

# Cambios en el tiempo de mezclado y efecto sobre la calidad del producto final al variar la formulación en masas dulces\*

GEORGINA CALDERÓN-DOMÍNGUEZ\*\*, REYNOLD FARRERA-REBOLLO\*\*, RAMÓN ARANA-ERRASQUÍN\*\*, MARÍA ELENA SÁNCHEZ-PARDO\*\* y LOURDES DUQUE-RODRÍGUEZ

Departamento de Ingeniería Bioquímica  
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN  
Prol. de Carpio y Plan de Ayala, Col. Santo Tomás  
Apartado Postal 256, 11340 México, D.F.

CALDERÓN-DOMÍNGUEZ, G.; R. FARRERA-REBOLLO, R. ARANA-ERRASQUÍN, M. E. SÁNCHEZ-PARDO y L. DUQUE-RODRÍGUEZ, 2000. Cambios en el tiempo de mezclado y efecto sobre la calidad del producto final al variar la formulación en masas dulces. *An. Esc. nac. Cienc. biol.*, Méx., 46(1):9-23.

RESUMEN: Se estudió el efecto de diferentes niveles de ingredientes (azúcar, huevo, sal, leche y grasa) sobre el tiempo de mezclado y de fermentación en masas dulces para panificación. También se investigó el efecto de estos ingredientes sobre la densidad, la calidad de miga y color de corteza y miga en el producto terminado. Se utilizó un diseño central compuesto rotatable con 10 repeticiones centrales. La evaluación se realizó mediante metodología de superficie de respuesta, obteniendo: ecuaciones de regresión, análisis de varianza, prueba de falta de ajuste y evaluación estadística por variables. Los resultados mostraron que el tiempo de mezclado es afectado por todos los ingredientes estudiados, excepto la grasa, provocando mayores tiempos a mayor concentración del ingrediente, principalmente azúcar y leche. El mismo comportamiento se observó para el tiempo de fermentación, donde el azúcar, la sal y la leche en polvo presentaron el mayor efecto. No se observó efecto sobre la densidad y características de la miga. En características de calidad, el color fue la única variable afectada, observando, para el caso de la miga, la mayor influencia debido al huevo, y para la corteza el mayor efecto fue también por huevo, además de leche y azúcar. Del trabajo se pudo concluir que es factible obtener un producto de buena calidad variando las condiciones de proceso en función de la formulación utilizada, requiriendo de mayores tiempos de mezclado y de fermentación a mayor proporción de ingredientes higroscópicos como el azúcar, la leche y la sal.

## INTRODUCCIÓN

El efecto de los ingredientes utilizados en la elaboración de pan ha sido reportado por diversos autores, pero la mayoría de ellos referidos a pan blanco (Finney, 1978; Hosney y col., 1971; Hosney y col., 1983; Huebner, 1977; Kaldy y col., 1991; Mac. Ritchie y col., 1991) y la mayor información referida a la harina o sus componentes.

---

\*Trabajo realizado con el apoyo del proyecto DEPI-IPN clave 963836.

\*\*Becarios COFAA-IPN.

Además del pan blanco, existen otros tipos de productos de panificación como son galletas, pasteles y pan dulce. De estos tipos de productos, la influencia de los ingredientes ha sido estudiada principalmente en los dos primeros (Rubenthaler y col., 1963; Olewnik y Kulp, 1984; Czuchajowska y col., 1989; Abboud y col., 1985; Marx y col., 1990; Mandhi y col., 1986; Hlynka, 1962; Mathews y Dawson, 1966; Mizukoshi, 1985; Sternhagen y Hosenev, 1994; Johnson y Hosenev, 1979; Birch y Finney, 1980; Raeker y Johnson, 1995; Rubenthaler y col., 1990; El-Hady y col., 1996), mientras que para el último grupo (pan dulce), que presenta características muy diferentes a las de galleta o pastel, los estudios son escasos (Dexter y col., 1990; Calderón y col., 1995) debido a que son productos regionales, pero de muy amplio consumo en sus países de origen.

Considerando la importancia que tienen estos productos y la falta de información relacionada, se planteó como objetivo del presente trabajo evaluar el efecto de la adición de diferentes niveles de ingredientes sobre algunos parámetros de proceso (tiempo de mezclado y tiempo total de fermentación) en masa y de calidad de producto terminado.

## MATERIAL Y MÉTODOS

*Harina.* Se utilizó harina refinada de trigo de marca comercial con las siguientes características: 10.84% de proteína (BS), 0.61% de cenizas (BS), 28.6% de gluten húmedo, fuerza según alveograma (W) 230 ergs, relación tenacidad-extensibilidad (P/G) 3.9 y 58% de absorción según farinograma (base 14% de humedad).

*Ingredientes adicionales.* Los materiales utilizados fueron los de uso común en la pequeña y mediana panadería: azúcar refinada, sal iodatada, leche entera en polvo, levadura fresca comprimida ( $64\% \pm 2.0\%$  de humedad), grasa especial para pan dulce tipo bizcocho ( $12\% \pm 2.0\%$  de humedad) y huevo entero fresco ( $72\% \pm 2.0\%$  de humedad). Tanto huevo como levadura se compraron semanalmente y se analizaron en cuanto a humedad para ambos y actividad para levadura, medida mediante presurímetro (método AACC-08-01). Sólo se aceptaron los lotes que cumplieron con los valores ya mencionados para humedad y en el caso de levadura con una actividad de 380-400 mmHg.

