



ESTUDIO DE ENRIQUECIMIENTO PROTEICO DE BIZCOCHOS LAYER

TRABAJO FIN DE MÁSTER
Curso: 2017/18

Alumno: Eddy Alberto Alcalá Peña

Tutores: Manuel Gómez Pallarés

Marta Sahagún Carabaza

Máster en Calidad, Desarrollo e Innovación de Alimentos
E.T.S. Ingenierías Agrarias, Campus de la Yutera (Palencia)
Universidad de Valladolid

Índice

1	Introducción	3
2	Objetivo	5
3	Materiales y métodos.....	5
3.1	Materiales.....	5
3.2	Métodos.....	6
3.2.1	Propiedades de hidratación de la mezcla de harina con proteína.	6
3.2.2	Elaboración de los bizcochos Layer.....	6
3.2.3	Medición de la Viscosidad de la mezcla.....	8
3.2.4	Medición del pH.....	8
3.2.5	Medición de la densidad	8
3.2.6	Distribución de las burbujas en el batido: Microestructura	8
3.2.7	Propiedades de los bizcochos: Volumen, peso, textura, color, simetría... ..	8
3.2.8	Medición del volumen	8
3.2.9	Pérdida de peso	9
3.2.10	Volumen específico	9
3.2.11	Medición de la textura del bizcocho	9
3.2.12	Medición del color del bizcocho	9
3.2.13	Simetría del bizcocho	9
3.2.14	Análisis estadístico	10
4	Resultados y discusión	10
4.1	Propiedades de hidratación	10
4.2	Microscopía	13
4.3	Características de los batidos y los bizcochos	14
4.4	Textura	18
4.5	Color de la corteza.....	22
4.6	Color de la miga	22
4.7	Envejecimiento	25
5	Conclusiones	26
6	Bibliografía.....	26

Resumen

Este estudio tiene el objetivo de analizar el efecto de proteínas de suero, huevo y guisante en las propiedades de bizcochos tipo layer sin gluten elaborados con harina de arroz. La harina fue sustituida con 45 % de mezclas de proteína. Se analizaron las propiedades de hidratación de la mezcla de harina con proteína, la densidad, viscosidad, pH y microestructura de la masa y las propiedades del bizcocho (pérdida de peso, volumen específico, textura y color). En relación con las propiedades de hidratación se observó que las proteínas de guisante aumentaron la capacidad de retención de agua, al contrario que las proteínas de suero y de huevo. Se observó una relación positiva entre la viscosidad y la densidad, siendo la proteína de guisante la que más influyó en estos parámetros. Sin embargo, el pH no sufrió variaciones significativas. Respecto a la microestructura de los batidos se observó que la proteína de suero aumentó el número de burbujas y la proteína de guisante lo redujo. En el caso de las propiedades de los bizcochos se observó que la proteína de suero aumentó significativamente el volumen específico y la pérdida de peso y, como consecuencia aumentó también el índice de simetría. Respecto a la textura se produjo un aumento importante de la dureza en aquellas muestras en las que el contenido de proteína de huevo es alto. En cuanto al color de la corteza no se obtuvieron resultados significativos entre el tipo de proteína y los parámetros $L^*a^*b^*$. Respecto al color de la miga se observó un aumento de la luminosidad con un contenido de proteínas de origen animal mayor, el parámetro a^* aumentó con la proteína de guisante y el parámetro b^* se incrementó con la proteína de huevo.

Abstract

The aim of this study is to analyse the effect of whey, egg and pea protein on the properties of gluten-free layer biscuits made from rice flour. The flour was replaced with 45% protein mixtures. Hydration properties of the flour-protein mixture, density, viscosity, pH and dough microstructure and cake properties (weight loss, specific volume, texture and color) were analysed. In terms of hydration properties, pea proteins were found to increase water retention capacity, unlike whey or egg proteins. Correlation between viscosity and density was observed, with pea protein having the greatest influence on these parameters. Nevertheless, pH levels didn't change significantly. Concerning the microstructure of the shakes it was observed that whey protein increased the number of bubbles and pea protein reduced it. In the case of biscuit properties, it was observed that whey protein significantly increased the specific volume and weight loss and, as a

consequence, the symmetry index also increased. With respect to texture, there was a significant rise in hardness in samples with high egg protein content. As for crust colour, there were no significant results obtained between the type of protein and the L*a*b* parameters. Regarding crumb colour, luminosity increased with a higher animal protein content, parameter a* grew with pea protein and the parameter b* rose with egg protein.

1 Introducción

La celiaquía es una enfermedad crónica caracterizada por un daño progresivo de la mucosa del intestino delgado que se puede desencadenar por la ingestión de gluten de trigo o proteínas asociadas al gluten en la cebada y centeno (Jonas F. Ludvigsson et al., 2013). Es una de las intolerancias alimentarias más común que afecta a la población (Niewinski, 2008). Actualmente, el único tratamiento para quienes padecen esta enfermedad es llevar una dieta libre de gluten (J. F. Ludvigsson & Green, 2011). Sin embargo, el gluten es una proteína principal que forma la estructura en la harina de trigo y su ausencia conlleva dificultades en el procesamiento de la masa de productos de panadería, ya que es responsable de la interacción proteína-almidón que proporciona propiedades viscoelásticas a la masa (Gan, Galliard, Ellis, Angold, & Vaughan, 1992). Debido a la eliminación del gluten de la formulación, normalmente se obtienen productos con una calidad inferior ya que se ve afectada su textura y además, la sensación en boca al ingerirlos puede ser poco aceptable (Arendt, O'Brien, Schober, Gormley y Gallagher, 2002). Por otro lado, cabe destacar que los productos sin gluten tienen un contenido de proteína inferior a los productos con gluten (Miranda, Lasa, Bustamante, Churruga, & Simon, 2014) y hay que tener en cuenta que el contenido de proteínas y las fuentes de proteínas en los alimentos han despertado la atención en los consumidores en los últimos años, debido a la concienciación por la salud. Las dietas ricas en proteínas cada vez se asocian más al control del peso, la pérdida muscular con el envejecimiento, el control de azúcar en sangre y la presión arterial (Caballero et al., 2012) (Gryson et al., 2014) (Pedersen, Jesudason, & Clifton, 2014) y existe una preocupación por la deficiencia proteínica (Schmidt, 2014). Además, estas publicaciones han provocado el aumento en el reclamo de alimentos enriquecidos con proteínas y se ha producido un incremento del 6 % del consumo de éstos a partir de 2017 (Markets & Markets, 2017).

Por este motivo, la proteína como ingrediente adicional se ha introducido en numerosas categorías de productos (lácteos, dulces, refrescos, panadería y productos deportivos) (Mintel, 2016). Sin embargo, es necesario comprender las propiedades de las proteínas y sus interacciones con el resto de la matriz. Actualmente, se conoce que la interacción de la proteína con el agua influye en la capacidad de hidratación, solubilidad, retención de agua, viscosidad, emulsión y espumado (Chou & Morr, 1979).

Cabe destacar que ya se han llevado a cabo estudios sobre el efecto de la incorporación de proteínas (vegetales y animales) en productos a base de cereales, por ejemplo, en un estudio usando proteína de lentejas como sustitutivo de huevo o leche en pasteles ángel (Jarpa- Parra et al., 2017), o el caso de la utilización de proteína de soja para compensar la función emulgente del huevo (Lin, Tay, Yang, Yang, & Li, 2017). También se han realizado investigaciones acerca de la inclusión de proteínas en productos sin gluten, como es el caso del uso de proteína de soja en bizcochos con almidón (Ronda, Oliete, Gómez, Caballero, & Pando, 2011).

Los bizcochos constituyen un grupo de alimentos con un mercado global en constante crecimiento y suponen una matriz en la que las proteínas se pueden incorporar gracias a su alta aceptabilidad (Wilderjans, Luyts, Brijs, & Delcour, 2013). Esos productos consisten en una emulsión de aceite en agua que cuenta con una fase acuosa continua con ingredientes secos disueltos (Ronda et al., 2011). Para que un bizcocho posea sus propiedades características es necesaria la formación de la emulsión y, para ello, se requiere la aireación de la fase acuosa (Brooker, 1993) y la retención de ese aire incorporado. Estas propiedades son muy importantes a la hora de elaborar estos productos. Teniendo en cuenta estos aspectos, las proteínas del suero de leche poseen muy buenas propiedades funcionales (alta solubilidad, capacidad de formación de espuma, capacidad de unión al agua, propiedades emulsionantes y capacidad de formación de gel (Mulvihill & Fox, 1989). De esta manera, los aislados de proteína de suero se han ido utilizando en productos de panadería, como pasteles (Díaz-Ramírez et al., 2016). En cuanto a las proteínas del huevo además de destacar por su alto valor biológico, también destacan por su papel como mejorante de la textura, acción estabilizante, y su contribución a la retención de agua (Berry et al., 2009), también tienen gran capacidad espumante, emulsificante, gelificante y retenedora de aire (Mine, 1995). Respecto a las proteínas de origen vegetal, ya se ha mencionado que se está llevando a cabo diversos estudios. Además cabe señalar que los guisantes resultan atractivos para la industria alimentaria debido a su alergenicidad baja, valor nutricional (Barac et al., 2010) ya que el guisante se asocia con beneficios para la salud.(Roy, Boye, & Simpson, 2010) . Las globulinas del guisante tienen un contenido elevado en arginina, fenilalanina, leucina e isoleucina, mientras que la fracción de albúmina tiene un contenido elevado en triptófano, lisina y treonina (Swanson, 1990). Por tanto, tiene un perfil de aminoácidos esenciales importante. Un estudio de (Stone, Karalash, Tyler, Warkentin, & Nickerson, 2015) concluyó que la proteína de guisante tenía una funcionalidad favorable para su uso en diferentes tipos de productos alimenticios; sin embargo, las

propiedades organolépticas podrían dar lugar a un desafío significativo en el desarrollo de productos.

