

Rev. Cienc. Tecnol.

Año 11 / N° 11 / 2009 / 55–58

METODOLOGÍA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA PARA OPTIMIZAR PANIFICADO LIBRE DE GLUTEN CON GRASA, HUEVO Y LECHE

Laura B. Milde, Carolina Valle Urbina, Alexis Rybak, Carlos Oliveira, Karina G. González

RESPONSE SURFACE METHODOLOGY TO OPTIMIZE GLUTEN-FREE BREAD WITH FAT, EGG AND MILK

ABSTRACT

From a design previously developed, three additives were tested whose combination would replace the properties of gluten, especially with regard to textural characteristics. The variation of fat, egg and milk in three levels was analyzed, which were added to a cassava starch and corn flour-based bread, using the response surface methodology through the parameters of texture (firmness, elasticity and recovery of firmness). Considering the textural properties of the principal raw material used, it was concluded that an optimal combination would be to use intermediate levels of egg and milk and higher levels of fat, prioritizing the decrease in elasticity over firmness

KEY WORDS: Response surface methodology, gluten-free, cassava starch, texture, bread.

RESUMEN

A partir de una formulación previamente desarrollada se testearon tres aditivos cuya combinación sustituiría las propiedades del gluten, sobre todo respecto a las características texturales. Se analizó la variación de grasa, huevo y leche, en tres niveles, adicionados a un pan a base de fécula de mandioca y harina de maíz, utilizando la metodología de superficie de respuesta, a través de los parámetros de textura (firmeza, elasticidad y recuperación de la firmeza). Considerando las propiedades texturales de la principal materia prima utilizada, se concluyó que una combinación óptima sería utilizar niveles intermedios de huevo y leche y el superior de grasa, priorizando la disminución de la elasticidad por sobre la firmeza.

PALABRAS CLAVE: Metodología de superficie de respuesta, libre de gluten, fécula de mandioca, textura, pan.

INTRODUCCIÓN

El gluten presente en la harina de trigo es el responsable de las propiedades de panificación, debido a la presencia de proteínas llamadas gliadinas y gluteninas, que les confiere la elasticidad y extensibilidad de la masa panaria [1, 2], con lo cual se consigue retener el gas, formación de la corteza y miga durante la cocción [3], debido a la migración diferencial de agua, obteniéndose así el pan, producto de consumo diario y masivo, excepto para aquellas personas que presentan intolerancia al trigo y aquellas con enfermedad celiaca [4, 5, 6, 7]. Es por ello, que se buscan alternativas, en donde se utilizan otras harinas libres de gluten, a las cuales se debe adicionar ingredientes que se acerquen al comportamiento del trigo en la panificación. Algunas de las alternativas son la harina de arroz, la harina de soja, la fécula de mandioca y la harina de maíz entre otras [8, 9, 10]. La fécula de mandioca y la harina de maíz presentan dos ventajas respecto a las demás citadas: costo más bajo y facilidad de obtención, por ser la provincia de Misiones productora de mandioca, maíz y sus subproductos.

Por lo antes mencionado la utilización de harinas sin gluten, no contribuye a la panificación, por lo que es necesario agregar productos con grasa, azúcar, enzimas, emulsionantes, gomas (espesante), ácido ascórbico y ca-

seinato sódico, con los cuales se retiene el gas, obteniendo un pan suave para comer [11]. Para utilizar un aditivo en un alimento, es necesario que tenga alguna de las siguientes funciones: conservar la calidad nutricional, proporcionar ingredientes o constituyentes, aumentar la calidad de conservación o la estabilidad o proporcionar ayuda en la fabricación, elaboración, empaquetado, transporte o almacenamiento [11]. En este trabajo se ensayaron aditivos naturales, grasa, huevo y leche, los cuales fueron incorporados en distintas cantidades, a una mezcla de fécula de mandioca y harina de maíz (formulada previamente) mediante la metodología de superficie de respuesta de tres factores en tres niveles, analizando las respuestas texturales, firmeza, elasticidad y recuperación de la firmeza a fin de encontrar un óptimo. [12, 13, 14, 15].