### *Elaboración del producto*

El producto se elaboró siguiendo el método de masa directa ajustado para masas dulces. Se obtuvo un producto tipo "concha", ya que no se le aplicó decorado. Para la obtención de la masa, como primera etapa, se pesaron los ingredientes según el orden de experimentación generado en el diseño experimental. Estos ingredientes se dejaron a temperatura controlada ( $14-16^{\circ}\text{C}$ ) por un lapso de ocho horas. El siguiente paso fue el premezclado de todos los ingredientes secos excepto la grasa durante un minuto; posteriormente se adicionó la grasa y se mezcló nuevamente por un lapso de 30 segundos. Al término se adicionó el huevo, iniciando la cronometración del tiempo de mezclado y una vez que éste fue absorbido por la harina y los otros ingredientes secos se adicionó el agua. La cantidad de agua se ajustó para cada formulación en función del valor de absorción de la harina obtenida en el farinógrafo y de los aportes de la levadura, el huevo y la grasa, determinados mediante el análisis de humedad. Para cada formulación probada, la cantidad de agua adicionada varió, al ser diferente la cantidad de ingredientes para cada muestra. La mezcla de ingredientes se procesó hasta máximo

desarrollo. Posteriormente se inició el proceso de fermentación, el cual se dividió en cuatro etapas, finalizando las primeras tres a doblado de volumen y la última hasta que la muestra alcanzara una altura de 3.5 cm. Al término de la tercera etapa de fermentación el producto fue formado, colocándolo sobre una charola individual y pasado a su última etapa de fermentación y de ahí a horneado. Para el mezclado se utilizó una mezcladora minimorpin de 35 g de capacidad.

La cámara de fermentación fue un gabinete de temperatura controlada marca *Afos* y el horno fue uno de tipo rotatorio marca *Henry Simon*. La temperatura de fermentación fue de  $32 \pm 2.0^{\circ}\text{C}$  y la humedad relativa de  $85 \pm 5\%$ . El producto se horneó a  $180^{\circ}\text{C}$  por un lapso de 12 minutos.

*Respuestas evaluadas*

*Tiempo de mezclado.* Se cronometró a partir de la adición de líquidos hasta el desarrollo de la masa (experiencia práctica).

*Tiempo total de fermentación.* Correspondió a la suma de los cuatro tiempos parciales de fermentación.

*Calidad del producto.* Para esto se evaluaron tres parámetros que son:

*Densidad.* Este parámetro se evaluó mediante la relación masa sobre volumen. El volumen se determinó utilizando el método de desplazamiento de semilla (nabo) y la masa mediante el pesado del producto a la salida del horno.

*Características de la miga.* Se evaluó con un jurado de evaluación en función de una escala de abertura de miga, donde la menor calificación correspondió a un valor de 1 y la mayor a un valor de 8.

*Color.* Este parámetro se evaluó tanto para miga como para corteza, utilizando para ello un espectrofotómetro *Colormate HDS*, con una fuente de iluminación *D75* y un ángulo de observación de  $10^{\circ}$ . Se programó el equipo para que tomara cinco lecturas por muestra. Para la determinación en miga se cortó el producto a la mitad, tomando las lecturas de la parte central de cada mitad (dos y tres lecturas). Para el caso de corteza se tomaron igualmente cinco lecturas de la parte superficial del producto en diferentes puntos y al azar (excepto la base). En este punto se reportó luminosidad (L) y cromaticidad (a y b). Los valores de "a y b", dan información de los tintes de color, mostrando que tan rojizo (a), verdoso (-a), amarillento (b) o azuloso (-b) es el producto.

CUADRO I. Fórmula base y variables de estudio.

Ingrediente	Fórmula base (g/100 g harina)	
harina	100	constante
levadura	6.5	constante
azúcar	22.5	variable
sal	1.2	variable
leche	12.0	variable
huevo	20.0	variable
grasa	16.0	variable
agua	58.0	variable

*Formulación.* La fórmula base utilizada correspondió a la recomendada por la Cámara Nacional de la Industria de la Panificación (Hernández, S. 1990). A partir de esta fórmula y considerando experiencias previas se decidió a qué ingredientes se les cambiarían los niveles de adición, pasando a ser las variables de estudio. Esta información se muestra en el cuadro I.

*Diseño experimental.* Para cada una de las variables se seleccionaron los niveles mínimos y máximos. Estos valores se obtuvieron a partir de consulta bibliográfica y de campo. Los valores mínimos y máximos para cada ingrediente se dan en el cuadro II.

CUADRO II. Niveles mínimos y máximos para diseño experimental.

Ingrediente	Mínimo	Máximo
	g/100 g harina	
azúcar	19	26
huevo	10	30
sal	0.8	1.6
grasa	14	18
leche	6.2	18

Tomando como base los valores mínimos y máximos, se propuso, para la experimentación, un diseño central compuesto rotable con 10 repeticiones centrales. En el cuadro III se presenta cada una de las formulaciones evaluadas y el número de corridas. El orden de experimentación utilizado fue al azar.

*Análisis de resultados.* Los resultados se analizaron mediante metodología de superficie de respuesta. Se reportan el análisis de varianza, la prueba de falta de ajuste y el efecto por variables. La información se obtuvo utilizando el programa *Design Expert* 4.0 (DX).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro IV se presentan los resultados obtenidos para cada una de las respuestas evaluadas de las 52 corridas experimentales con excepción de color.