Teniendo en cuenta las propiedades de estas proteínas (Suero, huevo, guisante) y los estudios que se han llevado a cabo se puede observar que no hay muchos estudios que además de estudiar la influencia de las proteínas en las propiedades de los productos, estudien las interacciones entre las distintas proteínas en una sola matriz. Por tanto, puede ser una vía de investigación interesante.

2 Objetivo

Este estudio tiene el objetivo de analizar el efecto que produce el enriquecimiento proteico de bizcochos tipo Layer, elaborados con harina de arroz. Para este enriquecimiento se ha utilizado proteínas de origen animal (huevo y suero) y proteína de origen vegetal (guisante). El procedimiento fue el siguiente: Se sustituye un 45 % de la harina de arroz por mezclas de proteínas de suero, huevo y guisante (1/3, 2/3 y 1).

En este proyecto se estudian los siguientes parámetros:

- Propiedades de hidratación de la mezcla de harina con proteína: WHC (capacidad de retención de agua) y WBC (capacidad de fijación de agua).
- Propiedades de la masa en la fase de mezclado antes del horneado: Viscosidad, pH, densidad y distribución de las burbujas en el batido.
- Propiedades del bizcocho: Color, volumen, peso, textura, simetría.

3 Materiales y métodos.

3.1 Materiales.

Los ingredientes que se utilizan en este estudio son: harina de arroz facilitada por harinera la Castellana S.A (Medina del Campo, Valladolid, España), azúcar blanco de la azucarera Iberia. S.L.U, leche entera President Profesional, huevo pasteurizado Ovopak, aceite de girasol (Langosta, Ciudad Real, España), impulsor de comercial de Puratos S.A Sils (Gerona, España) constituido por gasificantes (E 500ii, E 450i), antiapelmazantes (E 170, E 470b) y almidón de maíz.

Las proteínas utilizadas para el enriquecimiento fueron: proteína de suero de la marca Glabia nutritional (Kilkenny, Ireland), proteína de huevo de la marca Egg Powder Specialist S.P.A (Occhiobello, Italia) proteína de guisante de la marca Roquette Nutralys F85F (Lesterm, Francia)

3.2 Métodos

3.2.1 Propiedades de hidratación de la mezcla de harina con proteína.

Para conocer las propiedades de hidratación de la mezcla de harina con proteína se determinó la capacidad de retención de agua (WHC) y la capacidad de fijación de agua (WBC).

La determinación de la capacidad de retención de agua (WHC) se realizó siguiendo el método AACC 56,30-01 (AACC 2010) : en una probeta se depositaron 5 g de cada muestra, se aplicaron ligeros golpes con la base de la probeta encima de una superficie para que la muestra quede lo más compacta posible y, a continuación, se añadieron 100 mL de agua destilada. Al cabo de 24 horas se retiró el agua sobrante y se observó la variación de la altura de la muestra en la probeta. La fórmula que nos permite conocer el valor de WHC es la siguiente.

$$WHC = \frac{\text{agua retenida (g)}}{\text{cantidad de muestra inicial (g)}}$$

Para conocer la capacidad de fijación de agua (WBC) se estudió la cantidad de agua retenida por la muestra bajo la acción de una fuerza centrífuga siguiendo el método AACC 88-04, (AACC 2010). Para ello, en un tubo Falcon se añadieron 5 g de muestra y 25 g de agua destilada y se le aplicó una fuerza centrífuga de 200 rpm durante 10 minutos. El valor de WBC se calcula de la siguiente manera:

$$WBC = \frac{\text{agua retenida (g)}}{\text{cantidad de muestra inicial (g)}}$$

Estos procedimientos se realizaron con cada una de las muestras en 2 repeticiones.

3.2.2 Elaboración de los bizcochos Layer

Para la elaboración de los bizcochos se pesaron los ingredientes que constituyen la formulación base (Tabla 1). En primer lugar, se pesaron los sólidos y luego se añadieron los ingredientes en estado líquido y por último el impulsor. A la formulación base se le aplicó una sustitución del 45 % a la harina de arroz por las distintas proteínas (Suero, huevo y/o guisante) en todas las combinaciones posibles, de tal modo, que la formulación de cada bizcocho posee un enriquecimiento proteico característico (Tabla 2).

Tabla 1. Formulación base de la masa para la elaboración de los bizcochos, medidos en g/100 de mezcla harina-proteína.

Ingredientes	Gramos
Harina de arroz/ mezcla harina-proteína	100
Azúcar	90
Leche	60
Huevo	50
Aceite	30
Impulsor	3

Tabla 2. Formulación de los bizcochos enriquecidos, medidos en g/ 100 g de mezcla

Nombre de la muestra	Harina de arroz (g)	Proteína de suero (g)	Proteína de huevo (g)	Proteína de guisante (g)
1/3 H y 2/3 G	55	0	15	30
1/3 S y 2/3 G	55	15	0	30
1/3 S y 2/3 H	55	15	30	0
1/3 S, 1/3 H y 1/3 G	55	15	15	15
100 G	55	0	0	45
100 H	55	0	45	105
100 S	55	45	0	0
2/3 H y 1/3 G	55	0	30	15
2/3 S y 1/3 G	55	30	0	15
2/3 S y 1/3 H	55	30	15	0

La tabla recoge los bizcochos elaborados nombrados en función de las proporciones de proteínas que incluyen en su formulación. En el nombre de la muestra las letras indican: (S= suero), (H=huevo) y (G= guisante).

Una vez pesados los ingredientes, se procedió al mezclado de éstos. Esta etapa dura 10 minutos y cuenta con 2 fases. En la primera se mezcla en una batidora (kitchen Aid, Josep, Michigan, USA) durante 1 minuto a la velocidad 4 y luego 9 minutos a velocidad 6.

A continuación, se vertieron 185 g de mezcla en moldes recubiertos con aceite y se introdujeron en un horno modular modelo NXE (Salva, Guipúzcoa) durante 25 minutos a 190°C.

Finalmente, los moldes se retiraron del horno y se dejaron enfriar 1 minuto para proceder a su desmoldado. Al cabo de una hora de enfriamiento, los bizcochos se introdujeron en bolsas herméticas identificadas con la muestra y la fecha y se

almacenaron en cámaras a temperatura ambiente para proceder a un primer estudio de sus propiedades al cabo de 24 horas (Color, volumen, peso, textura, simetría y aspectos visuales), y un estudio de la textura tras 7 días de almacenamiento.

3.2.3 Medición de la Viscosidad de la mezcla

Para llevar a cabo la medición de la viscosidad de la masa tras el mezclado se aplicó el método AACC 61-02.01 (AACC, 2010) utilizando un RVA (Newport Scientific Pty. Ltd., Warriewood, Australia). Se vertieron 25 g del batido en un recipiente de aluminio y se introdujeron en el equipo de RVA. Se midió la viscosidad de la muestra en unas condiciones de 30°C a una velocidad constante de 160 rpm durante 4 minutos.

3.2.4 Medición del pH

Se midió el pH de la masa tras el batido con un pH metro (Crison Hach Lange. S.L.U., Barcelona) en 2 repeticiones para todas las muestras.

3.2.5 Medición de la densidad

La medida de la densidad se hizo acorde al método AACC55-50.01 (AACC,2010) para cada una de las muestras en duplicado. Para ello se utiliza un picnómetro aforado de acero inoxidable (elcometer) de 100 cm³. El cálculo del valor de la densidad se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$Densidad = \frac{masa\ del\ batido}{volumen\ del\ picnómetro}$$

3.2.6 Distribución de las burbujas en el batido: Microestructura

La determinación de la distribución de las burbujas se realiza utilizando un microscopio electrónico DM750 (Leica Microsystems, wetzlar, Alemania) que incorpora una cámara EC3 (Leica Microsystem, Wetzlar, Alemania), mediante un software LAS EA (Leiza Microsystem, Wetzlar, Alemania). Para llevar a cabo esta medición en un cubreobjetos se vertió muy una gota de cada muestra. Luego se obtiene una microfotografía con un aumento de 20. Este procedimiento se realizó por duplicado para cada muestra.

3.2.7 Propiedades de los bizcochos: Volumen, peso, textura, color, simetría.

Estas propiedades se midieron al cabo de 24 h y nuevamente solo la textura, al cabo de una semana. Se realizaron 2 ensayos para todas las muestras

3.2.8 Medición del volumen

El volumen se determinó mediante el método AACC 55-50.01 (AACC 2010) por duplicado para 2 bizcochos, utilizando un equipo medidor de volumen Volscan Profiler

(Stable Micro Systems, UK), el cual dispone de un vástago en el que se coloca el bizcocho y gira sobre su eje 360°. La medición se realiza mediante un sensor láser.