MATERIALES Y MÉTODOS

Se partió de una mezcla de harinas ensayada previamente a base de productos regionales, 80 % de fécula de mandioca (Ranchito, Misiones, Argentina) y 20 % de harina de maíz (Indelma, Santa Fé, Argentina), con el agregado de los ingredientes básicos del pan: levadura fresca comprimida (Calsa, Buenos Aires, Argentina) disuelta en agua,

azúcar (Ledesma, Jujuy, Argentina) y sal refinada (Celusal, Tucumán, Argentina) y como aditivos grasa vegetal (Margadán, Buenos Aires, Argentina), huevo y leche entera en polvo (Ilolay, Santa Fé, Argentina). Anteriormente se establecieron también los parámetros de elaboración en: 10 minutos de tiempo de amasado, 20 min y 35 °C para el tiempo y temperatura de levado respectivamente, 30 minutos de cocción (en horno a 240 °C, 20 min y 280 °C, 10 min). Con el fin de optimizar la formulación del panificado, se ensayaron los aditivos en tres niveles de composición grasa 10, 20 y 30 g; huevo 0, 1 y 2 unidades y leche 0, 13 y 26 g, analizando los parámetros de textura de doce [12] panes diferentes. La elaboración de los mismos fue realizada de manera artesanal.

Para las mediciones de textura, se cortaron los panes previamente enfriados, en porciones de igual medida (90 mm de ancho, 90 mm de largo y 70 mm de alto) con el objetivo de comparar los resultados. Se realizaron tres repeticiones para cada formulación, dos sobre la misma pieza de pan y la tercera de otro.

La medición de textura consistió en un ensayo de doble compresión sobre cada pieza de pan entera (miga y corteza), llevando la misma hasta un 50 % de la altura del producto, para lo cual se utilizó un Dinamómetro Universal Adamel Lhomargy (Modelo DY32, Francia), con una celda de carga de 1000 N (con apreciación a la décima de N), provisto de placas de compresión de 20 cm x 20 cm; utilizando una velocidad de Compresión de 100 mm/min. Los datos obtenidos de las mediciones se cargaron en hoja de cálculo EXCEL, por medio de la que se obtuvo un perfil gráfico de textura de donde se extrajeron los parámetros mecánicos que la describen objetivamente: firmeza, elasticidad y recuperación de la firmeza. [16].

Los tres niveles de los aditivos se codificaron en nivel inferior (-1); nivel intermedio (0) y nivel superior (1) para su análisis mediante la metodología de superficies de respuesta por medio del programa Statgraphics plus 5.1 y el programa Design-Expert 7.0.0 trial.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se presentan los datos promedios obtenidos de firmeza, elasticidad y recuperación de la firmeza, para las doce formulaciones ensayadas:

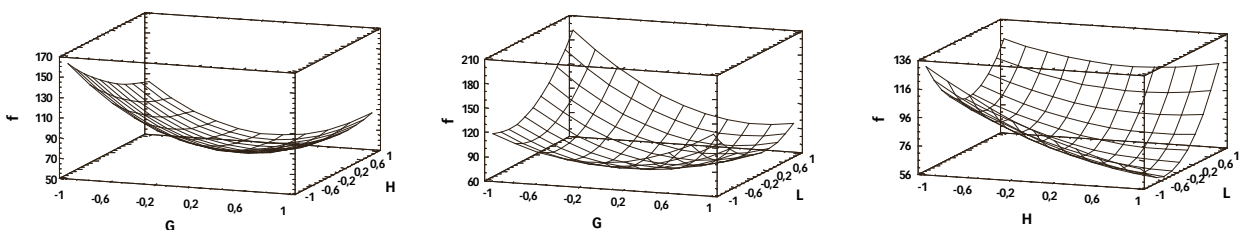


FIGURA 1. Superficies de respuesta para el parámetro de textura firmeza (f) en función de la variación de niveles de: a) grasa (G) y huevo (H); b) grasa (G) y leche (L); c) huevo (H) y leche (L) en las 12 formulaciones ensayadas.