### *Tiempo de mezclado*

Del cuadro IV se puede observar que los tiempos de mezclado variaron desde casi siete minutos (muestra 1) hasta más de 30 min (muestra 24). Al analizar estos resultados estadísticamente, se encontró que estas variaciones están relacionadas con el tipo y nivel de ingrediente, observándose, en la mayoría de los casos, que al aumentar la concentración del ingrediente se incrementa el tiempo de mezclado.

El análisis estadístico mostró que el comportamiento de la respuesta sigue un modelo exponencial ( $\alpha < 0.001$ ). No se observó falta de ajuste ( $\alpha > 0.1$ ) y el coeficiente de determinación fue de 0.8557.

CUADRO III. Corridas experimentales para la evaluación del efecto por nivel de ingrediente. (g ingrediente/100 g harina)

Corrida	Azúcar	Huevo	Sal	Grasa	Leche
1	26	10	0.8	18	18
2	26	30	0.8	14	18
3	19	10	0.8	18	6
4	22.5	20	1.2	16	12
5	22.5	20	1.2	16	12
6	26	10	1.6	18	6
7	19	30	0.8	18	6
8	22.5	20	2.0	16	12
9	26	10	1.6	14	18
10	19	10	1.6	18	6
11	22.5	20	2.0	16	12
12	26	10	0.8	14	6
13	26	10	1.6	18	18
14	19	30	1.6	14	6
15	26	30	1.6	18	6
16	19	10	0.8	14	6
17	26	10	1.6	14	18
18	22.5	20	1.2	16	12
19	19	30	0.8	14	18
20	19	10	1.6	14	18
21	22.5	20	1.2	16	24
22	15.5	20	1.2	16	12
23	22.5	20	1.2	16	12
24	26	10	1.6	14	6
25	26	10	0.8	18	6
26	19	30	0.8	18	18
27	26	10	0.8	14	18
28	22.5	20	1.2	16	0.0
29	19	10	1.6	18	18
30	22.5	20	1.2	12	12
31	22.5	20	1.2	16	12
32	19	10	1.6	14	6
33	19	30	1.6	18	6
34	22.5	20	1.2	16	12
35	26	30	0.8	18	18
36	19	30	1.6	14	18
37	26	30	1.6	18	18
38	22.5	40	1.2	16	12
39	26	30	0.8	14	6
40	22.5	20	0.4	16	12
41	22.5	20	1.2	16	12
42	22.5	20	1.2	20	12
43	22.5	20	1.2	16	12
44	19	10	0.8	18	18
45	22.5	0.0	1.2	16	12
46	29.5	20	1.2	16	12
47	26	30	1.6	14	6
48	19	10	0.8	14	18
49	26	30	0.8	18	6
50	19	30	1.6	18	18
51	22.5	20	1.2	16	12
52	19	30	0.8	14	6

Cuadro IV. Respuestas obtenidas en la experimentación.

No.	Azúcar (g)	Huevo (g)	Sal (g)	Grasa(g)	Leche(g)	T.Mez. (min)	T.Ferm. (min)	Densi (g/cm <sup>3</sup> )	Miga
1	19	10	0.8	14	6	6.45	120	0.2788	8.0
2	26	10	0.8	14	6	9.10	125	0.2533	8.0
3	19	30	0.8	14	6	10.3	118	0.2499	8.0
4	26	30	0.8	14	6	13.0	148	0.2201	8.0
5	19	10	1.6	14	6	10.15	137	0.2538	8.0
6	26	10	1.6	14	6	11.30	192	0.2516	8.0
7	19	30	1.6	14	6	9.3	161	0.2503	8.0
8	26	30	1.6	14	6	22.3	160	0.2344	8.0
9	19	10	0.8	18	6	7.15	113	0.3076	8.0
10	26	10	0.8	18	6	12.0	133	0.2793	8.0
11	19	30	0.8	18	6	8.15	121	0.2702	8.0
12	26	30	0.8	18	6	18.15	197	0.2379	8.0
13	19	10	1.6	18	6	7.0	126	0.2983	8.0
14	26	10	1.6	18	6	16.0	155	0.2667	8.0
15	19	30	1.6	18	6	11.3	163	0.2538	8.0
16	26	30	1.6	18	6	26.3	223	0.2507	8.0
17	19	10	0.8	14	18	11.0	138	0.2507	8.0
18	26	10	0.8	14	18	19.45	181	0.2526	8.0
19	19	30	0.8	14	18	16.51	165	0.2311	8.0
20	26	30	0.8	14	18	25.5	207	0.2654	8.0
21	19	10	1.6	14	18	13.0	190	0.2943	8.0
22	26	10	1.6	14	18	26.0	197	0.2637	8.0
23	19	30	1.6	14	18	16.0	206	0.2096	8.0
24	26	30	1.6	14	18	39.3	220	0.2596	8.0
25	19	10	0.8	18	18	12.3	128	0.2660	8.0
26	26	10	0.8	18	18	25.3	201	0.2334	8.0
27	19	30	0.8	18	18	15.3	160	0.2368	8.0
28	26	30	0.8	18	18	26.0	173	0.2521	8.0
29	19	10	1.6	18	18	15.3	200	0.2758	8.0
30	26	10	1.6	18	18	22.4	263	0.2618	8.0
31	19	30	1.6	18	18	18.3	170	0.2438	8.0
32	26	30	1.6	18	18	27.0	203	0.2361	8.0

Cuadro IV. (Continuación).