3.2.9 Pérdida de peso

La determinación de la variación del peso se realiza utilizando una balanza Sartorius TE 6101 (AG GERMANY), aplicando la siguiente expresión matemática:

$$\text{Pérdida de peso (\%)} = \frac{\text{Peso del batido (día elaboración)} - \text{Peso del bizcocho (día 1)}}{\text{Peso del batido (día elaboración)}} \times 100$$

3.2.10 Volumen específico

A partir de los datos de volumen y peso se obtuvo el volumen específico dividiendo el volumen del bizcocho entre su peso (Rahmati & Tehrani, 2015)

3.2.11 Medición de la textura del bizcocho

La textura se determinó siguiendo el método AACC, 74-10,02 (AACC,2010) utilizando un texturómetro modelo TA-XT2 (Stable Micro Systems, UK), con una sonda de aluminio P/25s, de 25 mm de diámetro y un área de contacto de 490,87 mm². Esta determinación se realizó al día siguiente de la elaboración y al cabo de 1. Cada muestra se somete a un ciclo de compresión con una velocidad de 5 mm/s y una penetración de 10 mm en la muestra. Las características analizadas son: Dureza, elasticidad, cohesividad, gomosidad, masticabilidad y resiliencia. Con los datos obtenidos se calculó la variación de la dureza en una semana, utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Variación dureza} = \frac{\text{Dureza día 7} - \text{Dureza día 1}}{\text{Dureza día 1}}$$

3.2.12 Medición del color del bizcocho

Para medir el color se siguió el método AACC, 14-22,01 (AACC, 2010) en 2 repeticiones y se utilizó un colorímetro modelo CN 508i (Minolta, Japón). Se realizaron mediciones del color de la corteza de 4 bizcochos y el color de la miga de 4 rebanadas centrales, utilizando un iluminante estándar D65 y un observador estándar 2° en el espacio de color CIE L*a*b, de tal manera que se determinaron los siguientes parámetros: la luminosidad (L*), a* (eje rojo-verde) y b* (eje amarillo-azul) (coordenados cromáticas).

3.2.13 Simetría del bizcocho

El método AACC 10-91.01 (AACC, 2010) permite determinar el índice de simetría. En este procedimiento se midió la altura de la rebanada del bizcocho en 5 puntos distintos (Figura 1) con un calibre digital (Powerfix, profi+, Neckarsulm, Alemania). Para la determinación del índice de simetría se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{Indice de simetría (mm)} = 2C - B - D$$

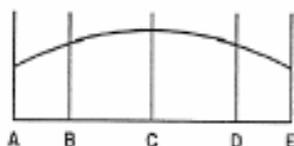


Figura 1. Puntos de medida de simetría y uniformidad

3.2.14 Análisis estadístico

Los resultados obtenidos fueron evaluados mediante un diseño de mezclas ajustado a un modelo cuadrático para determinar la relación entre la cantidad de proteína y los distintos parámetros analizados, observando si la relación entre ellos es significativa. Por otro lado, también se realizó la evaluación de los resultados mediante un análisis de varianza (ANOVA simple). Para el análisis estadístico se utilizó el software Statgraphics Centurion XVI.

4 Resultados y discusión

4.1 Propiedades de hidratación

En cuanto a las propiedades de hidratación de la mezcla de harina de arroz con las proteínas, los resultados del ajuste al modelo aparecen en la tabla 3

Tabla 3. Resultados del ajuste al modelo cuadrático de las propiedades de hidratación de la mezcla de harina de arroz y proteínas.

Parámetro	A: Suero	B: Huevo	C: Guisante	AB	AC	BC	R ² ajustada
WBC	0,36	0,50	1,64	-0,01	-0,03	-0,61	91,48
WHC	1,28	1,91	2,75	2,54	-0,06	-0,44	55,66

De los resultados obtenidos para la capacidad de fijación de agua (WBC) y la capacidad de retención de agua (WHC) se puede observar que hay una relación entre la cantidad de proteína de guisante y dichos parámetros (figuras 2 y 3). Ya que cuando la cantidad de proteína de guisante es mayor se produce un aumento de ambos parámetros. No obstante, en este estudio se ha podido determinar una relación significativa entre la cantidad de proteína de guisante y la capacidad de fijación de agua con un R² ajustada del 91,48% pero en el caso de WHC no se produce un ajuste idóneo de los resultados al modelo cuadrático ya que R² ajustada es de 55,66%. Esto puede ser debido a que esta medición tiene más probabilidad de verse afectada por errores de precisión en el momento de su realización (pérdida de muestra al retirar el sobrenadante). Aunque esta

relación coincide con estudios (Mancebo, Rodriguez, & Gómez, 2016) en los que se observó que las proteínas de origen vegetal aumentaron la capacidad de retención de agua (WBC) de las mezclas. Este aumento produjo la disminución de la cantidad de agua libre en el medio, conduciendo a un aumento de la viscosidad. En cuanto a las proteínas de origen animal se observa que reducen el WBC. (Sarabhai & Prabhasankar, 2015). Esto es debido a que las proteínas vegetales están constituidas por componentes hidrófilos-hidrófobos con cadenas laterales polares que mejoran la capacidad de absorción de agua (Hodge & Osman, 1976).

La ecuación del modelo cuadrático ajustado para WBC sería:

$$\begin{aligned}
 WBC = & 0,36 * \text{Suero (g)} + 0,50 * \text{Huevo(g)} + 1,64 * \text{Guisante(g)} - 0,01 * \text{Suero(g)} \\
 & * \text{Huevo(g)} - 0,03 * \text{Suero(g)} * \text{Guisante(g)} - 0,61 * \text{Huevo(g)} \\
 & * \text{Guisante(g)}
 \end{aligned}$$

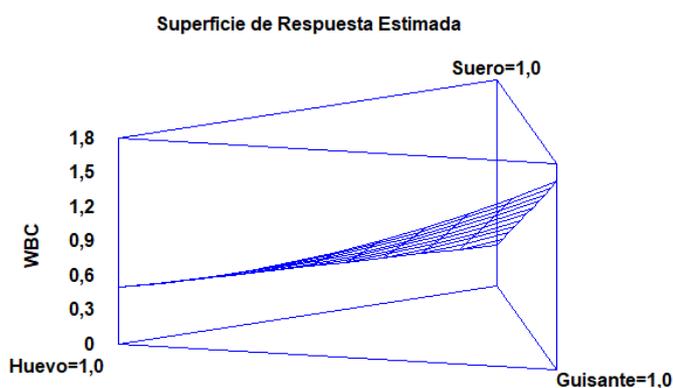


Figura 2. Gráfica de superficie de respuesta estimada para WBC.

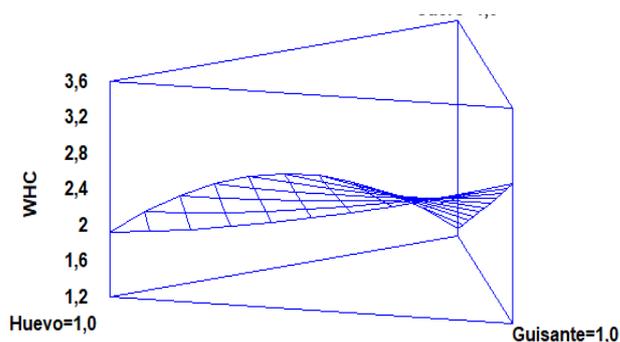


Figura3. Gráfica de superficie de respuesta estimada para WHC.

Los resultados de las propiedades de hidratación de la mezcla de harina de arroz con las proteínas de suero, huevo y guisante se recogen en la Tabla 4.

Tabla 4. Resultados de las propiedades de hidratación de la mezcla harina-proteína

	WHC(ga/gp)	WBC (ga/gp)
CONTROL	1,96abcd ± 0,06	1,28d ± 0,01
1/3H y 2/3G	2,33cde ± 0,07	0,1bc ± 0,34
1/3S y 2/3G	2,21bcde ± 0,04	1,19cd ± 0,033
1/3S y 2/3H	2,70de ± 0,78	0,45a ± 0,11
1/3S 1/3H y 1/3G	2,34cde ± 0,70	0,80b ± 0,02
100G	2,78e ± 0,12	1,70e ± 0,03
100H	1,78abc ± 0,31	0,45a ± 0,45
100S	1,45a ± 0,15	0,36a ± 0,01
2/3H y 1/3G	2,07abcde ± 0,03	0,85b ± 0,01
2/3S y 1/3G	1,74abc ± 0,05	0,79b ± 0,01
2/3S y 1/3H	1,57ab ± 0,071	0,38a ± 0,026

Los datos se expresan como medias ± desviación estándar de ensayos duplicados. Los números que aparecen en la columna del nombre de la muestra indican la proporción de proteína añadida (S: suero, H:huevo, G:guisante). Los valores con la misma letra en la misma columna no presentan diferencias significativas ($p < 0.05$)

De los resultados obtenidos, en general, se puede apreciar que WHC y WBC aumentaron en los bizcochos cuyo contenido de proteína de guisante era mayor, una tendencia que coincide con un estudio de (Marcoa & Rosell, 2008).

En relación con la capacidad de retención de agua (WHC), la muestra con un 100% de proteína de guisante (100G) presenta diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) con la muestra control.

Las muestras con proteína de suero y de huevo no presentan diferencias estadísticamente significativas con la muestra control, siendo la proteína de suero la que menos capacidad de retención de agua proporciona.

De todas las muestras la que menos diferencias significativas presenta respecto a la muestra control es la de 2/3H y 1/3G.

Respecto a WBC, se puede observar que todas las muestras presentan diferencias significativas con la muestra control, a excepción de la muestra con 1/3S y 2/3G.

4.2 Microscopía

Tras la observación de la microestructura de los batidos se puede observar una variación en el número de burbujas y el tamaño de estas en función del tipo de proteína y su proporción en la formulación. La figura 4 recopila la microestructura de todas las muestras y en ella se puede apreciar que la presencia de proteína de suero da lugar a un mayor número de burbujas, incluso algunas burbujas de mayor tamaño. Por otro lado, se observó que las muestras con un alto contenido de proteína de suero presentan burbujas con una película de aceite mayor a su alrededor, lo que les confiere mayor estabilidad.

