto de la cantidad de agua a emplear, se busca una consistencia apreciable al tacto. Si se añade poco agua, la masa se desarrolla mal en el horno, la masa resulta pegajosa y se afloja. Si se añade un exceso de agua, la fuerza de la masa disminuye, haciéndola más extensible, si el exceso es moderado; o todo lo contrario si el exceso es demasiado grande. De esta forma se hace muy difícil trabajar las masas. El agua moja la red de proteínas, modificando sus uniones y facilitando que los estratos proteicos se deshagan. Por tanto la cantidad de agua a añadir

dependerá del tipo de galleta que deseemos realizar, de la harina y su absorción, y del tipo de maquinaria que dispongamos.

2.2. Componentes mejorantes de la galleta

Son muchos los aditivos que conjuntamente se añaden a la masa para subsanar las distintas anomalías en la harina, así como correctores de la masa para conseguir una linealidad en las galletas tras el procesado.

2.2.1. Bisulfito sódico o metabisulfito

El bisulfito sódico ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) es un agente acondicionador de la masa para galletas o agente modificador del gluten. En condiciones fisiológicas el dióxido de azufre es un gas no inflamable y en condiciones ácidas el sulfito se asocia a un protón y se forma bisulfito y ácido sulfuroso. El metabisulfito varía el tiempo de amasado puesto que actúa como agente reductor rompiendo alguno de los enlaces disulfuro ($\text{S}=\text{S}$) [1], que unen fuertemente unas cadenas de proteína a otras, formando enlaces S-H. Cuando el metabisulfito se añade a la harina, se produce una rotura de los enlaces disulfuro de las proteínas, lo cual tiene efectos deseables sobre la masa, la masa necesita un tiempo menor de amasado, la red de gluten no es tan fuerte, la masa es más blanda y se consigue que la masa no se contraiga una vez moldeada [2].

2.2.2. Lecitina

La lecitina es un agente emulsionante cuyo componente eficaz son los fosfolípidos, los cuales poseen fuertes afinidades polares. Presentan una parte hidrófoba que se disuelve bien en la fase no acuosa y otra parte hidrofílica que se disuelve bien en el agua. Además, ayuda a la masa dándole más extensibilidad y facilita la absorción del agua por la masa. Un aumento de la temperatura actúa negativamente sobre la estabilidad de las emulsiones. [8]

2.2.3. Bicarbonatos

Los bicarbonatos son agentes gasificantes que presentan un elemento alcalino. También se les denomina levaduras químicas. Su función principal es la de generar gas para aumentar el volumen final de la pieza antes de terminar la cocción con la desnaturalización de las proteínas [4].

- *Bicarbonato sódico*: En presencia de humedad, el bicarbonato sódico reacciona con cualquier sustancia ácida, produciendo anhídrido carbónico. En ausencia de sustancias ácidas el bicarbonato sódico libera algo de dióxido de carbono y permanecerá como carbonato sódico. También se utiliza para ajustar el pH de la masa y de las piezas resultantes [1].
- *Bicarbonato amónico*: Extraordinariamente útil en galletería, puesto que se descompone completamente por el calor desprendiendo anhídrido carbónico, amoníaco gaseoso y agua. Se disuelve muy rápidamente, pero es muy alcalina, produciendo masas muy blandas [1].

2.2.4. Sal común

La sal común (cloruro sódico), se utiliza en todas las recetas de galletas por su sabor y por su propiedad de potenciar el sabor. Además la sal endurece el gluten (ayuda a mantener la red de gluten) y produce masas menos adherentes. [1]

2.2.5. *Salvado*

Es el resultado de la molienda de las capas protectoras o cubierta de la semilla, no contiene proteínas del gluten. EL salvado reduce la elasticidad de la masa [9] y aumenta la absorción de agua de la masa [7].

2.3. **Técnicas de elaboración de galletas: tecnología laminada**

En este trabajo las galletas se obtuvieron mediante tecnología laminada. Esta tecnología está basada en el procesamiento de la masa después del amasado (laminación de la masa mediante laminadora). Durante el amasado se forma una red de gluten. La energía absorbida por la masa, se manifiesta en forma de calor hasta una temperatura de 42° C y no mayor porque la proteína podría desnaturalizarse. Este calor debe producirse por compresión o extensión de la masa dentro de la amasadora para modificar el gluten. Los niveles críticos necesarios para conseguir una masa con la estructura del gluten extensible son de azúcar unas 30 partes con unas 22 partes de grasa para 100 de harina y un porcentaje de agua de aproximadamente del 10%. Niveles más altos de azúcar y/o grasa producen masas que deben procesarse de distinta forma. El tiempo de amasado con esta tecnología es largo desde 20 minutos hasta 50 minutos (si no se utiliza bisulfito sódico). La masa obtenida debe tener una calidad adecuada para que la laminadora produzca una película continua y homogénea, con la superficie lisa. La masa a unos 40° C debe protegerse del enfriamiento y utilizarse rápidamente [1].

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. **Elaboración de las galletas mediante tecnología laminada**

Las galletas se elaboraron según la tecnología laminada, siendo la composición de las galletas patrón la que se indica en la Tabla 2. En cada tanda se preparaba un total de 17 Kg de masa. El procedimiento suponía adicionar a la amasadora fabricada por P.Pratt S.A. (Sabadell) los ingredientes minoritarios (Sal, bicarbonato sódico, bicarbonato amónico, lecitina de girasol y metabisulfito) previamente disueltos en, aproximadamente, un litro de agua. A continuación, se adicionaba el azúcar, y tras amasar la mezcla se añadía la grasa junto con el jarabe de glucosa. La mezcla era de nuevo amasada hasta formar una emulsión. Tras la formación de la emulsión se adicionaba la harina y el agua (cantidad variable dependiendo de la masa), y se continuaba con el amasado hasta la formación de la red del gluten. La temperatura no debe sobrepasar los 42° C. Finalizado el amasado, la masa era llevada a una laminadora fabricada por Rondo Doge (Seewer AG), se laminaba hasta la posición 2 de la laminadora (2mm de altura), y se cortaba la masa utilizando un molde circular de 60mm de diámetro. Las galletas eran horneadas en un horno eléctrico de convección forzada, marca UNOX (italiano), durante 4 minutos a 180° C, se daba la vuelta a la bandeja y se horneaban durante otros 3 minutos a la misma temperatura, para asegurar una humedad final de aproximadamente 1.5%.