33	15.5	20	1.2	16	12	10.05	138	0.2466	8.0
34	29.5	20	1.2	16	12	30.3	166	0.2425	8.0
35	22.5	0.0	1.2	16	12	12.3	145	0.2744	8.0
36	22.5	40	1.2	16	12	13.45	187	0.2593	8.0
37	22.5	20	0.4	16	12	12.45	107	0.2185	8.0
38	22.5	20	2.0	16	12	28.0	206	0.2795	8.0
39	22.5	20	1.2	12	12	15.0	162	0.2179	8.0
40	22.5	20	1.2	20	12	17.0	189	0.2358	8.0
41	22.5	20	1.2	16	0.0	10.0	157	0.2756	8.0
42	22.5	20	1.2	16	24	20.0	216	0.2414	8.0
43	22.5	20	1.2	16	12	14.0	156	0.2512	8.0
44	22.5	20	1.2	16	12	16.15	149	0.2537	8.0
45	22.5	20	1.2	16	12	14.0	161	0.3056	8.0
46	22.5	20	1.2	16	12	14.30	163	0.2658	8.0
47	22.5	20	1.2	16	12	12.15	137	0.2329	8.0
48	22.5	20	1.2	16	12	14.15	177	0.2344	8.0
49	22.5	20	1.2	16	12	13.0	159	0.2473	8.0
50	22.5	20	1.2	16	12	15.0	183	0.2559	8.0
51	22.5	20	1.2	16	12	18.45	160	0.2328	8.0
52	22.5	20	1.2	16	12	15.0	152	0.2267	8.0

Nota: Los ingredientes están expresados en gramos de ingrediente por 100 g de harina.

Al analizar el efecto de cada una de las variables se encontró que todas afectan el tiempo de mezclado, con excepción de la grasa que no tuvo efecto significativo sobre la respuesta. Este resultado se puede explicar considerando que durante el mezclado las proteínas de la harina se unen exclusivamente con los lípidos naturales de la misma harina (Addo y Pomeranz, 1991), por lo que la presencia de cualquier nivel de grasa extra adicionada no afecta el tiempo de mezclado.

De las variables restantes el azúcar y la leche presentaron el mayor efecto seguidas por el huevo y la sal. No se encontraron referencias que expliquen este comportamiento; sin embargo, si se considera que el azúcar es un sólido que se disuelve en agua, existirá una competencia por ésta entre el azúcar y la harina.

Esto mismo sucede con la leche, por lo que se puede suponer que al aumentar la proporción de estos sólidos en la formulación, la competencia por el agua será mayor y como resultado se obtendrá un incremento en el tiempo de mezclado.

En lo que respecta a la sal, información publicada por Hlynka (1962) establece que al aumentar la proporción de este ingrediente a una muestra de harina, el tiempo requerido para alcanzar el desarrollo también se incrementa. Estos mismos resultados fueron reportados posteriormente por Galal y col. (1978) y en otro estudio semejante, por Bakhoun y Ponte Jr. (1982).

La ecuación que muestra el comportamiento se presenta a continuación:

$$\ln T_m = -0.467 + 0.0812 A + 0.0125 H + 30.42 S + 0.0144 G + 0.0413 L$$

Donde:

- $T_m$  Tiempo de mezclado (min).
- $A$  Nivel de azúcar: g azúcar /100 g de harina.
- $H$  Nivel de huevo: g de huevo/ 100 g de harina.
- $S$  Nivel de sal: g de sal / 100 g de harina.
- $G$  Nivel de grasa: g de grasa /100 g de harina.
- $L$  Nivel de leche: g de leche /100 g de harina.

En la figura 1 se presentan los resultados de los valores obtenidos con el modelo matemático comparados con los residuales (diferencia entre valor real y calculado).

De la figura se puede notar que el modelo ajusta en forma adecuada ya que los residuales son valores pequeños en comparación a los reales. A lo más representan el 10%.

#### *Tiempo total de fermentación*

Otro de los parámetros evaluados fue el tiempo total de fermentación. En este caso se observaron variaciones desde un mínimo de 107 min hasta un máximo de 263 min (cuadro III) lo cual representa para el primer caso una disminución del 100% respecto al tiempo esperado para una formulación promedio (205 min) y también de un incremento del 150% para el valor máximo encontrado, todo esto como resultado del nivel de ingrediente.

Al analizar estadísticamente qué ingrediente presentaba mayor efecto sobre la respuesta, se encontró que el azúcar, la sal y la leche tenían este comportamiento ( $\alpha < 0.001$ ), aumentando el tiempo total de fermentación a medida que se incrementaba la concentración del ingrediente. Asimismo se encontró que tanto el efecto por huevo como por grasa era mínimo. Respecto a estos resultados Rubenthaler y col. (1980)