Tabla 1. Resultados promedios y desviación estándar de los parámetros de textura analizados.

Pan	Grasa (G)	Huevo (H)	Leche (L)	f (N)	e (%)	rf (%)
1	-1	-1	-1	131,9 ± 0,1	70,8 ± 0,1	89,01 ± 0,5
2	1	-1	-1	182,6 ± 6,6	73,0 ± 4,0	90,2 ± 0,2
3	1	1	-1	107,9 ± 9,8	67,7 ± 2,8	90,9 ± 1,4
4	1	1	1	131,4 ± 14,1	59,8 ± 1,9	87,3 ± 0,6
5	-1	1	1	171,0 ± 12,7	60,1 ± 2,7	84,2 ± 0,6
6	-1	-1	1	237,5 ± 23,1	73,3 ± 1,1	87,0 ± 0,2
7	-1	1	-1	101,5 ± 2,8	56,4 ± 6,4	86,5 ± 1,7
8	1	-1	1	80,2 ± 6,2	57,6 ± 8,3	92,2 ± 2,1
9	0	0	0	75,2 ± 2,1	63,0 ± 2,9	92,9 ± 1,4
10	1	0	1	104,3 ± 11,8	22,34 ± 1,9	82,6 ± 0,9
11	1	0	0	76,9 ± 0,5	45,9 ± 0,4	85,5 ± 0,7
12	0	0	1	103,2 ± 11,2	46,3 ± 8,5	86,6 ± 2,1

f = firmeza (N); e = elasticidad en (% mm/mm); rf = recuperación de la firmeza en (% N/N).

Los datos de la Tabla 1 se cargaron en el programa Statgraphics 5.1 y Disign Expert, con lo que se obtuvieron modelos matemáticos de segundo orden, con términos lineales, cuadráticos y las interacciones binarias de las tres variables independientes, para los parámetros de textura analizados.

Tabla 2. Ecuaciones predictivas para las propiedades de texturas de los panes y sus correspondientes R².

Propiedad	Ecuación	R ² (%)
Firmeza	$f = 68,25 - 19,81 G - 17,38 H + 9,70 L + 35,50 G^2 + 11,50 GH + 28,53 GL + 9,37 H^2 + 13,55 HL + 32,23 L^2$	83,662
Elasticidad	$e = 63,80 - 0,37 G - 3,90 H - 2,21 L - 18,27 G^2 + 3,12 GH - 3,72 GL + 35,48 H^2 + 1,14 HL - 16,10 L^2$	90,200
Recuperación de la Firmeza	$rf = 92,18 + 1,77 G - 1,12 H - 0,64 L - 7,65 G^2 + 0,05 GH + 0,36 GL + 7,98 H^2 - 0,82 HL - 4,15 L^2$	81,511

f = firmeza (N), e = elasticidad (% mm/mm), rf = recuperación de la firmeza (% N/N), G = grasa (g), H = huevos (unidades), L = leche (g).

El Design-Expert 7.0.0 trial, presenta a todas las ecuaciones de la Tabla 2 como modelos sugeridos con $p < 0.05$ para los tres parámetros de textura analizados, los cuales fueron validados con experiencias independientes.

Las superficies de respuesta para cada parámetro de textura se representan en gráficos tridimensionales, mostrando el efecto de dos variables independientes, sobre una respuesta, manteniendo constante en el nivel intermedio (0) la tercera variable; como se observa en la Figura 1 para firmeza.