Tabla 2. Composición estándar de las galletas.

Componentes	Concentración (%)
Harina galletera	61,01
Azúcar	14,59
Agua	10,25
Aceite de palma	7,75
Jarabe de glucosa	5,22
Sal	0,47
Bicarbonato sódico	0,33
Bicarbonato amónico	0,31
Lecitina de girasol	0,06
Metabisulfito	0,02

En este trabajo se estudió el efecto de los diferentes componentes sobre las propiedades funcionales de las galletas. Así, en la Tabla 3 se muestran las características específicas de cada una de las recetas de galletas elaboradas.

Tabla 3. Características de las diferentes recetas de galletas realizadas.

Recetas	Composición de las galletas
R.0	Composición estándar
R.1	Sin azúcar, ni jarabe de glucosa
R.2	Exceso de jarabe de glucosa (15%)
R.3	Sin sal
R.4	Sin bicarbonatos
R.5	2 % de bicarbonato sódico y 2% de amónico
R.6	Sólo con Bicarbonato amónico (0,43%)
R.7	Solo con bicarbonato sódico (0,43%)
R.8	Sin lecitina
R.9	Sin metabisulfito
R.10	Exceso de metabisulfito (0,04%)
R.11	Con salvado (6%)

3.2. Análisis de las galletas

Para cada una de las recetas utilizadas en la elaboración de las galletas se evaluó el comportamiento de la masa, determinándose los siguientes parámetros en la etapa de amasado:

- *Cantidad de agua* requerida para la obtención de la masa en condiciones adecuadas para ser laminada.
- *Tiempo de amasado* para conseguir una red de gluten adecuada.
- *Temperatura final de la masa* tras el amasado, con un termómetro de la marca Testo.

También se determinó el *tiempo de horneado* de las diferentes galletas, así como los siguientes parámetros en las galletas ya horneadas. Para ello se consideraron los siguientes parámetros:

- *Peso de la galleta* (número de muestras: 5 galletas)
- *Espesor de la galleta* (número de muestras: 5 galletas), con un calibre de la marca Mitutoyo.
- *Coefficiente de excentricidad*: se determinó el diámetro mayor y el menor de 30 galletas (calibre Mitutoyo) y se calculó el coeficiente de excentricidad según la siguiente ecuación:

$$\text{Coef. Excentricidad} = (\text{Diámetro mayor} - \text{Diámetro menor}) / \text{Diámetro mayor}$$
 Si el valor resultante es 0 es completamente redonda y si es 1 corresponde con una línea recta.
- *Coefficiente de dilatación*: este parámetro indica el crecimiento o acortamiento de la galleta en el plano y se calculó a partir de los diámetros mayor y menor según la ecuación:

$$\text{Coef. Dilatación} = (\pi (\text{Diámetro mayor}/2 * \text{Diámetro menor}/2)) - \pi * 30^2 / \pi * 30^2$$
- *Volumen de la galleta*: indica el crecimiento de la galleta en 3 D y también se calcula a partir de los diámetros mayor y menor de la galletas según la ecuación:

$$V = (\pi (\text{Diámetro mayor}/2 * \text{Diámetro menor}/2) * \text{Espesor } 5 \text{ unid.}/5) / 1000$$

3.3 Análisis estadístico

Con el fin de conocer la precisión y exactitud de los resultados experimentales se ha calculado, a partir de los valores correspondientes a una misma muestra, el valor medio (\bar{x}) y la desviación estándar muestral (s) de los resultados obtenidos en cada experiencia, de acuerdo con las siguientes expresiones:

$$\text{Valor medio: } \bar{x} = \sum x_i / n$$

$$\text{Desviación estándar muestral: } s = \left[\sum (x_i - \bar{x})^2 / n \right]^{1/2}$$

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Efecto de la adición de azúcares:

En las galletas elaboradas sin la adición de azúcar, ni jarabe de glucosa (R.1) se observaba que la masa apenas retrocedía y se rompía al laminarla. Una vez horneadas las galletas presentaban burbujas de aire entre la masa y una coloración muy pálida debida a la ausencia de azúcares reductores necesario para que se produzca la reacción de Maillard. Las galletas obtenidas eran muy redondas con coeficientes de excentricidad de 0.037 (Tabla 4). Además, si se comparaba el espesor de las galletas con el espesor de las galletas patrón se observaba una reducción del 35% (Tabla 4), y vemos que se han encogido más las galletas sin azúcar; Singh *et al.*, indican que el azúcar aporta mayor fluidez a la masa lo que facilita la aparición de estructuras en película (dos dimensiones), más que estructuras en red elástica (tres dimensiones) [10]. Por otra parte Doescher *et al* [11] sugirieron que el azúcar granular producía una mayor temperatura de transición de cristalización antes de la extensión de la masa, lo que se traducía en una mayor extensión de la galleta, Pareyt *et al* [12], indicaron que un aumento en la cantidad de azúcar elevaba la tasa de extensión de la masa y, que una mayor cantidad de azúcar elevaba la altura máxima, posiblemente por la presencia de

crisales no disueltos de azúcar que retrasan el inicio de la extensión. Además, el volumen de las galletas elaboradas sin azúcar era aproximadamente la mitad que el de las galletas patrón (Tabla 4). De hecho la presencia de azúcar produce un mayor colapso, lo que se traduce no sólo en un retraso en la acción de las levaduras químicas, influyendo en el grado de expansión vertical durante la cocción [13], ya que al cristalizar el azúcar con el calor evita que salga el aire producto de la evaporación durante el horneo. En resumen, el azúcar incrementa la longitud de las galletas, contribuye al incremento del espesor y disminuye el peso específico de las galletas [14], además de ayudar a mantener la red de gluten en el horno dando más resistencia a esta red por cristalización del azúcar, y al no haber azúcar la red de gluten no puede mantenerse y se rompe apareciendo las burbujas de aire grandes.