Esto es debido a la relación que existe entre la densidad de la masa y la cantidad de aire incorporado en la mezcla durante el proceso de mezclado (Fox, Smith, & Sahi, 2004). De acuerdo con los resultados obtenidos para la densidad observa que la proteína de suero disminuye debido a una mayor cantidad de aire atrapado durante el mezclado, por lo que el número de burbujas es mayor.

La proteína de huevo dio lugar a una microestructura con un mayor número de burbujas pequeñas, esto es debido a su buena capacidad espumante (Richert, 1979).

Respecto a las formulaciones con proteína de guisante se puede observar que a mayor cantidad de esta el número de burbujas disminuye. Esto es debido a que las proteínas de origen vegetal dan lugar a burbujas rodeadas de una capa de aceite de menor tamaño y, como consecuencia de ello, las burbujas que se forman tienden a romperse por fenómenos de coalescencia, algo que suele ocurrir en matrices alimentarias con proteínas de origen vegetal (Richert, 1979).

Respecto a la muestra control se observa que su microestructura no contiene un número muy elevado de burbujas y que, en general, el tamaño de las burbujas es homogéneo. Comparando la microestructura del resto de bizcochos se puede decir que la muestra

“1/3 S 1/3H y 1/3G” presenta una microestructura similar

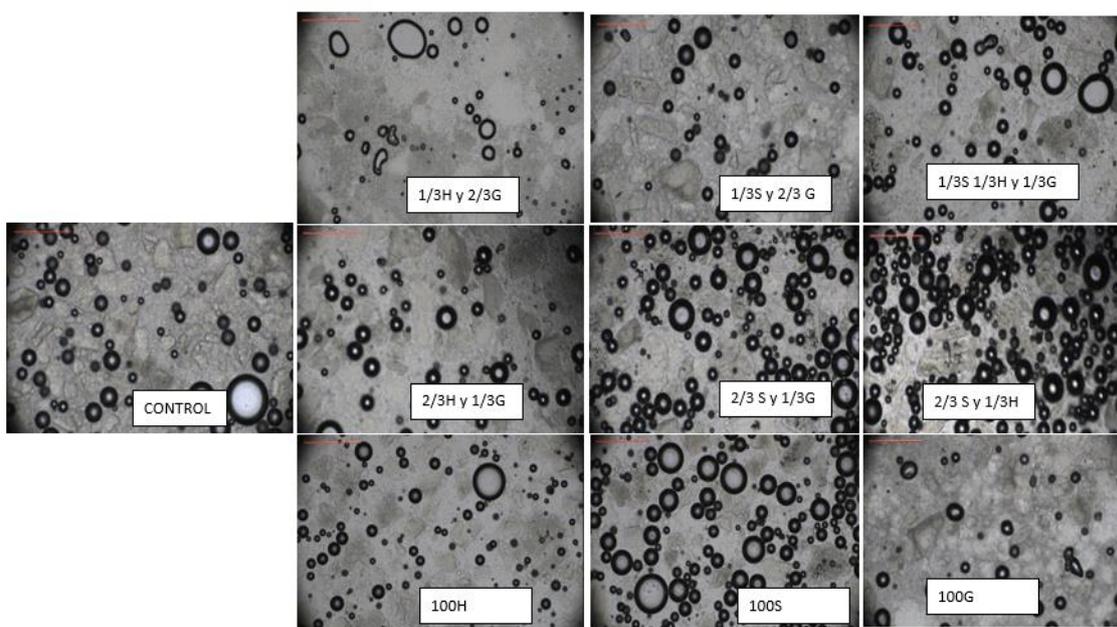


Figura 4. Estructura microscópica de los batidos de las muestras.

4.3 Características de los batidos y los bizcochos

Los resultados obtenidos para las propiedades de los batidos (viscosidad, densidad y pH) y de los bizcochos (volumen específico, la pérdida de peso, el índice de simetría) se han ajustado al modelo cuadrático (Tabla 5.).

Tabla 5. Características de los batidos y de los bizcochos: Volumen específico, pérdida de peso, viscosidad, densidad, índice de simetría y pH.

Parámetro	A:suero	B:Huevo	C:Guisante	AB	AC	BC	R ² ajustada
Viscosidad (10 ⁻³ Pa s)	4359,17	3442,31	10472,5	-1940,47	-10668,5	-8868,86	85,43
Densidad (g/ml)	0,45	0,91	1,07	1,12	0,50	-0,22	91,94
pH	7,20	7,27	7,75	-0,23	-0,96	-0,36	60,36
Volumen específico (ml/g)	4,61	2,38	1,88	-3,50	-2,07	0,52	97,57
Pérdida de peso (g/100)	16,16	8,70	9,60	-15,82	-5,24	0,18	88,33
Índice de simetría	-1,90	8,74	13,70	71,47	3,50	11,86	48,32

Los números destacados en negrita expresan interacciones que presentan una relación significativa (p -valor < 0.05)

En referencia a los batidos, los resultados obtenidos para la viscosidad y a la densidad informan de una relación significativa directa entre la cantidad de proteína de guisante

y estos dos parámetros, de tal manera que la viscosidad y la densidad aumentan cuando hay más cantidad de proteína de guisante (Figura 5) (Figura 6).

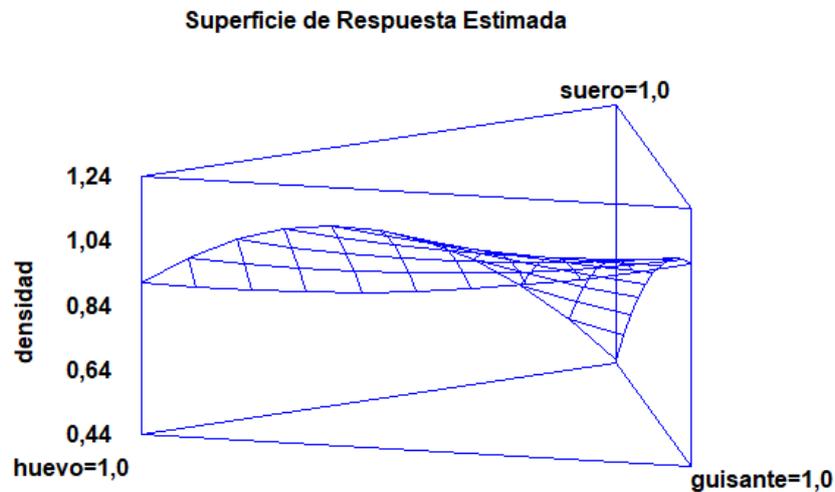


Figura 5. Gráfica de superficie de respuesta estimada para la densidad

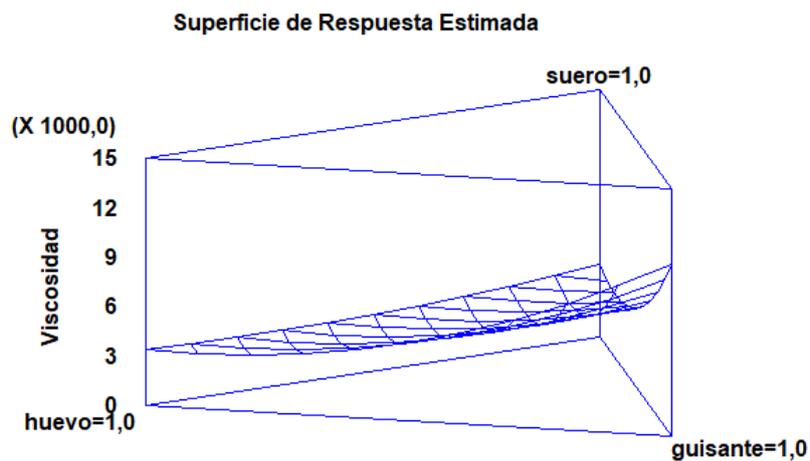


Figura 6. Gráfica de superficie de respuesta estimada para la viscosidad

Las ecuaciones del modelo cuadrático ajustado para la viscosidad y la densidad serían:

$$\text{Viscosidad (10-3 Pa s)} = 4359,17 \cdot \text{suero (g)} + 3442,31 \cdot \text{huevo (g)} + 10472,5 \cdot \text{guisante (g)} - 10668,5 \cdot \text{suero} \cdot \text{guisante (g)} - 8868,86 \cdot \text{huevo} \cdot \text{guisante (g)}$$

$$\text{Densidad (g/ml)} = 0,449943 \cdot \text{suero (g)} + 0,912593 \cdot \text{huevo (g)} + 1,06849 \cdot \text{guisante (g)} + 1,12317 \cdot \text{suero} \cdot \text{huevo (g)} + 0,485969 \cdot \text{suero} \cdot \text{guisante (g)}$$

En cuanto al pH se puede observar que no existe una relación significativa (R^2 ajustada= 60,36) entre el tipo de proteína y dicho parámetro.

Respecto a las propiedades de los batidos de las distintas muestras, los resultados de las propiedades de los batidos de las muestras aparecen en la tabla 6.

Tabla 6. Resultados de las propiedades del batido de las distintas muestras.