Desde el punto de vista estadístico podemos decir que el modelo así ajustado explica el 83,662 % de la variabilidad de la firmeza. Cabe aclarar que la misma se relaciona directamente con la dureza del pan, ya que es la fuerza necesaria para vencer la primera compresión durante la masticación del producto. En la Figura 1 podemos ver que la adición de grasa presenta un óptimo a valores intermedios; en el

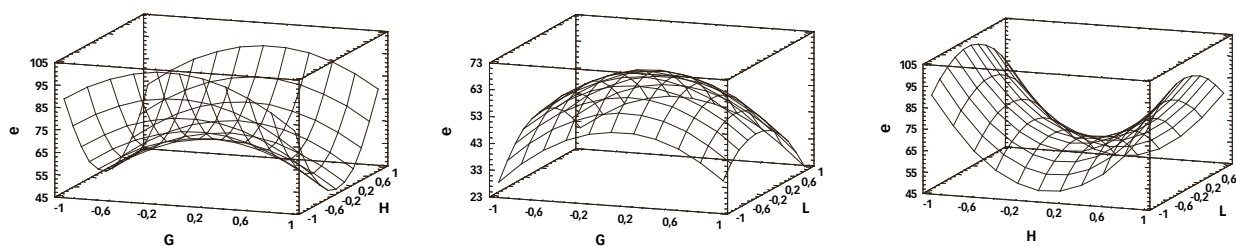


FIGURA 2. Superficies de respuesta para el parámetro de textura elasticidad (e) en función de la variación de niveles de: a) grasa (G) y huevo (H); b) grasa (G) y leche (L); c) huevo (H) y leche (L) en las 12 formulaciones ensayadas.

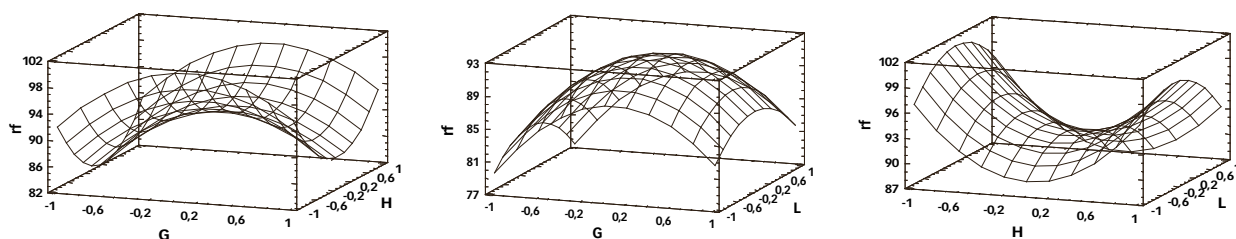


FIGURA 3. Superficies de respuesta para el parámetro de textura recuperación de la firmeza (rf) en función de la variación de niveles de: a) grasa (G) y huevo (H); b) grasa (G) y leche (L); c) huevo (H) y leche (L), para las 12 formulaciones ensayadas.

nivel inferior se observan valores muy elevados de firmeza a niveles altos de leche y cuando no ocupamos huevo en la formulación. La leche en cambio presenta una tendencia a aumentar los valores de la firmeza, reforzándose este efecto con la adición de huevos, y contrarrestándose con la adición de grasa. En cuanto al huevo, la tendencia muestra una disminución de los valores de firmeza al aumentar el agregado del mismo, salvo cuando se combina con la leche en donde se observan valores elevados de firmeza cualquiera sea la cantidad de huevos usados. En general, la ausencia de gluten incrementaría el movimiento de agua desde la miga del pan hacia la corteza, dando por resultado una miga más firme y corteza más blanda; el agregado de las proteínas de la leche contribuyó a aumentar la firmeza de la miga, coincidiendo con los resultados de otros autores [17] al agregar proteínas de leche a un pan libre de gluten y a los obtenidos en bizcochos con harina de trigo en cuanto al efecto de H y L en la firmeza [18].

En la Figura 2 se grafican las superficies de respuesta para elasticidad.