Tabla 4. Efecto de los azúcares en las características de las galletas horneadas.

Receta	Coefficiente excentricidad	Coefficiente dilatación	Espesor (mm)	Peso (g)	Volumen (cm ³)
R.0 ^a	0,048±0,016	-0,038±0,012	20,016±0,151	17.833±0.15	10.961±0.14
R.1 ^b	0,037±0,014	-0,154±0,007	12,293±0,481	16.667±0.136	5.591±0.05
R.2 ^c	---	---	---	---	---

^a Galletas elaboradas con la receta patrón o estándar

^b Galletas elaboradas sin azúcar

^c Galletas elaboradas con exceso de azúcar

En esta receta fue necesario un aumento en la cantidad de agua necesaria (Tabla 5) al tener que aumentar la cantidad de harina para alcanzar los 17 Kg de masa sin azúcar.

Cuando las galletas se elaboraron con un exceso de glucosa (R.2) la masa era demasiado pegajosa para poder laminarla y las galletas no fueron viables.

Tabla 5. Parámetros del proceso de elaboración de galletas con distintas cantidades de azúcares.

Receta	Agua requerida (ml)	Tiempo amasado (min)	Temperatura masa (°C)	Tiempo horneo (min)
R.0 ^a	1620	27	39,5	7
R.1 ^b	3000	35	39,3	7
R.2 ^c	---	---	---	---

^a Galletas elaboradas con la receta patrón o estándar

^b Galletas elaboradas sin azúcar, ni jarabe de glucosa

^c Galletas elaboradas con exceso de jarabe de glucosa

4.2 Efecto de la adición de sal:

Al eliminar la sal de la receta patrón, la masa se rompía en la amasadora. Las galletas obtenidas eran bastante redondas (coeficiente de excentricidad 0.041) (Tabla 6). La ausencia de sal produce masas pegajosas y muy blandas, por lo que la sal mantiene firme la masa [4] y por tanto la red de gluten, sin sal la red de gluten es menos fuerte, se rompe la red de gluten y la masa no encoge tanto y permanece más redonda tras el moldeo.

En la Tabla 6 se puede observar que las galletas sin sal han crecido en altura menos que las galletas patrón, posiblemente porque las galletas sin sal tenían menos capacidad de retener el aire durante el horneo, debido a que la red de gluten era menos dura y el vapor de

agua salía de la galleta en vez de quedar retenida. Por tanto, el efecto de la sal podría atribuirse al endurecimiento del gluten [10]. Danno y Hosene [15] describieron un comportamiento similar al adicionar cloruro sódico y potásico.

Respecto a los parámetros del proceso señalar, que el tiempo de desarrollo de la masa (tiempo requerido para hidratar toda la harina y lograr una resistencia máxima a la extensión) se reducía de 27 minutos en la receta patrón, a 22 minutos en la receta sin sal (Tabla 7). Singh et al. [10] también observaron reducciones en el tiempo de desarrollo de la masa.

Tabla 6. Efecto la sal en las características de las galletas horneadas

Receta	Coefficiente excentricidad	Coefficiente dilatación	Espesor (mm)	Peso (g)	Volumen (cm ³)
R.0 ^a	0,048±0,016	-0,038±0,012	20,016±0,151	17.833±0.15	10.961±0.14
R.3 ^b	0,041±0,018	-0,023±0,007	16,263±0,143	18,116±0,172	8,898±0,069

^a Galletas elaboradas con la receta patrón o estándar

^b Galletas elaboradas sin sal

Tabla 7. Parámetros del proceso de elaboración de galletas con distintas cantidades de sal

Receta	Agua requerida(ml)	Tiempo de amasado (min)	Temperatura masa (°C)	Tiempo horneo (min)
R.0 ^a	1620	27	39,5	7
R.3 ^b	1620	22	41	7

^a Galletas elaboradas con la receta patrón o estándar

^b Galletas elaboradas sin sal

4.3. Efecto de la adición de bicarbonatos:

La elaboración de galletas sin la adición de bicarbonatos (R.4), permitía la formación de la red de gluten pero la masa se recogía mucho. En la Tabla 8 se observa que las galletas eran mucho más ovaladas y habían encogido más que las de la receta patrón. Esto podría deberse a la necesidad de añadir más metabisulfito a la masa, por la diferente fuerza de la harina de un lote a otro. El menor tamaño de las galletas (Tabla 8) es consecuencia del papel que desempeñan los bicarbonatos haciendo que la masa tenga más gas y quede retenido en la galleta. La ausencia de bicarbonatos hizo necesario un mayor tiempo de horneado (1.5 min) (Tabla 9), probablemente porque el pH de la masa es más ácido lo cual retarda la aparición de los productos amadori [16].

Cuando la concentración de bicarbonato amónico y sódico se aumentaba del 0.31% al 2%, el tiempo de amasado era muy elevado y casi se estropea la red de gluten. La masa recogía bien, pero las galletas tras el horneo quedaban muy duras, posiblemente por los cambios de pH inducidos por los bicarbonatos, que afectaban a la hidratación de las proteínas del gluten, así como su efecto de endurecimiento del gluten [10]. Además este cambio de pH aceleraba la reacción de Maillard [16], puesto que se necesitó un menor tiempo de cocción en el horno.

Es importante señalar, que las galletas aparecían con una burbuja en toda la superficie de la galleta. Para reducir el tamaño de las burbujas fue necesario agujerear la masa. Las galletas obtenidas eran muy gruesas y pequeñas, la forma era totalmente ovalada (excepto en las galletas donde no aparecía la burbuja) y de menor peso respecto a las obtenidas sin bicarbonatos (Tabla 9). Las galletas pesan menos al eliminar la parte de la burbuja para medirlas. El exceso de levaduras químicas provocó un encogimiento de las galletas,

tendiendo a crecer a lo alto lo que provoca que no se expanda la masa en el plano (2D). El mayor volumen de las galletas era consecuencia de su mayor altura.