	Viscosidad	pH	Densidad
CONTROL	2114,0a ± 28,28	7,615cd ± 0.092	1,0055f ± 0,02
1/3H y 2/3G	6420,5d ± 816,71	7,55bcd ± 0,09	0,9787ef ± 0,09
1/3S y 2/3G	5897,5cd ± 550,84	7,40abcd ± 0,18	1,0264f ± 0,07
1/3S y 2/3H	3428,5ab ± 81,32	7,18a ± 0,06	1,015f ± 0,01
1/3S 1/3H y 1/3G	4208,5abcd ± 84,15	7,255ab ± 0,32	1,0150f ± 0,01
100G	10476,0 6e ± 3517,15	7,725d ± 0,21	1,0455f ± 0,00
100H	3985,0abc ± 123,04	7,29ab ± 0,01	0,9229de ± 0,04
100S	4485,0abcd ± 9,89	7,21a ± 0,092	0,488a ± 0,026
2/3H y 1/3G	4125,0abcd ± 98,99	7,3abc ± 0,2	0,8763cd ± 0,05
2/3S y 1/3G	4622,0bcd ± 74,95	7,105a ± 0,11	0,6825b ± 0,05
2/3S y 1/3H	4418,5abcd ± 51,62	7,17a ± 0,04	0,82c ± 0,06

Los datos se expresan como medias ± desviación estándar de ensayos duplicados. Los números que aparecen en la columna del nombre de la muestra indican la proporción de proteína añadida (S: suero, H:huevo, G:guisante). Los valores con la misma letra en la misma columna no presentan diferencias significativas ($p < 0.05$)

En relación con la viscosidad, se puede observar que, tal y como se ha mencionado anteriormente, los batidos con proteína de guisante son los que más aumento de su viscosidad han sufrido, siendo la muestra 100G la única que presenta diferencias significativas con todas las muestras. También se observa que las muestras “2/3S y 1/3G”, “1/3S y 2/3G” y “1/3H y 2/3G” presentan diferencias significativas con la muestra control.

Respecto al PH, se puede observar que las muestras que tienen un contenido de proteína de guisante por encima de 1/3 no presentan diferencias significativas respecto a la muestra control y que cuando aumenta el contenido de proteínas de origen animal sí presentan diferencias significativas con la muestra control.

En lo referido a la densidad, se puede observar que a medida que aumenta la proteína de guisante la densidad es mayor, presentando valores ligeramente superiores a los de la muestra control, aunque no presentan diferencias significativas ($p < 0.05$). En el caso de las muestras con proteína de suero, se observa que aquellas muestras que tienen un contenido superior a 1/3 reducen notablemente la densidad, presentando diferencias

significativas respecto a la muestra control. En el caso, de la proteína de huevo se puede observar que cuando el contenido en la matriz es superior a 1/3 presenta diferencias significativas con la muestra control, además apenas ha influido en los valores.

Los resultados obtenidos para el volumen específico proporcionan la información de que existe una relación significativa entre la cantidad de proteína de suero y el volumen específico, ya que cuanto mayor es la cantidad de esta proteína en la formulación, el bizcocho tiene un mayor valor de este parámetro. Esta relación se ve representada en la Figura 7, y puede ser debida a la alta capacidad emulsionante de la proteína de suero (Ziobro, Witczak, Juszczak, & Korus, 2013) y su gran capacidad para retener aire tanto en el batido y en el horneado (Yang & Foegeding, 2010).

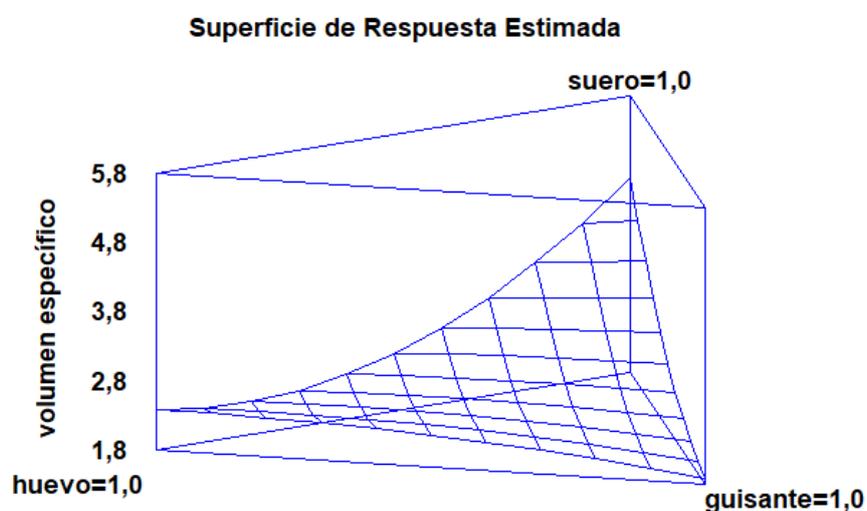


Figura 7. Gráfica de superficie de respuesta estimada para el volumen específico.

La ecuación del modelo cuadrático ajustado para el volumen específico sería:

$$\text{volumen específico (ml/g)} = 4,61 \cdot \text{suero (g)} + 2,38 \cdot \text{huevo (g)} + 1,88 \cdot \text{guisante (g)} - 3,47 \cdot \text{suero} \cdot \text{huevo (g)} - 2,08 \cdot \text{suero} \cdot \text{guisante (g)}$$

Por otro lado, se puede observar que cuanto más proteína de suero esté presente en la matriz, la pérdida de peso del bizcocho es mayor, siendo la proteína de huevo la que menos pérdida de peso produce, tal y como se puede observar en la figura 8. Estos resultados coinciden con otros estudios que observaron una correlación positiva entre la pérdida de peso y el volumen específico (de la Hera, Martínez, Oliete, & Gómez, 2013), debido a una mayor superficie de contacto con el aire. (Sumnu, Sahin, & Sahin, 2008).

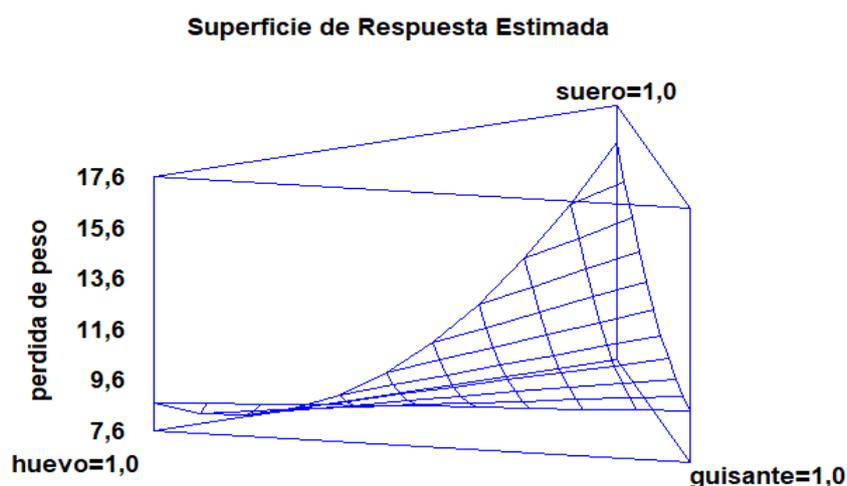


Figura 8. Gráfica de superficie de respuesta estimada para la pérdida de peso

La ecuación del modelo cuadrático ajustado para la pérdida de peso sería:

$$\text{Pérdida de peso (g/100g)} = 16,16 \cdot \text{Suero (g)} + 8,68 \cdot \text{Huevo (g)} + 9,60 \cdot \text{Guisante (g)} - 15,82 \cdot \text{Suero} \cdot \text{Huevo (g)}$$

El índice de simetría informa del contorno de la superficie, de modo que valores altos indican de una altura mayor en el centro que en los lados (Rahmati & Tehrani, 2015). Los resultados informan de que la proteína de guisante es la que proporciona un índice de simetría mayor y la de suero la que menos índice de simetría aporta. En cuanto a la combinación de proteínas, la combinación de proteína de suero con proteína de huevo es la que más ha influido significativamente en el índice de simetría.

4.4 Textura

En el análisis de la textura se han tenido en cuenta las siguientes propiedades: dureza, elasticidad, cohesividad, y la resiliencia. (Tabla 7)

Tabla 7. Propiedades de textura de los bizcochos.

Parámetro	A: Suero	B: Huevo	C: Guisante	AB	AC	BC	R ² ajustada
Dureza (N)	4,12	64,22	15,39	42,95	16,44	13,39	96,23
Dureza a los 7 días (N)	8,32	65,77	26,27	60,37	51,02	42,28	87,60
Elasticidad	0,88	0,93	0,88	0,25	0,30	0,11	50,81
Cohesividad	0,67	0,74	0,43	0,09	0,18	0,55	95,50
Resiliencia	0,27	0,34	0,17	0,08	0,12	0,41	91,33

Los números destacados en negrita expresan interacciones que presentan una relación significativa (p -valor < 0.05).

Se puede observar que, en general, la proteína de huevo es la que más aumento produce en las propiedades de textura. Esto puede ser debido a que durante el horneado tiene lugar la coagulación de la albúmina del huevo, aumentando la consistencia de la estructura del bizcocho (Wilderjans et al., 2013)

En segundo lugar, se encuentra de la de guisante y en último lugar la de suero, que es la que menos ha influido en estas propiedades. Aunque en el caso de la cohesividad y la resiliencia, tiene más influencia la proteína de suero que la de guisante (Figura 9).

De las propiedades de textura, la dureza es la que más se relaciona con la calidad del producto.

De los resultados obtenidos se puede observar que existe una relación significativa entre la cantidad de proteína de huevo y la dureza ya que a mayor cantidad de ésta el valor de la dureza aumenta. En cuanto al resto de proteínas, aunque la de guisante da lugar a un aumento de la dureza algo mayor del que produce la proteína de suero, las dos producen un aumento mucho más bajo que el que tiene lugar cuando el contenido de proteína de huevo es mayor (Figura 9). Sin embargo, en cuanto a la relación entre el tipo de proteína y la dureza se puede observar que la combinación de proteína de huevo con proteína de suero es la que da lugar a un mayor aumento de la dureza, a pesar de que esta última por separado es la que menos influye.