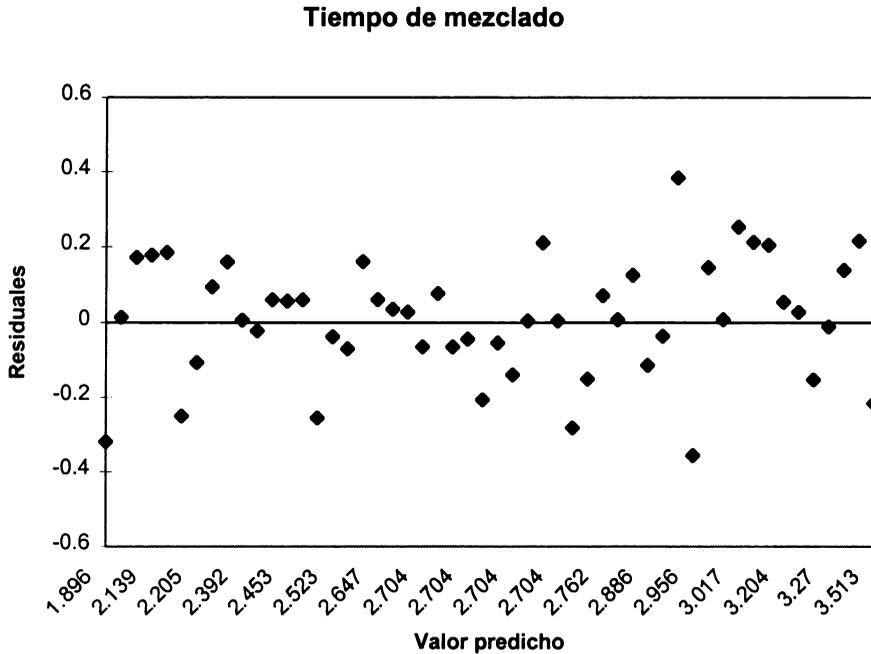


FIG. 1. Gráfica entre valor predicho y valor residual para tiempo de mezclado.

publicaron que al aumentar la concentración de azúcar desde 0 hasta 6% base harina, la velocidad de fermentación se incrementa, lo que disminuye el tiempo global de fermentación. En otro estudio, Marek y Bushuk (1967) reportaron que la producción de gas, por la levadura, aumenta siempre que la concentración de azúcar sea menor del 5%, valor por arriba del cual la fermentación se inhibe, disminuyendo la velocidad de reacción. Estos resultados concuerdan con los publicados por Dexter' y col. (1990) y con los encontrados en este estudio.

Para el caso de la sal se encontró que al aumentar la concentración de este ingrediente la velocidad de fermentación tiende a disminuir, aumentando los tiempos de proceso. Resultados semejantes fueron reportados por Marek y Bushuk (1967). No se encontró información sobre el efecto de huevo o grasa en el tiempo de fermentación.

Por otro lado, se observó que los datos seguían un comportamiento exponencial ( $r^2 = 0.7228$ ) y que no existe falta de ajuste ( $\alpha > 0.14$ ). La ecuación obtenida para la respuesta se muestra a continuación.

$$\ln T_t = 3.733 + 0.0265 A + 0.0047 H + 0.2854 S + 0.00693 G + 0.0181 L$$

Donde:

- $T_t$  Tiempo total de fermentación (min).
- $A$  Nivel de azúcar: g azúcar /100 g de harina.
- $H$  Nivel de huevo: g de huevo/ 100 g de harina.
- $S$  Nivel de sal: g de sal / 100 g de harina.
- $G$  Nivel de grasa: g de grasa /100 g de harina.
- $L$  Nivel de leche: g de leche /100 g de harina.

En la figura 2 se muestra un gráfico donde se compara el valor de los residuales contra el calculado a partir de la ecuación.

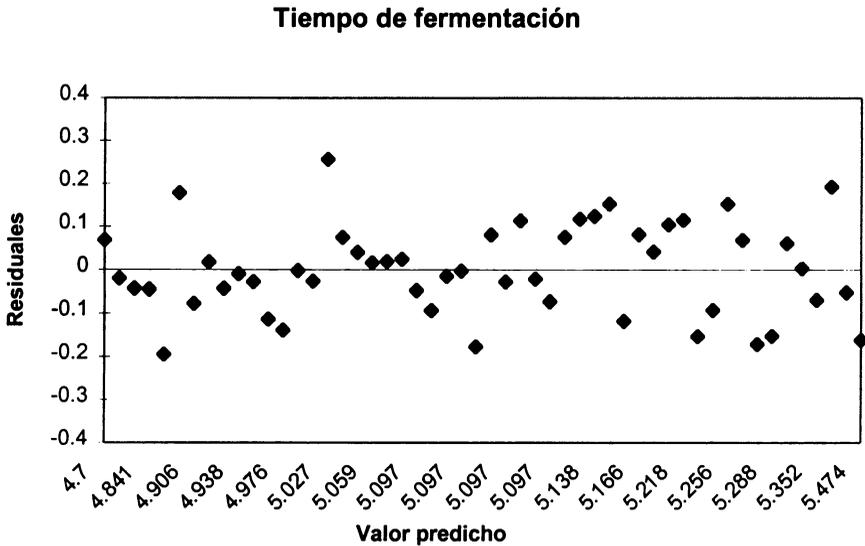


FIG. 2. Gráfica entre residuales y tiempo de fermentación calculado por la ecuación.

Como se puede observar en la figura 2, los valores residuales representan menos del 5% respecto a los calculados, por lo que a pesar de no concordar en forma precisa con los reales, pueden servir como herramienta de predicción.

#### *Densidad y calidad de miga*

Los productos elaborados con las diferentes formulaciones fueron evaluados en cuanto a densidad y calidad de miga. Para el caso de densidad, el análisis mostró que no existe efecto por nivel de ingrediente, lo que significa que, dentro de los niveles de experimentación ensayados, puede producirse pan de densidad adecuada sin importar qué cantidad de ingrediente haya sido utilizada. Estos resultados eran, de alguna forma, esperados, ya que al controlar el tiempo de fermentación a una altura específica el volumen se prefijaba, dando como resultado productos de volumen semejante, por lo que en este caso la calidad del producto estaría determinada por las condiciones de proceso.

En cuanto a calidad de miga los resultados fueron semejantes a densidad, ya que en todos los casos se observó una miga homogénea de calidad aceptable.