Cuando sólo se utilizaba bicarbonato amónico (R.6) los ingredientes se mezclaban bien, la masa era muy dura (mayor tiempo de amasado), y la temperatura de la masa era muy alta (Tabla 9). Las galletas eran más altas que las galletas sin bicarbonatos y que las galletas con sólo bicarbonato sódico (Tabla 8), lo sugería que el bicarbonato amónico contribuye más al crecimiento en altura de la galleta que el sódico.

Si sólo se adicionaba bicarbonato sódico (R.7) la masa se recogía un poco y las galletas eran más redondas que con el bicarbonato amónico, aunque menos que las galletas patrón (Tabla 8). En general puede decirse que son las galletas que menos se han encogido a excepción de las patrón, por lo que el bicarbonato sódico favoreció la dilatación de la galleta. Al añadir más cantidad de agua la resistencia al amasado es mayor, puesto que la masa ha tolerado una muy elevada temperatura y un largo tiempo de amasado, esto puede deberse al cambio de pH inducido por el bicarbonato sódico, que puede afectar a la hidratación de las proteínas del gluten, así como su efecto de endurecimiento del gluten [10].

Tabla 8. Efecto de los bicarbonatos en las características de las galletas horneadas

Recetas	Coefficiente excentricidad	Coefficiente Dilatación	Espesor (mm)	Peso (g)	Volumen (cm ³)
R.0 ^a	0,048±0,016	-0,038±0,012	20,016±0,151	17.833±0.15	10.961±0.14
R.4 ^b	0,112±0,037	-0,103±0,018	15,238±0,29	20,5±0,155	7,9±0,164
R.5 ^c	0,104±0,076	-0,202±0,037	39,55±0,206	18,801±1,217	17,855±0,828
R.6 ^d	0,075±0,025	-0,061±0,021	18,355±0,272	20,683±0,36	9,607±0,223
R.7 ^e	0,056±0,021	-0,05±0,017	14,625±0,295	18,45±0,104	7,861±0,145

^a Galletas elaboradas con la receta patrón o estándar

^b Galletas elaboradas sin bicarbonatos

^c Galletas elaboradas con exceso de bicarbonatos

^d Galletas elaboradas sólo con bicarbonato amónico

^e Galletas elaboradas sólo con bicarbonato sódico

Tabla 9. Parámetros del proceso de elaboración de galletas con distintas cantidades de bicarbonatos

Recetas	Agua requerida (ml)	Tiempo amasado(min)	Temperatura masa (°C)	Tiempo horneo (min)
R.0 ^a	1620	27	39,5	7
R.4 ^b	1930	25	40	8,5
R.5 ^c	1230	37	45,5	5
R.6 ^d	1610	24	40,2	7
R.7 ^e	1680	25	42,9	7

^a Galletas elaboradas con la receta patrón o estándar

^b Galletas elaboradas sin bicarbonatos

^c Galletas elaboradas con exceso de bicarbonatos

^d Galletas elaboradas sólo con bicarbonato amónico

^e Galletas elaboradas sólo con bicarbonato sódico

4.4 Efecto de la adición de lecitina

En la masa sin lecitina (R.8) no se formaba una buena emulsión, distinguiéndose grumos de grasa antes de añadir la harina, lo que provocó que al amasar la masa (que presentaba burbujas), esta se rompiera. La grasa sin emulsionar impedía que el agua hidratara las proteínas del gluten, no se formaba bien la red de gluten y se obtenían galletas de menor espesor que las galletas patrón (Tabla 10). Además señalar que las galletas sin lecitina experimentaban una dilatación en el horno, posiblemente porque la grasa que no ha emulsionado bien se expande con el calor en el horno y la red de gluten no se mantiene para evitarlo. Los resultados encontrados en este trabajo contrastan con los descritos por A. Sindhuja, *et al.* [17] que observaron que la lecitina aumentaba la extensión de la galleta reduciendo su grosor y aumentando su peso. Sin embargo, el mayor coeficiente de excentricidad de las galletas cuando no se adiciona lecitina ha sido también descrito por Manohar *et al.* [18].

En la Tabla 11 se detallan los principales parámetros relacionados con la elaboración de galletas sin lecitina destacando la mayor cantidad de agua requerida para la elaboración de estas galletas.

Tabla 10. Efecto de la lecitina en las características de las galletas horneadas

Recetas	Coficiente excentricidad	Coficiente Dilatación	Espesor (mm)	Peso (g)	Volumen (cm ³)
R.0 ^a	0,048±0,016	-0,038±0,012	20,016±0,151	17.833±0.15	10.961±0.14
R.8 ^b	0,122±0,021	0,11±0,015	18,748±0,364	21,85±0,187	11,739±0,16

^a Galletas elaboradas con la receta patrón

^b Galletas elaboradas sin lecitina

Tabla 11. Parámetros del proceso de elaboración de galletas con distintas cantidades de lecitina

Recetas	Agua requerida(ml)	Tiempo de amasado (min)	Temperatura masa (°C)	Tiempo de horneado (min)
R.0 ^a	1620	27	39,5	7
R.8 ^b	1750	30	39	7

^a Galletas elaboradas con la receta patrón

^b Galletas elaboradas sin lecitina

4.5. Efecto de la adición de metabisulfitos:

La masa de las galletas elaboradas sin metabisulfito (R. 9) recogía bastante (al estirar la masa, ésta retrocede) y como consecuencia las galletas eran ovaladas (Tabla 12). Por tanto, el metabisulfito ayuda a mantener la forma de la galleta. El grosor de las galletas patrón (20,0156mm) era mayor que el de las elaboradas sin bisulfito sódico (17,175mm), posiblemente porque la red de gluten era tan fuerte que apenas ha incorporado aire durante el

amasado y no liberaba agua durante el horneo, lo cual explicaría también el aumento significativo del peso en las galletas elaboradas sin este aditivo (Tabla 12).