El modelo ajusta el 90,2008 % de la variabilidad de la elasticidad. Esta propiedad se correlaciona con la masticabilidad del pan, mientras mayor sea su valor mayor será la dificultad para masticar el producto; está relacionada con el adjetivo de “chiclosa” característica de los productos a base de fécula de mandioca. Por ende en estos panes, se buscó obtener el valor más bajo posible de elasticidad, o sea disminuir el efecto “chiclosa” de la materia prima base de la formulación. En la Figura 2 se puede observar que tanto la grasa como la leche elevan los valores de elasticidad presentando máximos en sus niveles intermedios, en tanto que el huevo presenta un comportamiento inverso. Evaluando

las interacciones entre los tres aditivos, vemos que la de grasa y huevo afecta con mayor intensidad a los valores de la elasticidad que la de grasa y leche, coincidiendo con los resultados obtenidos por otros autores [18].

En la Figura 3 vemos las superficies de respuesta para la recuperación de la firmeza.

El modelo ajusta el 81,511 % de la variabilidad. Su comportamiento presenta una similitud con la elasticidad, estando ambas propiedades directamente relacionadas. Se observa que si el producto evaluado es muy chiclosa-elástico, recupera prácticamente la forma original por lo que tendrá una (rf) elevada.

CONCLUSIONES

Mediante el análisis de superficie de respuesta se encontró una combinación óptima de grasa, huevo y leche en los rangos ensayados, que permitió obtener un panificado con propiedades de textura aceptables, utilizando el nivel intermedio de huevo y leche y el superior de grasa, al priorizar la disminución de la elasticidad por sobre la firmeza.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Wieser, H.; Seilmeier, W.; Belitz, H. *Use of RP-HPLC for a better understanding of the structure and functionality of wheat gluten proteins in High Performance Liquid Chromatography of Cereal and Legume Proteins*. Bietz, J. A. and Kruger, J. E. Association American Cereal Chemist. St. Paul, MN. p. 235–272. 1994.

2. **Mac Ritchie, F.; Kasarda, D.; Kuzmicki, D.** *Characterization of wheat protein fractions differing contributions o breadmaking quality*. Cereal Chemistry. 68:2. p. 122–130. 1991.
3. **Fennema, O.** *Química de los Alimentos*. Segunda Edición. Editorial Acirbia S.A. Zaragoza, España. Característica de los Alimentos Líquidos. De origen animal: huevos Capítulo 14, p. 952–955. 1993.
4. **Gómez, F.; Rubiol, T.; Martín, B.** “Enfermedad Celíaca”. Revista de Pediatría de Atención primaria. Madrid. Vol. II, Nº 5, p. 63–82. 2000.
5. **Janssen, F. W.** *Coeliac disease and the gluten free diet—An enigma about to be solved?* Internacional Food Ingredients. Nº 5, p. 49–50 y 53–55. 1993.
6. **Luchetti, R.; Vincenzi, M.** *Food Intolerante; coeliac disease*. Revista de Scienza del Allimentazione. 24: 4. p. 601–609. 1995.
7. **Corazza, G; Vallentini, R. A.; Frisoni, M.; Volta, V.** *Gliadin immune reactivity is associated with overt and latent enteropathy in relatives of celiac patients*. Gastroenterology. Capítulo 103, p. 1517–1522. 1992.
8. **Kent, N. L.; Evers, A. D.** *Bread make with gluten substitutes*. Technology of Cereals. Oxford: Pergamon Press. p. 215. 1994.
9. **Nishita, K.; Roberts, R.; Bean, M. M.; Kennedy, B. M.** *Development of a yeast-leavened rice-bread formula*. Cereal Chemistry. 53:5. p. 626–635. 1976.
10. **Sánchez, H. D.; Osella, C. A.; De la Torre, M. A.** *Optimization of Gluten-free bread prepared from corn-starch, rice flour, and cassava starch*. Journal of Food Science. 67:1. p. 416–419. 2002.
11. **Escobar, P.** *Manual para el desarrollo de un producto alimenticio nuevo*. (Tesis) Universidad del Valle de Guatemala. 82 pp. 1998.
12. **Cornell, J. A.** “Experiment with Mixtures”. Metodología de superficies de respuesta. John Wiley y Sons, Editores. Capítulo 2. p. 37–61. 1990.
13. **Sánchez Pardo, E; Ortiz Moreno, A.; Mora Escobedo, R.** *Análisis de Superficie de Respuesta de Tres Variables por Efecto del Tratamiento Térmico con Microondas en un Producto de Panificación*. VII Congreso Nacional de Ciencia de los Alimentos y III Foro de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. p.194–206. 2005.
14. **Montgomery, D. C.** “Diseño y Análisis de experimentos”. Grupo Editorial Iberoamericano. México. 589 pp. 1991.
15. **Sánchez, H. D.; Osella, C. A.; De la Torre, M. A.** *Use of Response Surface Methodology to optimize gluten-free bread fortified with soy flour and dry milk*. Instituto de Tecnología de Alimentos, Facultad de Ingeniería Química. Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe. Argentina. p. 5–9. 2004.
16. **Milde, L.; González, K.; Valle Urbina, C.; Rybak, A.** *Pan de Fécula de Mandioca con Leche. Comportamiento Físico al adicionar un emulsionante*. Revista de Ciencia y Tecnología. Facultad de Ciencias Exactas, Química y Naturales. Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico. Misiones, Argentina. Aprobado, en Prensa. 2008.
17. **Gallagher, E.; Gormley, T.; Arendt, E.** *Crust and crumb characteristics of gluten free breads*. Journal Food Eng. Volumen 56, p. 153–161. 2003.
18. **Calderón, G.; Jiménez, E. y Farrera, R.** *Efecto de la Adición de Diferentes Niveles de Ingredientes sobre la Calidad en Pan Dulce (bizcocho)*. Información Tecnológica. 6:1. p. 57–63. 1995.