#### *Color de la miga y de la corteza*

En el cuadro V se presentan los resultados de la evaluación de los cambios en color en miga y corteza, debido al tipo y nivel de ingrediente.

CUADRO V. Luminosidad y cromaticidad en miga y corteza de pan.

No.	Formulación (g ingrediente/100 g harina)					Color					
	Azúcar	Huevo	Sal	Grasa	Leche	Miga			Corteza		
	g	g	g	g	g	L	a	b	L	a	b
1	19	10	0.8	14	6	67.23	-0.73	13.67	69.20	13.97	39.31
2	26	10	0.8	14	6	71.07	0.86	13.03	67.48	14.30	39.84
3	19	30	0.8	14	6	64.16	-0.34	15.62	56.97	18.28	35.32
4	26	30	0.8	14	6	66.74	-0.34	15.64	62.02	14.70	37.50
5	19	10	1.6	14	6	70.55	-0.60	12.92	67.20	15.21	40.82
6	26	10	1.6	14	6	68.80	-0.61	12.67	62.88	16.13	38.52
7	19	30	1.6	14	6	65.77	-0.62	13.60	59.19	16.89	37.46
8	26	30	1.6	14	6	62.35	-0.24	15.24	50.21	18.40	29.94
9	19	10	0.8	18	6	68.70	0.15	14.76	68.63	14.75	40.74
10	26	10	0.8	18	6	67.46	-0.84	13.80	74.67	9.35	36.47
11	19	30	0.8	18	6	63.54	1.72	17.02	65.55	15.87	40.73
12	26	30	0.8	18	6	61.70	-0.19	14.93	56.52	16.14	32.00
13	19	10	1.6	18	6	70.17	-0.67	14.29	68.38	14.24	39.54
14	26	10	1.6	18	6	70.68	-0.41	13.95	67.94	15.13	41.44
15	19	30	1.6	18	6	65.95	-0.10	14.51	58.97	16.80	37.35
16	26	30	1.6	18	6	55.38	6.55	21.83	64.33	12.13	35.27
17	19	10	0.8	14	18	69.47	-0.77	14.70	65.02	17.18	40.63
18	26	10	0.8	14	18	68.78	-0.86	14.17	58.59	19.84	38.65
19	19	30	0.8	14	18	68.49	-0.77	16.89	59.50	17.01	36.83
20	26	30	0.8	14	18	68.19	-0.39	16.90	54.67	20.33	36.00
21	19	10	1.6	14	18	71.70	-0.26	15.24	58.82	19.38	37.64
22	26	10	1.6	14	18	71.42	-0.81	13.48	64.82	17.47	41.02
23	19	30	1.6	14	18	64.43	0.46	14.77	57.19	16.75	36.91
24	26	30	1.6	14	18	67.06	-0.15	17.07	47.38	20.04	27.66
25	19	10	0.8	18	18	68.91	-0.26	15.30	59.08	18.91	38.47
26	26	10	0.8	18	18	67.46	0.13	15.31	56.57	19.18	36.39
27	19	30	0.8	18	18	66.21	-0.72	13.62	61.69	14.40	37.58
28	26	30	0.8	18	18	67.79	-0.83	13.98	59.92	17.03	37.63
29	19	10	1.6	18	18	69.04	-0.68	15.00	59.67	18.34	38.53
30	26	10	1.6	18	18	69.17	-0.8	13.87	60.41	18.33	38.21
31	19	30	1.6	18	18	65.68	-0.73	15.37	55.68	18.48	35.06
32	26	30	1.6	18	18	67.78	-0.63	14.82	56.98	18.66	36.34
33	15.5	20	1.2	16	12	66.44	0.71	14.81	68.94	13.94	40.18
34	29.5	20	1.2	16	12	68.11	-0.28	15.47	55.60	17.46	32.72
35	22.5	0.0	1.2	16	12	69.54	-0.92	13.03	64.13	17.35	40.83
36	22.5	40	1.2	16	12	66.28	-0.55	15.77	58.08	18.31	37.6
37	22.5	20	0.4	16	12	67.75	-0.59	14.21	63.32	17.43	40.57
38	22.5	20	2.0	16	12	66.00	-0.44	13.86	67.14	15.47	40.69
39	22.5	20	1.2	12	12	63.81	-0.75	13.96	54.69	19.40	35.06
40	22.5	20	1.2	20	12	67.12	-0.96	14.04	61.61	16.63	36.01
41	22.5	20	1.2	16	0.0	64.96	-0.47	13.96	64.11	12.15	35.01
42	22.5	20	1.2	16	24	72.98	-0.94	14.96	64.67	17.53	40.46
43	22.5	20	1.2	16	12	66.42	-0.74	14.69	61.22	18.47	39.77
44	22.5	20	1.2	16	12	65.26	-0.48	15.01	66.06	15.91	41.37
45	22.5	20	1.2	16	12	66.42	-0.74	14.69	63.53	14.80	36.62
46	22.5	20	1.2	16	12	66.92	-0.59	14.76	64.30	17.17	40.55
47	22.5	20	1.2	16	12	68.34	-0.66	14.67	59.23	18.40	37.67
48	22.5	20	1.2	16	12	71.54	-0.72	12.79	67.37	15.41	39.16
49	22.5	20	1.2	16	12	67.54	-0.72	14.71	56.39	19.40	36.90
50	22.5	20	1.2	16	12	69.48	-0.63	14.99	58.18	18.79	35.75
51	22.5	20	1.2	16	12	68.97	-0.46	13.93	59.25	18.82	38.11
52	22.5	20	1.2	16	12	63.60	1.53	16.74	57.98	16.96	36.15



