

También se podría determinar cómo variarían los resultados si se miden las burbujas en una área diferente que no fuera el centro de la rebanada.

Entre las cosas que se modificarían del experimento sería el utilizar un método más efectivo para medir la cantidad de burbujas o la liberación de CO₂ en el pan.

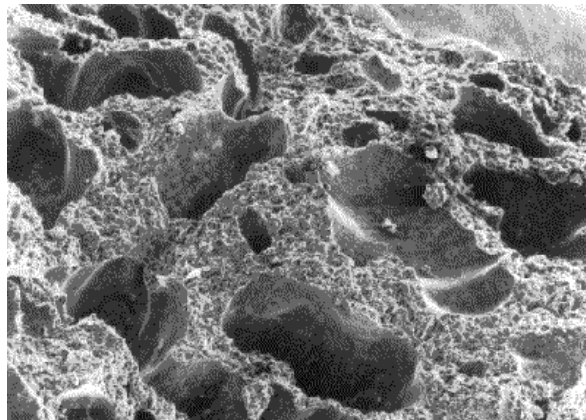
Referencias

1. Introduction to Quality Engineering – Designing Quality into Products and Processes by Genichi Taguchi (1988)
2. Breads – Williams – Sonoma Kitchen Library (1996)
3. Baking and Baking Science – William Prejean:
<http://users.accescomm.net/~prejean/>
4. The science of bread making:
<http://www.crop.cri.nz/foodinfo/millbake/science.htm>
5. Taguchi Methods & Robust Desing:
<http://www.amsup.com/TAGUCHI>
6. Introduction to “Taguchi Method” – Du Pont K.K. Technical Center T/C Quality Improvement Commette (1993)
7. What is a Design Experiment?
<http://www.kavanaugh.com/doewhat.html>

Conclusión

La elaboración del pan depende de varios factores y éstos determinan si el pan es de buena calidad. Por medio de este experimento pudimos determinar cuáles eran estos factores, para entonces obtener una receta óptima. Los análisis estadísticos nos ayudaron a determinar que la cantidad de burbujas sí cambia, al alterar los factores. Con las medias se determinó que el experimento 5 es una buena opción para una receta óptima, debido a que fue el experimento con la cantidad menor de burbujas. Utilizando el método Taguchi se pudo identificar los factores que alteran la cantidad de burbujas. Si comparamos los factores de la receta óptima obtenida por Taguchi y los factores usados es el experimento 5 encontramos que todos los niveles de los factores son iguales, excepto el factor 3.