Es destacable la variabilidad observada en los diámetros de las galletas en comparación con las galletas patrón. En concreto la desviación típica para el diámetro mayor y menor es de 0,59 y 1,007, respectivamente, lo cual sugeriría que la adición de metabisulfito ayuda a la obtención de galletas más homogéneas.

En contraste, la adición de un exceso de metabisulfito (R.10) rendía una masa que estiraba mucho (“como chicle”), y que en el horno no se hinchaba, debido a la debilitación de la red de gluten provocada el bisulfito sódico. Las galletas eran bastante ovaladas (Tabla 12), puesto que al tener una red de gluten muy débil, en el momento de pasarlas a la bandeja del horno, una vez moldeadas, se deformaban.

En la Tabla 13, los datos muestran que en la R.0 se ha reducido el tiempo de amasado en comparación con las galletas sin bisulfito sódico, se ha conseguido la misma temperatura con menos tiempo [19].

Tabla 12. Efecto del metabisulfito sódico en las características de las galletas horneadas

Recetas	Coefficiente excentricidad	Coefficiente dilatación	Espesor (mm)	Peso (g)	Volumen (cm ³)
R.0 ^a	0,048±0,016	-0,038±0,012	20,016±0,151	17.833±0.15	10.961±0.14
R.9 ^b	0,143±0,02	-0,149±0,016	17,175±0,166	22,416±0,172	8,234±0,159
R.10 ^c	0,126±0,04	-0,099±0,03	17,783±0,403	18,4±0,464	9,143±0,357

^a Galletas elaboradas con la receta patrón

^b Galletas elaboradas sin metabisulfito

^c Galletas elaboradas con exceso de metabisulfito

Tabla 13. Parámetros del proceso de elaboración de galletas con distintas cantidades de metabisulfito

Recetas	Agua requerida(ml)	Tiempo de amasado (min)	Temperatura masa (°C)	Tiempo horneo (min)
R.0 ^a	1620	27	39,5	7
R.9 ^b	1500	30	39,3	7
R. 10 ^c	1570	40	38,7	7

^a Galletas elaboradas con la receta patrón

^b Galletas elaboradas sin metabisulfito

^c Galletas elaboradas con exceso de metabisulfito

4.6. Efecto de la adición de salvado:

La presencia de salvado en la formulación de las galletas (R.11) provocaba una mayor necesidad de agua (Tabla 14). La diferencia en la absorción de agua es causada principalmente por el mayor número de grupos hidroxilo que existen en la estructura de la fibra y permite la interacción de más agua a través de puentes de hidrógeno [20]. Las galletas tenían mayor peso (Tabla 15), posiblemente por la mayor retención de agua, y mayor volumen. Estos resultados contrastan con los encontrados por Fustier *et al* [21] y Sudha *et al* [20] que observaron que la extensión de las galletas era mayor cuando no se adicionaba salvado.

Tabla 15. Efecto del salvado en las características de las galletas horneadas

Recetas	Coefficiente excentricidad	Coefficiente dilatación	Espesor (mm)	Peso (g)	Volumen (cm ³)
R.0 ^a	0,048±0,016	-0,038±0,012	20,016±0,151	17.833±0.15	10.961±0.14
R.11 ^b	0,031±0,018	0,158±0,012	19,148±0,243	25,65±0,288	12,615±0,132

^a Galletas elaboradas con la receta patrón

^b Galletas elaboradas con salvado

Tabla 14. Parámetros del proceso de elaboración de galletas con distintas cantidades de salvado

Recetas	Agua requerida(ml)	Tiempo amasado (min)	Temperatura masa (°C)	Tiempo horneado (min)
R. 0 ^a	1620	27	39,5	7
R.11 ^b	2860	30	39,7	7

a Galleta elaboradas con la receta patrón

b Galletas elaboradas con salvado

4.7. Estudio comparativo de las galletas elaboradas con las distintas recetas

La Fig. 1 muestra el coeficiente de excentricidad de las galletas obtenidas con las diferentes recetas. De todas las galletas, las más redondas son las obtenidas en la receta con salvado (R.11), sin azúcar (R.3) y la patrón (R.0), mientras que las más ovaladas eran las elaboradas sin metabisulfito (R.9). El resto de las galletas no salían redondas por la dificultad de ajustar la cantidad de bisulfito sódico en el laboratorio ya que la fuerza de la harina puede variar de un lote a otro.

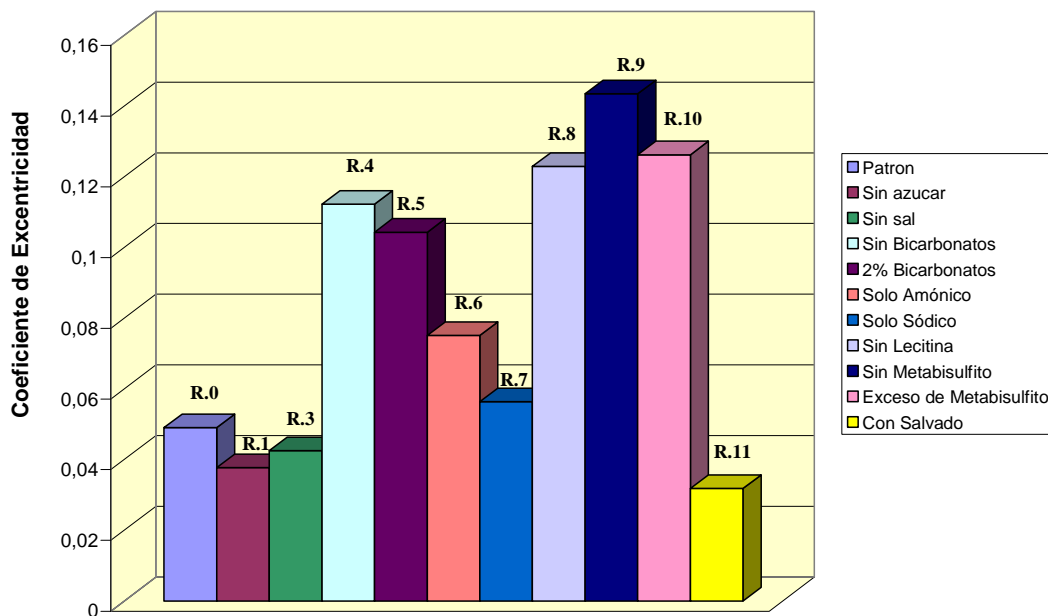


Figura 1. Representación del coeficiente de excentricidad para las galletas obtenidas con diferentes recetas.