La ecuación del modelo cuadrático ajustado para la dureza sería:

$$\text{Dureza} = 4,12207 \cdot \text{Suero (g)} + 64,2224 \cdot \text{Huevo (g)} + 15,3899 \cdot \text{Guisante (g)} + 42,948 \cdot \text{Suero} \cdot \text{Huevo (g)}$$

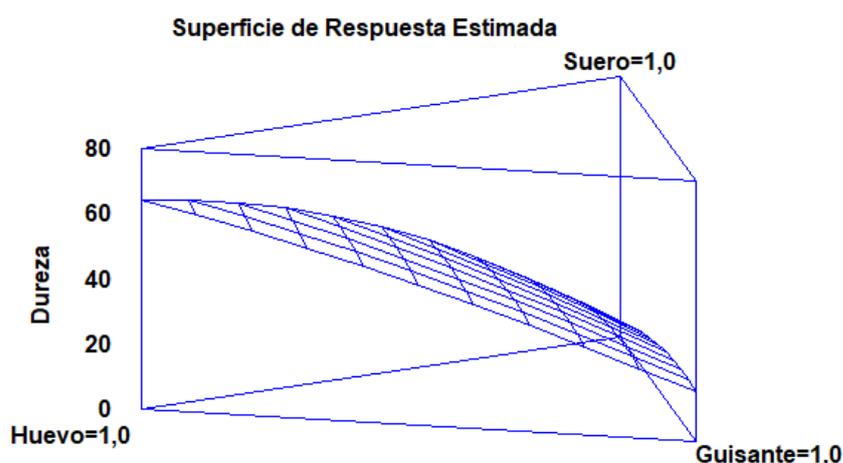


Figura 9. Gráfica de superficie de respuesta estimada para la dureza.

En cuanto a la evolución de la dureza, tras su medición al cabo de 7 días se ha podido observar un aumento drástico en el caso de los bizcochos con proteína de suero y

proteína de guisante. Aunque sigue siendo la proteína de huevo la que mayores valores de dureza proporciona (figura 10).

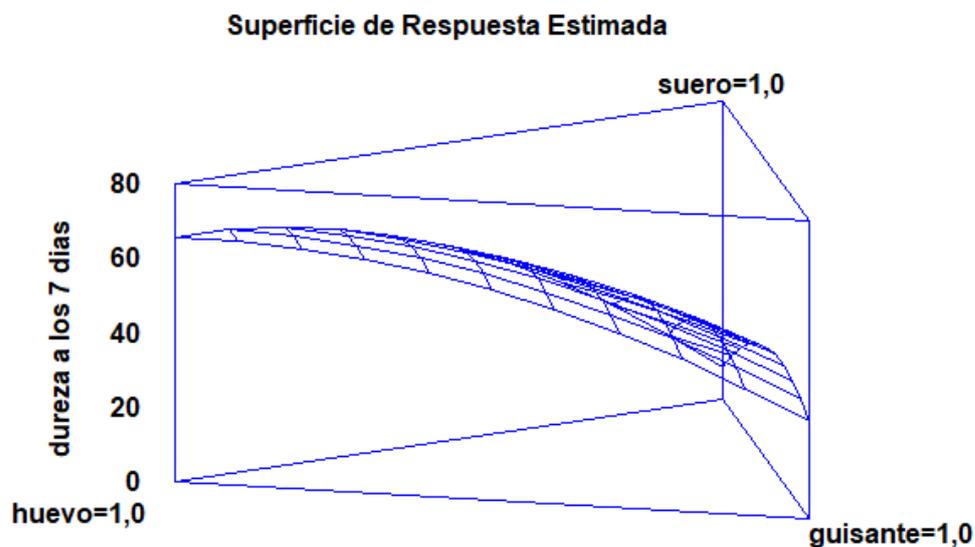


Figura 10. Gráfica de superficie de respuesta estimada para la dureza

Los resultados de las propiedades de los bizcochos se recopilan en la tabla 8

Tabla 8. Propiedades de los bizcochos

	Dureza (N)	Volumen específico (ml/g)	Índice de simetría
CONTROL	6,26a ± 0,84	2,22b ± 0,07	15,68bc ± 3,59
1/3H y 2/3G	32,55c ± 1,46	2,2b ± 0,05	17,29c ± 3,28
1/3S y 2/3G	15,38b ± 0,58	2,30b ± 0,01	12,66abc ± 9,83
1/3S y 2/3H	58,143f ± 1,07	2,40b ± 0,08	13,80bc ± 7,34
1/3S 1/3H y 1/3G	38,57d ± 2,26	2,41b ± 0,009	16,63bc ± 17,15
100G	16,06b ± 1,65	1,88a ± 0,01	11,71abc ± 1,08
100H	62,48f ± 0,311	2,38b ± 0,04	12,06abc ± 3,52
100S	6,48a ± 0,14	4,62d ± 0,36	-3,15a ± 6,52
2/3H y 1/3G	51,73e ± 3,59	2,28b ± 0,01	10,36abc ± 4,62
2/3S y 1/3G	10,16a ± 0,88	3,26c ± 0,01	0,63ab ± 0,83
2/3S y 1/3H	28,01c ± 5,84	3,05c ± 0,21	24,74c ± 6,38

Los datos se expresan como medias ± desviación estándar de ensayos duplicados. Los números que aparecen en la columna del nombre de la muestra indican la proporción de proteína añadida. Los valores con la misma letra en la misma columna no presentan diferencias significativas ($p < 0.05$).

Respecto a los resultados de la dureza se observa que la muestra control presenta diferencias significativas con todos los bizcochos a excepción de las muestras "100S",

“2/3S y 1/3G” y “1/3S y 2/3G” ya que como se ha mencionado anteriormente la proteína de suero y la de guisante no aumentan la dureza tanto como lo hace la proteína de huevo.

En relación con los resultados obtenidos para el volumen específico se observan diferencias significativas respecto a la muestra control en las siguientes muestras: “100G”, “2/3S y 1/3H”, “2/3S y 1/3G” y “100S”. También cabe destacar que los bizcochos con un mayor contenido en proteína de guisante (100G) y en proteína de suero (100S) presentan diferencias estadísticamente significativas con el resto de los bizcochos. Siendo la proteína de suero la que más aumenta este parámetro y la de guisante la que más lo reduce, tal y como se ha mencionado anteriormente.

Atendiendo a los resultados de la simetría de los bizcochos se observa que los bizcochos con un contenido máximo en proteína de suero (100S) son los únicos que tienen diferencias estadísticamente significativas con la muestra control. Esto es debido a que, al producir un aumento drástico del volumen específico, estos bizcochos no presentan un aumento característico de la altura en la parte central de la superficie

Estos resultados se pueden comprobar con la rebanada central de los bizcochos (Figura 11) en los cuales se puede observar variaciones en el alveolado, el cual mantiene mucha relación con los distintos parámetros. A medida que se observó un alveolado más fino se pudo observar un aumento en la dureza. Sin embargo, en los casos en los que el contenido en proteína de suero es mayor se pudo observar un alveolado mayor y una disminución en la dureza. Esto puede ser debido a la incorporación de aire que le confiere mayor gomosidad.

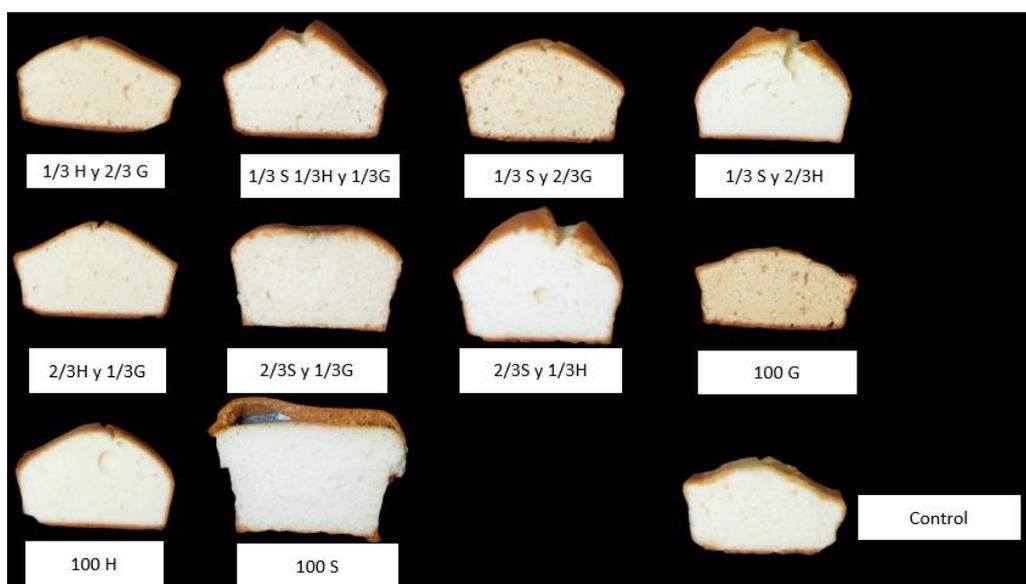


Figura 11. Rebanadas de los bizcochos

4.5 Color de la corteza

Los resultados del color de la corteza de los bizcochos se recogen en la tabla 9.

Tabla 9. Parámetros del color de los bizcochos.