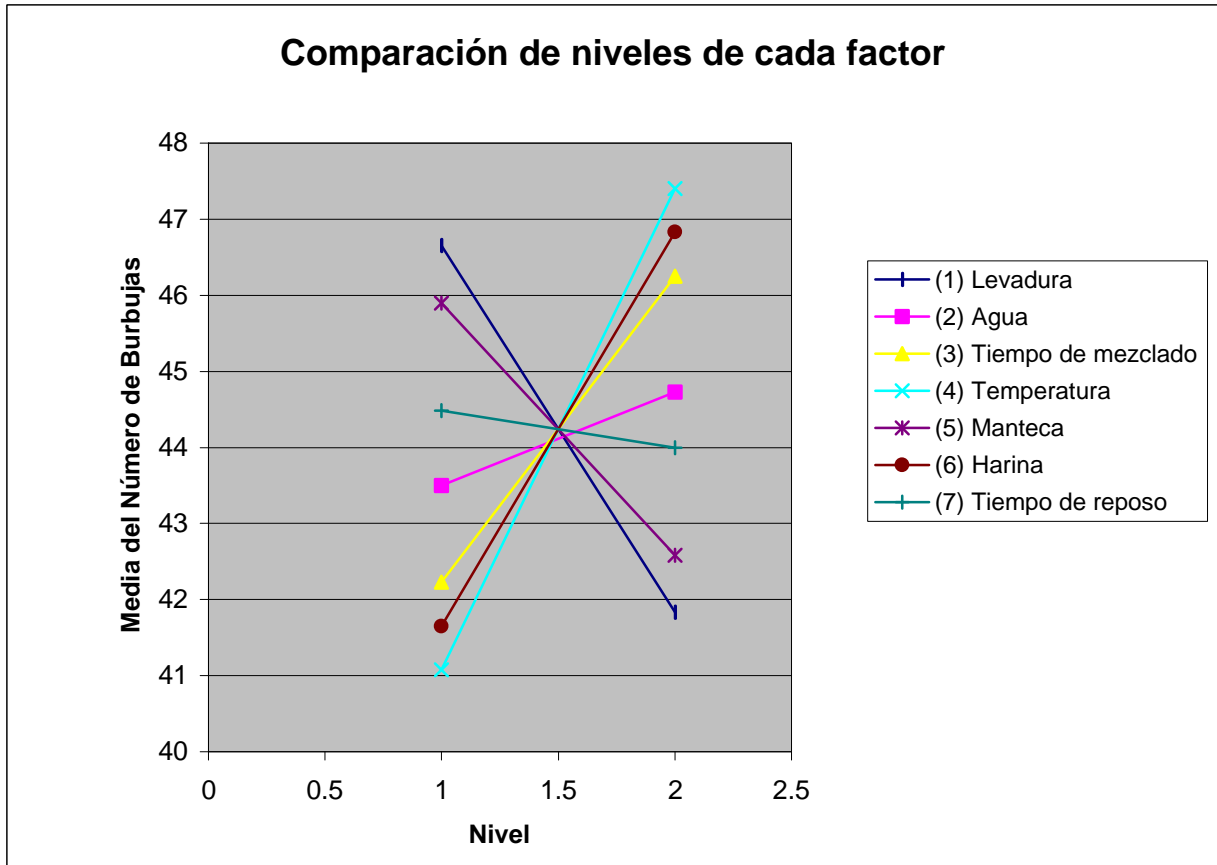
Si analizamos los niveles de los factores podemos decir que los factores 1 y 5, a nivel dos, disminuyen el número de burbujas porque al tener más levadura hace que se libere más CO_2 y al tener menos manteca hay menos grasa, por lo tanto se aglomera menos la masa. Los factores 3, 4 y 6 a nivel dos aumentan la cantidad de burbujas debido a que como la temperatura aumenta, la masa se seca y no se libera CO_2 . La temperatura a la que se hornea el pan es uno de los factores más importante porque es aquí donde la masa se convierte a un producto ligero, poroso y digerible. También el mantener la masa mezclándose más tiempo puede causar que el CO_2 se libere en el mezclado y no en el reposo o cuando se hornea. La parte interior del pan tiene un aspecto parecido al siguiente:



Mientras más CO_2 se libere más grandes van a ser las burbujas y por lo tanto van a haber menos burbujas en la superficie del pan.

Problemas o situaciones que merecen estudio adicional

El diseñar un método para medir la cantidad de CO_2 que se libera al preparar pan sería un buen problema a resolver a partir de este experimento, de esta forma los resultados de un experimento como éste podrían ser más confiables. Otro situación que merece estudio adicional sería el investigar más a fondo cómo cada factor afecta la producción de CO_2 en el pan. Por ejemplo si se utiliza otro tipo de harina o levadura.



Esta gráfica muestra que al pasar del nivel 1 al nivel 2 los factores que disminuyen la cantidad de burbujas son los factores 1 y 5. Los factores que aumentan la cantidad de burbujas son los factores 3,4 y 6. Los factores 2 y 7 no causan una gran variación en la calidad del pan. Para buscar la receta óptima se utiliza el nivel, de cada factor, que menos burbujas produzca. Para este experimento la receta óptima del pan sería:

Factor	Nivel
(1) Levadura	II (30 g)
(2) Agua	I (237 mL)
(3) Tiempo de mezclado	I (10 min.)
(4) Temperatura	I (350°F)
(5) Manteca	II (15 g)
(6) Harina	I (690 g)
(7) Tiempo de reposo	II (80 min.)