Los coeficientes de dilatación para las diferentes galletas se han representado en la Fig. 2. Las únicas galletas que se dilataban son las que no llevaban lecitina (R.8) y las que llevaban salvado (R.11). Señalar además que las galletas que más se encogían eran las que llevaban exceso de bicarbonatos (R.5), ya que un exceso de levadura química hacía que la galleta creciera en altura deformando su silueta.

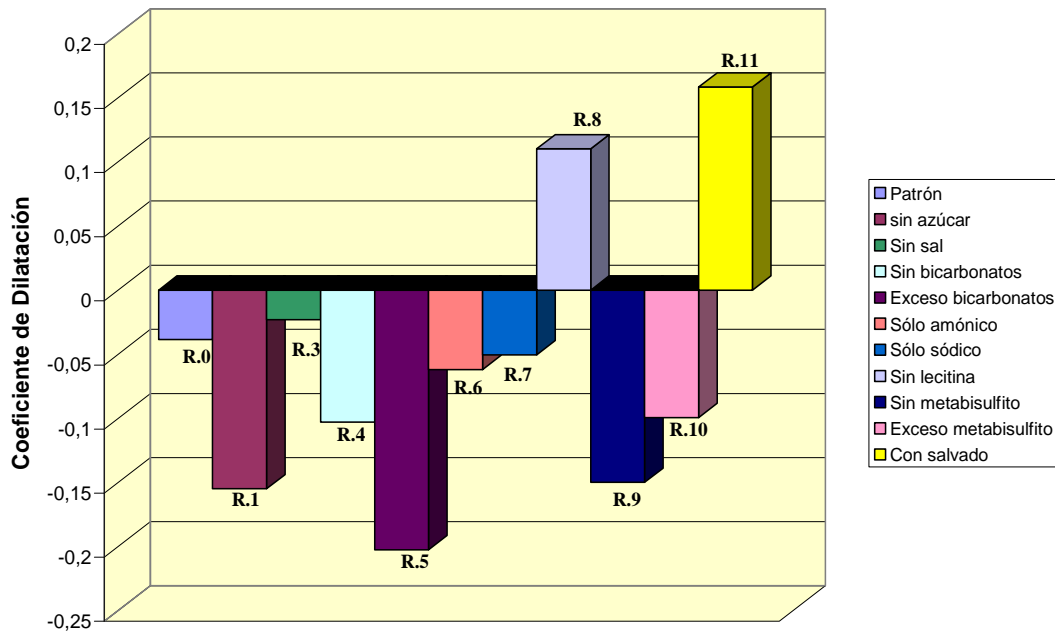


Figura 2. Representación del coeficiente de dilatación para las galletas obtenidas con diferentes recetas.

En el Fig. 3 se observa que las galletas que más crecían en el horno eran las galletas con exceso de bicarbonatos (R.5), como era de esperar. Las galletas que menos han crecido durante el horneado son las galletas sin azúcar (R.1), porque sin azúcar la red de gluten no es capaz de retener los gases durante la cocción, no hay azúcar que se cristalice para endurecer le gluten. Además la figura muestra que las galletas que contienen bicarbonato amónico crecen más que las que contienen únicamente el sódico. Por lo que el bicarbonato amónico favorece más en crecimiento en altura de la galleta que el bicarbonato sódico.

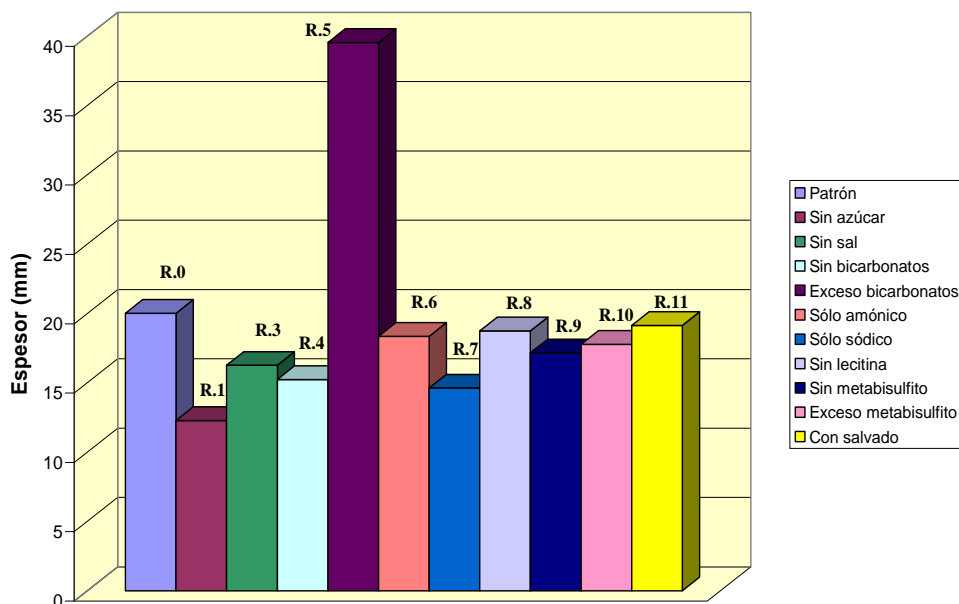


Figura 3. Representación del espesor (mm) para las galletas obtenidas con diferentes recetas.