Parámetro	A: Suero	B: Huevo	C: Guisante	AB	AC	BC	R ² ajustada
L* (Luminosidad)	52,56	45,42	51,32	-2,73	-3,64	10,44	28,60
a*	10,63	9,18	11,46	-12,41	3,70	5,92	27,16
b*	14,11	15,17	17,10	-0,52	7,45	2,85	20,60

Se puede observar que los valores de los parámetros del color no se ajustan al modelo cuadrático, aunque si nos da una ligera idea del efecto que producen las proteínas en el color de la corteza. Se observa que no hay una tendencia clara entre el tipo de proteína y la luminosidad, ya que a pesar de que la proteína de suero y la proteína de huevo son de origen animal, la proteína de suero produce un aumento de L* mientras que la proteína de huevo lo reduce. En cuanto al parámetro a*, los resultados no varían mucho en función del tipo de proteína. Con respecto al parámetro b*, se produce un aumento con la proteína de guisante.

4.6 Color de la miga

Los resultados del color de la miga de los bizcochos se recogen en la tabla 10

Tabla 10. Parámetros del color de la miga

Parámetro	A: Suero	B: Huevo	C: Guisante	AB	AC	BC	R ² ajustada
L* (Luminosidad)	82,59	88,63	69,31	-1,36	-10,48	-3,87	77,54
a*	-0,80	-2,10	3,67	0,33	0,06	2,48	96,1
b*	9,66	18,26	17,80	7,50	6,60	3,27	90,11

Respecto a la luminosidad (Figura 12) se puede observar que se produce su aumento cuando la cantidad de proteínas de origen animal aumenta, siendo la proteína de huevo la que da lugar a un mayor valor de este parámetro. En cuanto a la proteína de guisante el efecto que produce en la luminosidad no es tan notable como en el caso de las proteínas de origen animal. En cuanto a las interacciones entre los tipos de proteínas y

el efecto que producen en la luminosidad, los casos en los que está presente la proteína de guisante la luminosidad sufre una reducción importante. Respecto al parámetro a^* (verde-rojo), se produce un incremento cuando el contenido de proteína de guisante es mayor y en relación al parámetro b^* la proteína de huevo es la que más lo incrementa (Figura13) y (Figura 14).

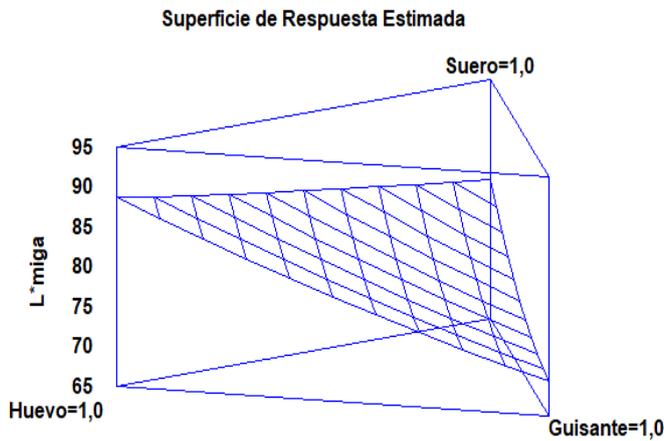


Figura 12. Gráfica de superficie de respuesta estimada para L^*

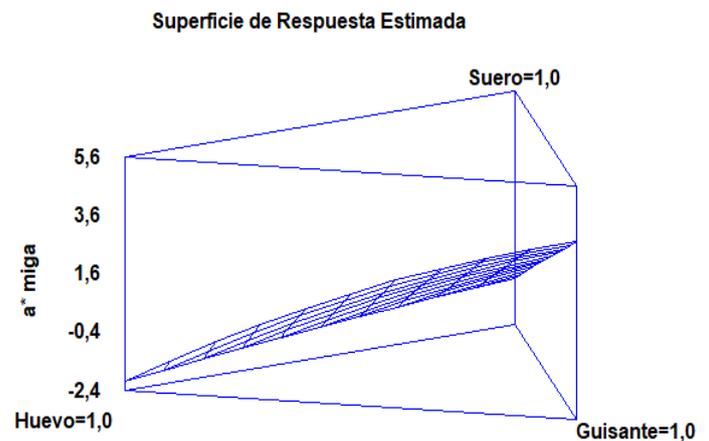


Figura 13. Gráfica de superficie de respuesta estimada para a^*

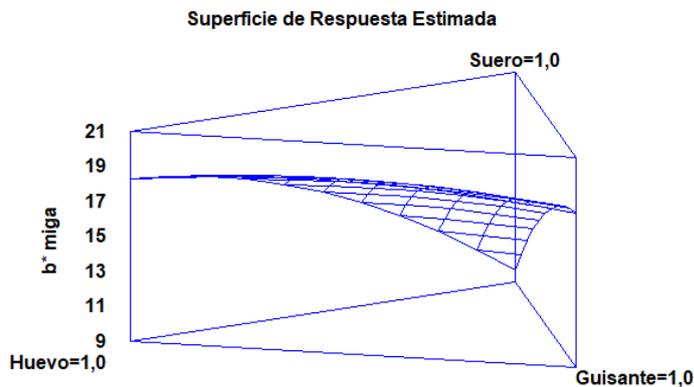


Figura 14. Gráfica de superficie de respuesta estimada para b^*

Los valores de los parámetros del color de la corteza y de la miga de las distintas muestras de los bizcochos se recogen en la Tabla 11.

Tabla 11: Resultados color de la corteza de los bizcochos

	L* Corteza	a* Corteza	b* Corteza	L* Miga	a* Miga	b* Miga
CONTROL	62,22d ± 1,77	2,60a ± 0,94	15,34ab ± 1,28	79,03bc ± 1,38	-0,68b ± 0,01	13,675b ± 0,03
1/3H y 2/3G	48,20abc ± 5,53	9,54bc ± 2,48	15,3625ab ± 0,05	74,25ab ± 3,69	2,32d ± 0,16	18,68c ± 1,52
1/3S y 2/3G	50,68bc ± 2,63	12,69cd ± 1,36	18,50ab ± 1,61	69,80a ± 1,91	2,46d ± 0,23	16,827c ± 1,24
1/3S y 2/3H	43,57a ± 2,30	11,42cd ± 3,33	14,4279ab ± 0,03	88,44d ± 3,35	-1,88a ± 0,33	17,12c ± 0,47
1/3S 1/3H y 1/3G	48,70abc ± 2,99	8,39bc ± 2,22	13,73a ± 0,32	78,69bc ± 1,23	0,66c ± 0,27	17,32c ± 0,06
100G	52,55c ± 2,28	12,06cd ± 2,08	17,44ab ± 4,53	70,06a ± 5,92	3,581e ± 0,39	17,708c ± 1,61
100H	45,22ab ± 1,62	6,57ab ± 0,02	14,22ab ± 2,01	87,75d ± 4,32	-1,99a ± 0,56	18,62c3 ± 2,01
100S	50,77bc ± 1,12	11,78cd ± 0,87	13,32a ± 0,16	82,85cd ± 2,32	-0,78b ± 0,33	9,83a ± 0,62
2/3H y 1/3G	53,93c ± 2,73	14,59d ± 0,06	19,59b ± 4,95	81,84cd ± 4,94	0,314c ± 0,41	18,76c ± 1,797
2/3S y 1/3G	52,34c ± 1,82	11,91cd ± 3,74	17,44ab ± 3,58	77,31bc ± 0,438	0,41c ± 0,053	13,49b ± 0,624
2/3S y 1/3H	53,95c ± 1,42	3,75a ± 0,27	16,04ab ± 0,55	82,05cd ± 0,46	-0,92b ± 0,134	14,058b ± 1,01

Los datos se expresan como medias ± desviación estándar de ensayos duplicados. Los números que aparecen en la columna del nombre de la muestra indican la proporción de proteína añadida (S: suero, H:huevo, G:guisante). Los valores con la misma letra en la misma columna no presentan diferencias significativas ($p < 0.05$).

De los resultados obtenidos para la L* (Luminosidad) se observa que todos los bizcochos presentan diferencias significativas respecto a la muestra control. En relación con los resultados del parámetro a* (eje rojo-verde) la muestra control presenta diferencias significativas con todas las muestras excepto con la muestra 2/3S y 1/3H y la de 100H. En cuanto al parámetro b* (eje azul-amarillo) no se observan diferencias significativas entre la muestra control y el resto de los bizcochos, pero sí existen diferencias entre la muestra 2/3H y 1/3G con la de 100S y el bizcocho con 1/3 de cada proteína.

En cuanto a la luminosidad L* de la miga se puede observar que varía significativamente a medida que se aumenta el contenido en proteína de guisante y proteína de huevo en los bizcochos, de tal manera, que se observan diferencias estadísticamente significativas, por un lado, entre las muestras "1/3S y 2/3G", "100G" respecto a la muestra control y, por otro lado, que las muestras "1/3S y 2/3H" y "100H" presentan diferencias significativas con la muestra control. La muestra con un contenido máximo en proteína de suero (100S) no presentaron diferencias significativas. Respecto al parámetro a* se puede observar que todas las muestras presentan diferencias

estadísticamente significativas con la muestra control, excepto las muestras “2/3S y 1/3H” y “100S”. En el caso de los resultados de b* se observan diferencias significativas entre todas las muestras respecto a la muestra control excepto “2/3S y 1/3G” y “2/3S y 1/3H”.

4.7 Envejecimiento

En la tabla 12 se observa la evolución de la dureza y el peso de los bizcochos con el paso del tiempo.