- La cantidad de sal y azúcar es constante

Observaciones

Experimento	Masa	Sabor	Otros
1	Un poco pegajosa	Un poco salado	N/A
2	Chiclosa	Salado	Menos consistencia
3	Buena	Muy salado	No hubo residuo en recipiente
4	Un poco chiclosa	Regular	Se expandió en el molde
5	Buena	Bueno	En el tiempo de reposo subió mucho
6	Dura	Un poco salado	No subió mucho
7	Suave	Regular	No subió mucho
8	Dura	Salado	Casi no subió

*Nota: Para obtener el sabor del pan se dió a probar cada muestra a un grupo aproximadamente de 8 personas.

Método Taguchi

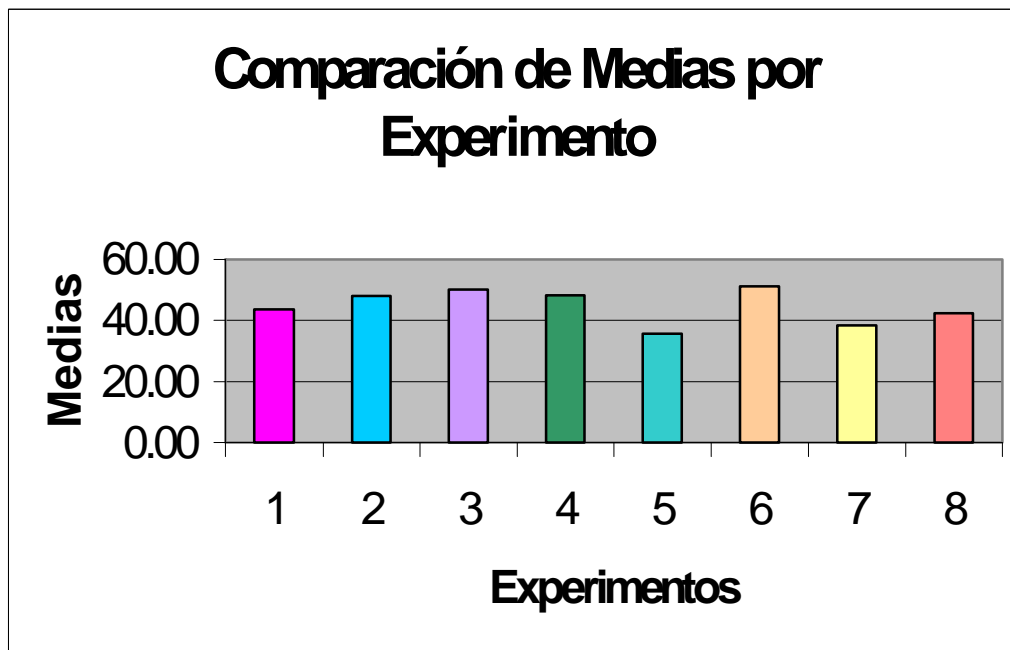
A la misma vez que utilizamos los análisis estadísticos, utilizamos el método diseñado por el Prof. Taguchi. Para éste utilizamos las medias de la cantidad de burbujas de cada factor por nivel. Luego éstas fueron colocadas en una gráfica para determinar cuáles factores aumenta y disminuyen la cantidad de burbujas. Los factores que disminuyen la cantidad de burbujas son los que se utilizan para determinar la receta óptima.

Factor	Media de la Cantidad de Burbujas a Nivel I	Media de la Cantidad de Burbujas a Nivel II
(1) Levadura	46.65	41.83
(2) Agua	43.50	44.73
(3) Tiempo de mezclado	42.23	46.25
(4) Temperatura	41.08	47.40
(5) Manteca	45.90	42.58
(6) Harina	41.65	46.83
(7) Tiempo de reposo	44.48	44.00

Anova: Single Factor				
Resumen		Cantidad	De	Burbujas
Grupos	Número de Observaciones	Sumatoria	Media	Varianza
Experimento 1	3	131	43.67	70.33
Experimento 2	3	144	48.00	19.00
Experimento 3	3	150	50.00	79.00
Experimento 4	3	145	48.33	2.33
Experimento 5	3	107	35.67	34.33
Experimento 6	3	153	51.00	7.00
Experimento 7	3	115	38.33	17.33
Experimento 8	3	127	42.33	10.33