En relación al peso de las galletas se pudo comprobar, que las galletas de mayor peso eran las que llevaban salvado (R.11), como se esperaba, seguidas por las elaboradas sin metabisulfito (R.9) (Fig. 4). Las de menor peso fueron aquellas galletas elaboradas sin azúcar (R.1) (Fig. 4), ya que las galletas sin azúcar no pueden retener el vapor de agua durante el horneado.

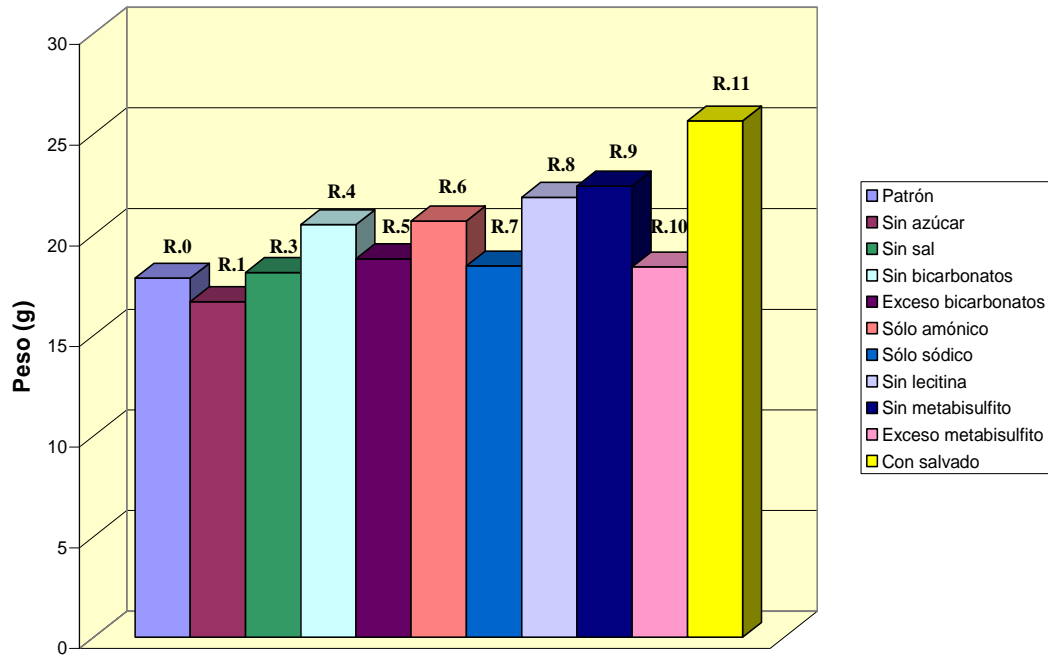


Figura 4. Representación del peso (g) para las galletas obtenidas con diferentes recetas.

La Fig. 5 representa los volúmenes de las galletas cocinadas con las distintas recetas. Las galletas de mayor volumen eran las que llevaban exceso de bicarbonatos (R.5), aunque se encogían mucho como se ha indicado anteriormente. Otras galletas que tenían un volumen mayor a las elaboradas con la receta estándar (R.0) eran las que contenían salvado (R.11) y a las que no se adicionaba lecitina (R.8). Las galletas que alcanzaban un menor volumen eran las galletas sin azúcar (R.1), resultado esperado puesto que son galletas que se han encogido mucho y apenas han crecido en el horno.

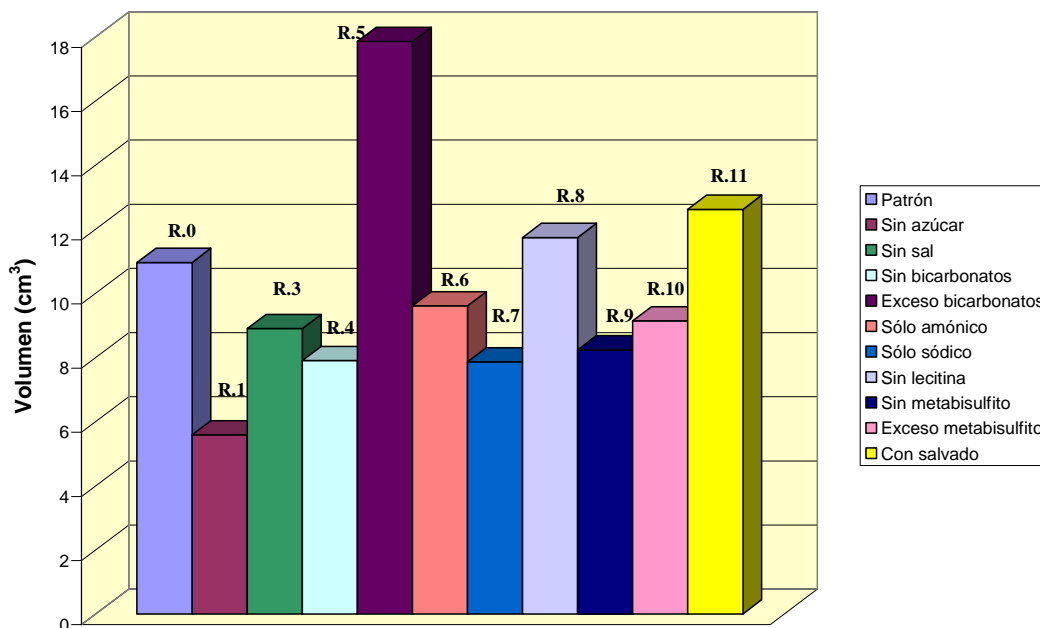


Figura 5. Representación del volumen (cm³) para las galletas obtenidas con diferentes recetas.

5. CONCLUSIÓN

La masa para galletas es un sistema muy complejo en el que todos los ingredientes interactúan entre sí haciendo difícil la realización de las masas. La masa depende sobre todo del porcentaje de proteína que presenta la harina, que puede variar de un lote a otro, haciendo que las cantidades del resto de ingredientes se vean afectadas.