Recibido: 21/11/08.

Aprobado: 27/07/09.

• Laura Beatriz Milde¹

Bioquímica. Magister en Tecnología de los Alimentos basado en la formulación y análisis físicos de panes con fécula de mandioca. Es Profesor Regular de la Cátedra Química Biológica (Bioquímica y Farmacia) de la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales–UNaM.

• Carolina Valle Urbina²

Ingeniera Química, Becaria del programa del Comité Ejecutivo de Desarrollo e Innovación Tecnológica (CEDIT), Provincia de Misiones desde el año 2007.

• Alexis Moisés Rybak¹

Alumno de 3er. año de la Carrera de Bioquímica. Se desempeña como Investigador Auxiliar desde el año 2004 en diferentes proyectos relacionados con desarrollo tecnológico dentro del tema de alimentos para celíacos. Ha presentado trabajos en Congresos y Jornadas. Es Auxiliar de Segunda en la Cátedra Química Biológica (Bioquímica y Farmacia).

• Karina Grissel González¹

Alumna de 3er. año de la Carrera de Bioquímica. Se desempeña como Investigador Auxiliar desde el año 2003 en diferentes proyectos relacionados con desarrollo tecnológico dentro del tema de alimentos para celíacos. Posee numerosas presentaciones orales y escritas en Congresos y Jornadas.

• Carlos Héctor Oliveira¹

Es alumno avanzado de la Carrera de Bioquímica. Se desempeña como Investigador Auxiliar desde el año 2003 en diferentes proyectos relacionados con desarrollo tecnológico dentro del tema de alimentos para celíacos. Ha presentado trabajos en Congresos y Jornadas.

1– Cátedra de Química Biológica Bioquímica y Farmacia, Departamento Química. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. UNaM. Misiones, Argentina. (lauramilde@hotmail.com).

2– Becaria del Comité Ejecutivo de Desarrollo e Innovación Tecnológica (CEDIT), Provincia de Misiones.