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	662.00	7.00	94.57	3.16	0.03	2.66
Within Groups	479.33	16.00	29.96			
Total	1141.33	23.00				

El valor F que se presenta en la tabla es el valor de la estadística prueba. Fcrit. es el punto crítico. Cuando el valor de F es mayor que el punto crítico la hipótesis nula se rechaza. Como en nuestra prueba el valor de F es de 3.16 y el de F crit es de 2.66, la hipótesis nula se rechaza a favor de la alterna. Otra forma es comparando el valor p con el nivel de significancia. Si el valor p de la prueba es menor que el nivel de significancia se rechaza la hipótesis nula a favor de la alterna, si el valor es mayor se acepta. El valor p de la prueba es de 0.03 y el nivel de significancia es de 0.05, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula.



Para hacer la prueba a la hipótesis nula se hizo un análisis de varianza: ANOVA. Este análisis tiene como objeto comparar las medias de dos o más poblaciones. El procedimiento de comparar las medias envuelve analizar la variación de la data. Para poder llevar a cabo el análisis de ANOVA se asume lo siguiente:

1. Muestras independientes: Las muestras tomadas de varias poblaciones son independientes una de la otra.
2. Poblaciones normales: Las poblaciones de las muestras tienen distribución normal.
3. Desviación estándar igual: La desviación estándar de la población es la misma.

El procedimiento ANOVA utiliza una clase de distribución continua de probabilidad llamada distribución F.

Utilizamos una de las muchas ventajas del programa Excel para llevar a cabo el análisis de varianza ANOVA. En nuestro experimento la hipótesis nula es que las medias de los experimentos son iguales ($H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 = \mu_7 = \mu_8$). La hipótesis alterna es que por lo menos una de las medias va a ser diferente. El nivel de significancia es de 0.05. Según esta información el resultado fue el siguiente:

Datos Obtenidos

Cantidad de Burbujas por pulgada cuadrada

Muestra	Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3	Experimento 4
1	49	53	47	50
2	48	46	43	47
3	34	45	60	48
Media	43.67	48.00	50.00	48.33
Desv. Est.	8.39	4.36	8.89	1.53

Muestra	Experimento 5	Experimento 6	Experimento 7	Experimento 8
1	40	54	43	41
2	38	50	35	40
3	29	49	37	46
Media	35.67	51.00	38.33	42.33
Desv. Est.	5.86	2.65	4.16	3.21

Media de la Población	44.67
Desv. Est. Pobl.	15.19

Comparación de las Medias

Experimento	Medias de las burbujas (por pulgada ²)
1	43.67
2	48.00
3	50.00
4	48.33
5	35.67
6	51.00
7	38.33
8	42.33

Procedimiento:

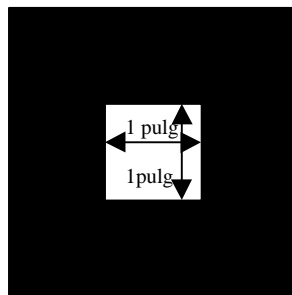
Se mezclaron todos los ingredientes excepto la levadura y el agua. Después que la manteca se incorporó bien a la harina, se agregó la levadura. Se mezcló por dos minutos (se puede usar una espátula para acelerar el proceso).

Se añadió el agua poco a poco hasta que la masa alcanzó la consistencia deseada (debe ser bien elástica pero no pegajosa). Se sacó la masa de la mezcladora y se dejó reposar por cinco minutos cubierta con un paño. Luego se boleó la masa y se dejó reposar por otros cinco minutos aproximadamente. Se cortó en dos pedazos iguales y se boleó nuevamente. Se dejó reposar cinco minutos.

Se le dió forma al pan. Se puso sobre una bandeja de horno, cubierta con papel de hornear, y se dejó que subiera por el tiempo estipulado para cada nivel. Se cubrió el pan con un paño. Justo antes de llevar al horno se pintó la superficie del pan con huevo batido y agua. (se preparó batiendo ligeramente el huevo con tres cucharadas de agua).