El azúcar es un ingrediente esencial en la elaboración de galletas maría, puesto que además de endulzar, favorece el crecimiento en altura, debido a la cristalización del azúcar durante la cocción. El jarabe de glucosa además favorece la reacción de Maillard aportando a la galleta aroma y coloración.

La sal potencia el sabor de la galleta y endurece el gluten, permitiendo el crecimiento en altura de la galleta y además la sal reduce el tiempo de desarrollo de la masa.

Los bicarbonatos actúan de levaduras químicas aportando gas a las masas y aumentando la altura de las galletas, además el bicarbonato amónico favorece más el crecimiento en altura que el bicarbonato sódico, el cual parece que favorece la extensión en el plano de las galletas.

La lecitina favorece la homogenización de la grasa en la masa, interrumpiendo la red de gluten homogéneamente y favoreciendo la estructura de la galleta.

El metabisulfito es un importante modificador del gluten que reduce el encogimiento de la masa, haciendo que la galleta conserve su forma después del moldeo, aunque es difícil de ajustar las cantidades necesarias para este fin, puesto que en cada lote de harina varía ligeramente la fuerza y humedad de la harina, y todos los ingredientes interactúan entre ellos.

El salvado es un ingrediente que se ha valorado mucho por sus cualidades favorables para la salud. En salvado hace que se necesite más cantidad de agua en la formación de la masa y no forma gluten, esto hay que tenerlo en cuenta en la producción de galletas.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Duncan J.R. Manley, *Tecnología de la Industria Galletera: galletas, crackers y otros horneados*. Ed: Acribia, S.A. Zaragoza (1989).
- [2] Owen R. Fennema, *Química de los Alimentos*. 2ª edición, Ed: Acribia, Zaragoza (1996).
- [3] T.P. Coultate, *Manual de Química y bioquímica de los alimentos*, 3ª edición, Ed: Acribia, Zaragoza, (2007).
- [4] Jesús Calaveras, *Nuevo Tratado de Panificación y Bollería*. 2ª edición, AMV ediciones y Mundi-prensa. Madrid (2004)
- [5] Zoulikha Maache-Rezzoug, Jean-Marie Bouvier, Karim Alla & Christian Patras. *Effect of Principal Ingredients on Rheological Behaviour of Biscuit Dough and on Quality of Biscuits*. Journal of Food Engineering, 35, (1989) pp 23-42.
- [6] T.P. Coultate, *FOOD: The Chemistry of its Components*, The Royal Society of Chemistry, 1984, Ed: Acribia, Zaragoza
- [7] M.L. Sudha, R. Vetrmani, K. Leelavathi. *Influence of Fibre from Different Cereals on the Rheological Characteristics of Wheat Flour Dough and on Biscuit Quality* Food Chemistry 100 (2007) 1365–1370
- [8] Hans-Dieter Belitz y Werner Grosch, *Química de los Alimentos*. 2ª edición, Ed: Acribia, Zaragoza (1997).
- [9] Hardeep Singh Gujral, Sundeep Mehta, Imaan Singh Samra, and Pankaj Goyal. International Journal of Food Properties, Vol. 6, No. 2, pp. 329–340, 2003.
- [10] Narpinder Singh, Shaveta Gupta, Navdeep Singh Sodhi, and R. P. Singh. *Effect of Additives on Dough and Cookie Making Properties of Flour*. Vol. 5, No. 3, pp. 547–562, 2002
- [11] Doescher, L.C.; Hosney, R.C.; Milliken, G.A. *A Mechanism of Cookie Dough Setting*. Cereal Chemistry, 64, pp.158–163, 1987
- [12] Bram Pareyt, Faisal Talhaoui, Greet Kerckhofs, Kristof Brijs, Hans Goesaert, Martine Wevers, Jan A. Delcour. *The role of sugar and fat in sugar-snap cookies: Structural and textural properties*. Journal of Food Engineering 90 pp.400–408, 2009.
- [13] Chevallier, S., Colonna, P., Lourdin, D. *Contribution of major ingredients during baking of biscuit dough systems*. Journal of Cereal Science 31 (3), 241–252, 2000.
- [14] Danno, G.; Hosney, R.C. *Effect of Sodium Chloride and Sodium Dodecyl Sulfate on Mixograph Properties*. Cereal Chemistry, 59, pp.202–204, 1982.
- [15] Danno, G.; Hosney, R.C. *Effect of Sodium Chloride and Sodium Dodecyl Sulfate on Mixograph Properties*. Cereal Chemistry, 59, pp.202–204, 1982.
- [16] Vural Go'kmen , Arda Serpen , Özge Çetinkaya Açar , Francisco J. Morales. *Significance of Furosine as Heat-Induced Marker in Cookies*. Journal of Cereal Science 48, pp.843–847, 2008.
- [17] A. Sindhuja M. L. Sudha A. Rahim, *Effect of incorporation of amaranth flour on the quality of cookies*. European Food Research and Technology, 221, pp. 597–601, 2005.
- [18] R Sai Manohar and P Haridas Rao. *Effect of Emulsifiers, Fat Level and Type on the Rheological Characteristics of Biscuit Dough and Quality of Biscuits*, Journal of the Science of Food and Agriculture, 79, pp.1223-1231, 1999.
- [19] Ged Oliver, Robert J Wheeler, *Semi-Sweet Biscuits: 2. Alternatives to the Use of Sodium Metabisulphite in Semi-sweet Biscuit Production*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 71, pp. 337-344, 1996.
- [20] M.L. Sudha, R. Vetrmani, K. Leelavathi. *Influence of Fibre from Different Cereals on the Rheological Characteristics of Wheat Flour Dough and on Biscuit Quality*. Food Chemistry, 100, pp. 1365–1370, 2007.
- [21] P. Fustier, F. Castaigneb, S.L. Turgeonb, C.G. Biliaderisc. *Semi-sweet Biscuit Making Potential of Soft Wheat Flour Patent, Middle-cut and Clear Mill Streams Made with Native and Reconstituted Flours*. Journal of Cereal Science 46, pp. 119–131, 2007.