observó que las muestras se encontraban en un valor intermedio entre el blanco perfecto ( $L = 100$ ) y el negro absoluto ( $L = 0$ ), ya que las cortezas presentaron niveles entre 47 y 68. Al analizar estadísticamente estos datos se encontró que se comportaban linealmente ( $\alpha < 0.001$ ), ejerciendo efecto sobre este parámetro el nivel de huevo ( $\alpha < 0.001$ ), seguido por el nivel de leche ( $\alpha = 0.002$ ) y azúcar ( $\alpha = 0.046$ ). Los niveles de grasa y sal no afectaron la luminosidad. A este respecto Rubenthaler y col. (1963) citan que la presencia de aminoácidos, como la glicina o la lisina y de azúcares como lactosa, glucosa o fructosa fomentan el oscurecimiento de la corteza del producto. Por otro lado, Pearce y col. (1984) encontraron que al aumentar la proporción de leche descremada en polvo en fórmulas para pastel el color de la corteza también se torna más oscuro. Estos resultados son los esperados, ya que la leche por un lado es fuente de lactosa y proteína, mientras que el huevo es fuente de proteína.

Para el caso de la sacarosa (azúcar no reductor), la presencia de invertasas debidas a la levadura genera la hidrólisis de este disacárido formando sus monómeros: fructosa y glucosa, los cuales fácilmente reaccionan con los aminoácidos para formar componentes de color. Esta reacción es la de Maillard (Eskin y col., 1971).

Al analizar estadísticamente los resultados se encontró que no hubo falta de ajuste de los datos al modelo ( $\alpha = 0.426$ ), pero la ecuación no explica todos los datos generados ( $r^2 = 0.4665$ ), razón por la cual no se presenta.

Para el caso del parámetro "a" (nivel de rojo y verde), se encontró que todas las cortezas presentaban tonalidades rojizas (valor de "a" positivo), variando los valores desde un mínimo de 9.35 hasta un máximo de 20 unidades. En este caso también se observó una relación lineal ( $\alpha < 0.001$ ), donde el único ingrediente que presentó efecto fue la leche ( $\alpha < 0.001$ ), seguido de la grasa ( $\alpha = 0.04$ ). Tampoco hubo falta de ajuste ( $\alpha = 0.373$ ) y nuevamente la ecuación no explica toda la información ( $r^2 = 0.4321$ ), razón por la cual tampoco se presenta.

Para el caso de las tonalidades amarillas (b) se observó que también seguían un comportamiento lineal ( $\alpha < 0.001$ ), siendo afectadas exclusivamente por huevo ( $\alpha < 0.001$ ), y en menor proporción azúcar ( $\alpha = 0.004$ ). Los otros ingredientes (sal, grasa y leche) no afectaron esta respuesta. En este caso los valores de "b" variaron de 27 a 40. Tampoco hubo falta de ajuste ( $\alpha = 0.227$ ), pero el modelo no explica la totalidad de la información por lo que no se presenta ( $r^2 = 0.3823$ ).

De toda esta información se puede concluir que es factible obtener pan de buena calidad variando las condiciones de proceso en función de la formulación utilizada, en específico el tiempo de mezclado y el de fermentación, y en cuanto a parámetros de calidad, únicamente se ven afectados el color de la corteza y la luminosidad de la miga; los ingredientes que más afectan son el huevo, la leche y el azúcar.

## SUMMARY

The effect of different ingredients levels (sugar, egg, salt, milk and shortening) on mixing and fermentation time and of sweet breadmaking dough was studied. The effect of same ingredients on bread density, crumb characteristics and crust and crumb color was also evaluated. A central rotatable composite design with 10 repetitions of central point was used. Results were evaluated by response surface methodology, getting regression equations, analysis of variance and lack of fit test. Significant effect was also reported for each variable. Results showed that mixing time is affected by all studied

ingredients, except shortening, giving longer mixing time with at higher ingredient concentration, mainly with sugar and milk. The same behavior was observed on total fermentation time, in which sugar, salt and dry milk resulted in major effects. There were no effect on density and crumb characteristics. Color as a quality parameter was the unique affected variable, showing in the crumb the major influence provoked by egg and in the crust because of milk and sugar. It was concluded from this work that it is possible to get a good quality bread just varying process conditions as a function of the used formula, requiring longer mixing times with higher hygroscopic ingredients concentration, like sugar, milk and salt.