Tabla 12. Evolución de las propiedades de los bizcochos

	Evolución de la dureza	Pérdida de peso (g/100g)
CONTROL	3,78a ± 0,44	9,61a ± 1,09
1/3H y 2/3G	14,11ab ± 2,96	9,53a ± 0,82
1/3S y 2/3G	22,68b ± 21,85	9,83a ± 0,25
1/3S y 2/3H	4,42a ± 0,53	8,62a ± 1,26
1/3S 1/3H y 1/3G	13,30ab ± 9,94	9,03a ± 0,30
100G	8,79ab ± 3,02	9,78a ± 1,30
100H	1,95a ± 0,32	8,41a ± 0,95
100S	5,28a ± 2,88	16,18c ± 1,51
2/3H y 1/3G	11,78ab ± 4,52	8,88a ± 0,10
2/3S y 1/3G	8,38ab ± 3,24	13,66b ± 0,48
2/3S y 1/3H	9,69ab ± 3,45	8,26b ± 0,63

Los datos se expresan como medias ± desviación estándar de ensayos duplicados. Los números que aparecen en la columna del nombre de la muestra indican la proporción de proteína añadida (S: suero, H:huevo, G:guisante). Los valores con la misma letra en la misma columna no presentan diferencias significativas ($p < 0.05$).

En los resultados obtenidos de la evolución de la dureza se puede observar que la muestra “1/3S y 2/3G” es la que más variación ha sufrido en la dureza al cabo de 7 días presentando diferencias significativas respecto a la muestra control.

En cuanto a la pérdida de peso se observan diferencias estadísticamente significativas, respecto a la muestra control, en las muestras “2/3S y 1/3G” y “100S”, ya que presentaron una pérdida de peso mayor.

5 Conclusiones

Los resultados de este estudio muestran que en función del tipo de proteína y la cantidad de proteína se obtienen mezclas que confieren propiedades diferentes.

Estas diferencias se deben a la fuente de origen de la proteína (animal o vegetal) y la cantidad de proteína. Se ha observado diferencias entre las proteínas de origen animal y las de origen vegetal. Las propiedades funcionales que presentan cada una indican que existe la posibilidad de realizar enriquecimientos proteicos de bizcochos mediante mezclas de proteínas, guardando similitudes con un bizcocho base ya que hubo muestras que no guardaban muchas diferencias respecto a la muestra control.

Esto abre un campo de estudio con muchas posibilidades en el desarrollo de nuevos productos.

6 Bibliografía

- AACC (2010). Approved methods of the American Association of Cereal Chemists, methods 46-30.01 (protein), 88-04 (WHC), 30-01 (WBC), 10-91.01 (cake symmetry and volume index), 55-50.01 (Specific volume), 61-02.01 (Determination of the Pasting Properties of Rice with the Rapid Visco Analyser), 74-10.02 (Measurement of Bread Firmness—Compression Test), 14-22.01 (Colour of Pasta—Reflectance Colorimeter Method), 11st ed. St. Paul: American Association of Cereal Chemists.
- Barac, M., Cabrilo, S., Pesic, S., Stanojevic, S., Zilic, O., (2010). Profile and functional properties of seed proteins from six pea (*Pism sativum*) genotypes. *Internatiolan Journal of Molecular Sciences*. 11(2), 4976-4990
- Berry, T. K., Yang, X., & Foegeding, E. A. (2009). Foams prepared from whey protein isolate and egg white protein: 2. Changes associated with angel food cake functionality. *Journal of Food Science*, 74(5): E269-E277
- Brooker, B. E. (1993). The stabilisation of air in foods containing fat - a review. *Food Structure*, 115-122.
- Caballero, C., Allen, L., Prentice, A (2012). Encyclopedia of human nutrition. *Academic press*
- Chou, D. H., & Morr, C. V. (1979). Protein-water interactions and functional properties. *Journal of the American Oil Chemists*.
- de la Hera, E., Martinez, M., Oliete, B., & Gómez, M. (2013). Influence of Flour Particle Size on Quality of Gluten-Free Rice Cakes. *Food and Bioprocess Technology*, 6(9), 2280-2288.

- Díaz-Ramírez, M., Calderón-Domínguez, G., García-Garibay, M., Jiménez-Guzmán, J., Villanueva-Carvajal, A., Salgado-Cruz, M. de la P., ... Del Moral-Ramírez, E. (2016). Effect of whey protein isolate addition on physical, structural and sensory properties of sponge cake. *Food Hydrocolloids*, 61, 633-639.
- Fox, P., Smith, P. P., & Sahi, S. (2004). Ultrasound measurements to monitor the specific gravity of food batters. *Journal of Food Engineering*, 65(3), 317-324.
- Gan, Z., Galliard, T., Ellis, P. R., Angold, R. E., & Vaughan, J. G. (1992). Effect of the outer bran layers on the loaf volume of wheat bread. *Journal of Cereal Science*, 15(2), 151-163.
- Gryson, C., Walrand, S., Giraudet, C., Rousset, P., Migné, C., Bonhomme, C., ... Boirie, Y. (2014). "Fast proteins" with a unique essential amino acid content as an optimal nutrition in the elderly: Growing evidence. *Clinical Nutrition*, 33(4), 642-648.
- Jarpa- Parra, M., Wong, L., Wismer, W., Temelli, F., Han, J., Huang, W., ... Chen, L. (2017). Quality characteristics of angel food cake and muffin using lentil protein as egg/milk replacer. *International Journal of Food Science & Technology*, 52(7), 1604-1613.
- Hodge, J. E., & Osman, E. M. (1976). Principles of Food Science Part 1. Food Chemistry. by O. R. Fennema, Marcel Dekker Inc., New York, Basel.
- Lin, M., Tay, S. H., Yang, H., Yang, B., & Li, H. (2017). Development of eggless cakes suitable for lacto-vegetarians using isolated pea proteins. *Food Hydrocolloids*, 69, 440-449.
- Ludvigsson, J. F., & Green, P. H. (2011). Clinical management of coeliac disease. *Journal of Internal Medicine*, 269(6), 560-571.
- Ludvigsson, Jonas F., Leffler, D. A., Bai, J. C., Biagi, F., Fasano, A., Green, P. H. R., ... Ciacci, C. (2013). The Oslo definitions for coeliac disease and related terms. *Gut*, 62(1), 43-52.
- Mancebo, C. M., Rodriguez, P., & Gómez, M. (2016). Assessing rice flour-starch-protein mixtures to produce gluten free sugar-snap cookies. *LWT - Food Science and Technology*, 67, 127-132.
- Marcoa, C., & Rosell, C. M. (2008). Effect of different protein isolates and transglutaminase on rice flour properties. *Journal of Food Engineering*, 84(1),
- Markets & Markets (2017). <http://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/protein-ingredients-market-114688236.html> (Consultado el 20/06/2018).
- Mine, Y. (1995). Recent advances in the understanding of egg white protein functionality. *Trends in Food Science & Technology*, 6(7), 225-232.

- Mintel (2016). Newly launched foods with increased protein content. GNPD database.
- Miranda, J., Lasa, A., Bustamante, M. A., Churruga, I., & Simon, E. (2014). Nutritional Differences Between a Gluten-free Diet and a Diet Containing Equivalent Products with Gluten. *Plant Foods for Human Nutrition*, 69(2), 182-187.
- Niewinski, M. M. (2008). Advances in Celiac Disease and Gluten-Free Diet. *Journal of the American Dietetic Association*, 108(4), 661-672.
- Paraskevopoulou, A., Donsouzi, S., Nikiforidis, C. V., & Kiosseoglou, V. (2015). Quality characteristics of egg-reduced pound cakes following WPI and emulsifier incorporation. *Food Research International*, 69, 72-79.
- Pedersen, E., Jesudason, D. R., & Clifton, P. M. (2014). High protein weight loss diets in obese subjects with type 2 diabetes mellitus. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 24(5), 554-562.
- Rahmati, N. F., & Tehrani, M. M. (2015). Replacement of Egg in Cake: Effect of Soy Milk on Quality and Sensory Characteristics. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 574-582.
- Richert, S. H. (1979). Physical-chemical properties of whey protein foams. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 27(4), 665-668.
- Ronda, F., Oliete, B., Gómez, M., Caballero, P. A., & Pando, V. (2011). Rheological study of layer cake batters made with soybean protein isolate and different starch sources. *Journal of Food Engineering*, 102(3), 272-277.
- Roy, F., Boye, J. I., & Simpson, B. K. (2010). Bioactive proteins and peptides in pulse crops: Pea, chickpea and lentil. *Food Research International*, 43(2), 432-442.
- Sarabhai, S., & Prabhasankar, P. (2015). Influence of whey protein concentrate and potato starch on rheological properties and baking performance of Indian water chestnut flour based gluten free cookie dough. *LWT - Food Science and Technology*, 63(2), 1301-1308.
- Schmidt, C., (2014). The rise of protein in the global health and wellness and supplement arenas: Examining the global protein surge by Euromonitor. *Protein trends & technologies seminar*, 8-9.
- Stone, A. K., Karalash, A., Tyler, R. T., Warkentin, T. D., & Nickerson, M. T. (2015). Functional attributes of pea protein isolates prepared using different extraction methods and cultivars. *Food Research International*, 76, 31-38.
- Sumnu, S. G., Sahin, S., & Sahin, S. (2008). *Food Engineering Aspects of Baking Sweet Goods*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420052770>
- Swanson, B. (1990). Pea and lentil extraction and functionality. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 67(2), 276-280.

- Wilderjans, E., Luyts, A., Brijs, K., & Delcour, J. A. (2013). Ingredient functionality in batter type cake making. *Trends in Food Science & Technology*, 30(1), 6-15.
- Yang, X., & Foegeding, E. A. (2010). Effects of sucrose on egg white protein and whey protein isolate foams: Factors determining properties of wet and dry foams (cakes). *Food Hydrocolloids*, 24(2), 227-238.
- Ziobro, R., Witczak, T., Juszczak, L., & Korus, J. (2013). Supplementation of gluten-free bread with non-gluten proteins. Effect on dough rheological properties and bread characteristic. *Food Hydrocolloids*, 32(2), 213-220.