Se colocó en el horno pre-calentado a la temperatura estipulada para cada nivel hasta que estuvo cocido. (Nota: El tiempo de horneado varía para cada horno).

Se hornearon 8 panes, cada uno siguiendo una de las recetas estipuladas por el método de Taguchi. Luego de horneados se tomaron tres muestras de cada pan (esquinas y medio). Utilizando un cuadro previamente preparado, el cual medía 1 pulgada cuadrada, se contó la cantidad de burbujas en la superficie de cada muestra (tajada de pan). La medida se tomaba en el centro de la rebanada. El cuadro utilizado lucía como el siguiente:



Se anotaron los resultados en una tabla y se hicieron los análisis estadísticos pertinentes.

descomponer toda la variación de la información en la suma de variaciones clasificadas por causas. Este propósito no se puede cumplir si el arreglo no es ortogonal.

Factores							
Experimento	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

Los números 1 al 8 se refieren al número del experimento. Cada columna es un arreglo que contiene cuatro 1s y cuatro 2s que representan los dos niveles para cada factor o variable. Para un experimento dado, en cualquiera de dos columnas hay cuatro combinaciones posibles : (1,1), (1,2), (2,1) y (2,2). Si cada una de estas cuatro combinaciones aparece el mismo número de veces en un par de columnas, se dice que las columnas están balanceadas u ortogonales.

Factores	Nivel I	Nivel II
(1) Levadura	15 g (1 cucharada)	30g (2 cucharadas)
(2) Agua	237 mL (8 oz.)	178 mL (6 oz.)
(3) Tiempo de mezclado	10 minutos	20 minutos
(4) Temperatura	350°F	400°F
(5) Manteca	30 g (2 cucharadas)	15 g (1 cucharada)
(6) Harina	690 g (3 tazas)	460g (2 tazas)
(7) Tiempo de reposo	45 minutos	80 minutos

Receta utilizada:

Ingredientes
Harina
Sal (1 cucharada) constante
Azúcar (1 cucharada) constante
Manteca
Levadura Instantánea
Agua



La Receta Ideal de Pan

Laura del Fierro
Yanice Rivera

Descripción del problema:

Normalmente el pan debe generar suficiente CO_2 durante el proceso de tal manera que luzca apetitoso y blando, con una cubierta dorada. Hay muchas variables que afectan este proceso. El propósito de este proyecto es el de determinar la receta y condiciones de temperatura óptimas para una buena calidad del pan.

En nuestro caso, el punto óptimo del proceso de hornear será determinado cuando la receta se modifique hasta el punto en que el pan obtenido haya generado suficiente CO_2 como para dar una masa blanda (burbujas interiores grandes).

Nuestra hipótesis nula consiste en que las medias de cada experimento van a ser iguales. La hipótesis alterna consiste en que van a ser diferentes. La población de este trabajo es todos los panes que se pueden hacer a unas condiciones específicas. Estas condiciones son en un horno y una mezcladora específica. Por esta razón es que cada panadería tiene su sabor y consistencia característico.

Metodología del Estudio, Organización y Distribución de Trabajo

Se utilizó un diseño experimental basado en una matriz de Taguchi con 7 factores y un total de 8 experimentos.

El método de Taguchi fue creado por el Prof. Gen-ichi Taguchi como una técnica en el control de calidad. Éste está definido como una técnica para establecer los parámetros que minimicen la variación y determinen las condiciones óptimas de un procedimiento.

Si fuera un diseño factorial sería necesario un total de 2^7 experimentos para evaluar el total de los factores a dos niveles. La matriz de Taguchi hace uso de un arreglo ortogonal que reduce el número de experimentos a 8, también la llamada L_8 (2^7 (símbolo del diseño ortogonal)). Un arreglo ortogonal significa que los niveles de cada factor aparecen emparejados y completos en contra de otro nivel de otros factores. En el caso de experimentos ortogonalizados es posible obtener el efecto de factor sin que el efecto de otro factor interrumpa. Además, el propósito de un análisis de varianza es el de