### BIBLIOGRAFÍA

- ABBOUD, A. M.; G. L. RUBENTHALER and R. C. HOSENEY, 1985. Effect of fat and sugar in sugar-snap cookies and evaluation of tests to measure cookie flour quality. *Cereal Chem.*, **62**(2):124-129.
- ADDO, K. and Y. POMERANZ, 1991. Lipid binding and fatty acid distribution in flour, dough and baked and steamed bread. *Cereal Chem.*, **68**(6):570-572.
- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS, 1983. *Cereal Laboratory Methods*. Edt. AACC. St. Paul Minn. USA.
- BAKHOUMMM, T. and J. G. PONTE JR., 1982. Combined effects of sodium chloride and hydrochloric acid on wheat flour strength. *Cereal Chem.*, **59**(1):37-40.
- BIRCH, R. E. and P. L. FINNEY, 1980. Note on fresh egg yolk in 50% whole wheat bread. *Cereal Chem.*, **57**(6):448-449.
- CALDERÓN, D. G.; G. E. JIMÉNEZ, C. M. G. TREJO y R. R., FARRERA, 1995. Efecto de la adición de diferentes niveles de ingredientes sobre calidad en pan dulce (bizcocho). *Información Tecnológica*, **6**(1):57-63.
- CZUCHAJOWSKA, Z.; Y. POMERANZ and H. C. JEFFERS, 1989. Water activity and moisture content of dough and bread. *Cereal Chem.*, **66**(2):128-132.
- DEXTER, J. E.; R. H. KILBORN and K. R. PRESTON, 1990. The effect of formula variations and dough development method on Colombian Aliñado bread properties. *Cereal Chem.*, **62**(1):46-52.
- EL-HADY, E. A.; S. K. EL-SAMAHY, W. SEIBEL and J. M. BRÜMMER, 1996. Changes in gas production and retention in non prefermented frozen wheat doughs. *Cereal Chem.*, **73**(4):472-477.
- ESKIN, N. A. M.; H. M. HENDERSON and R. J. TOWNSEND, 1971. *Biochemistry of foods*. Academic Press. First edition. New York. USA. pp. 69-103.
- FINNEY, K. F., 1978. Contribution of individual chemical constituents to the functional (breadmaking) properties of wheat, in "Postharvest Biology and Biotechnology", Edited by Hultin H.O. and Milner, F. Food and Nutrition Press. Westport Conn. USA. pp. 267-288.
- GALAL, A. M.; E. VARRIANO-MARTSON and J. H. JOHNSON, 1978. Rheological dough properties as affected by organic acids and salt. *Cereal Chem.*, **55**(5):683-691.
- HERNÁNDEZ, S., 1990. Cámara Nacional de la Industria de la Panificación. Recetas de pan dulce. Comunicación personal.
- HLINKA, I., 1962. Influence of temperature, speed of mixing and salt on some rheological properties of dough in the farinograph. *Cereal Chem.*, **39**:286-303.
- HOSENEY, R. C.; D. R. LINEBACK and P. A. SEIB, 1983. Role of starch in baked foods. *Baker's Digest*, **57**(4):65-71.
- HOSENEY, R. C.; K. F. FINNEY and M. P. SHOGREN, 1971. Functional (breadmaking) and biochemical properties of wheat flour components. VII. Starch. *Cereal Chem.*, **48**(2):191-201.
- HUEBNER, R. F., 1977. Wheat flour proteins and their functionality in baking. *Baker's Digest*, **51**(5):25-31.

- KALDY, M. S.; G. I. RUBENTHALER, G. R. KERELIUK, M. A. BERHOW and C. E. VANDERCOOK, 1991. Relationships of selected flour constituents to breadmaking quality. *Cereal Chem.*, **68**(5):508-512.
- MAC RITCHIE, F.; D. D. KASARDA and D. D. KUZMICKI, 1991. Characterization of wheat protein fractions differing in contributions to breadmaking quality. *Cereal Chem.*, **68**(2):122-130.
- MANHDI, J. G.; A. L. SHAIBANI and H. M. DAWOUD, 1986. The effect of different ingredients on the dough rheological properties as measured by resistograph. *Iraqi J. Agri. Sci.*, "ZANCO" **4**(3):119-130.
- MAREK, C. J. and W. BUSHUK, 1967. Study of gas production and retention in doughs with a modified Brabender oven-rise recorder. *Cereal Chem.*, **44**(3):300-307.
- MARX, J. T.; B. D. MARX and J. M. JOHNSON, 1990. High fructose corn syrup cakes made with all purpose flour or cake flour. *Cereal Chem.*, **67**(5):502-504.
- MATTHEWS, R. H. and E. H. DAWSON, 1966. Performance of fats in white cake. *Cereal Chem.*, **43**(5):538-545.
- MIZUKOSHI, M., 1985. Model studies of cake baking IV. Effects of cake ingredients and cake formula on shear modulus of cake. *Cereal Chem.*, **62**(2):247-251.
- OLEWNIK, M. C. and K. KULP, 1984. The effect of mixing time and ingredient variation on farinograms of cookie doughs. *Cereal Chem.*, **61**(6):532-537.
- STATE EASE CO., 1995. Design expert 4.06. (DX4).
- PEARCE, L. A.; E. A. DAVIS and J. GORDON, 1984. Thermal properties and structural characteristics of model batters containing non fat dry milk. *Cereal Chem.*, **61**(5):549-554.
- RAEKER, M. O. and L. A. JOHNSON, 1995. Cake baking (high-ratio white layer) properties of egg white, bovine plasma and their protein fractions. *Cereal Chem.*, **72**(3):299-303.
- RUBENTHALER, G.; Y. POMERANZ and K. F. FINNEY, 1963. Effects of sugar and certain free amino acids on bread characteristics. *Cereal Chem.*, **40**(6):658-665
- RUBENTHALER, G. L.; M. L. HUANG and Y. POMERANZ, 1990. Steamed bread I. Chinese Steamed bread formulation and interactions. *Cereal Chem.*, **67**(5):471-475.
- RUBENTHALER, G. L.; P. L. FINNEY, D. E., DEMARAY and K. F. FINNEY, 1980. Gasigraph: Design, construction and reproducibility of a sensitive 12 channel gas recording instrument. *Cereal Chem.*, **57**(3):212-216.
- STERNHAGEN, L. G. and R. C. HOSENEY, 1994. Firming effects in danish pastry. *Cereal Chem.*, **71**(6): 560-563.