



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), septiembre-octubre 2024,
Volumen 8, Número 5.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5

**APLICACIÓN DEL MODELO DE
EXPERIMENTACIÓN TAGUCHI PARA LA
OPTIMIZACIÓN DEL PH EN EL CONCENTRADO
DE HORCHATA A BASE DE SEMILLAS DE MELÓN**

**APPLICATION OF THE TAGUCHI EXPERIMENTAL
DESIGN FOR PH OPTIMIZATION IN MELON SEED-BASED
HORCHATA CONCENTRATE**

Stephany Arias Arias
Tecnológico Nacional de México

Julio César Romellón Cerino
Tecnológico Nacional de México

Margarita Quevedo Martínez
Tecnológico Nacional de México

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.14234

Aplicación del Modelo de Experimentación Taguchi para la Optimización del pH en el Concentrado de Horchata a base de Semillas de Melón

Stephany Arias Arias¹

L20300414@villahermosa.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0005-1802-2982>

Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Villahermosa
México

Julio César Romellón Cerino

julio.rc@villahermosa.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0003-2388-3128>

Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Villahermosa
México

Margarita Quevedo Martínez

mquevedo@macuspana.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0005-8981-6923>

Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico Superior de Macuspana
México

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es optimizar el pH del concentrado de horchata a base de semillas de melón, utilizando el modelo de experimentación Taguchi. Este factor es crucial para garantizar tanto la calidad del producto final como su estabilidad microbiológica. La metodología se basa en la realización de experimentos controlados donde se varía el pH en diferentes rangos, evaluando su impacto en el sabor, textura y vida útil de la horchata. A través de la aplicación del modelo Taguchi, se busca identificar el nivel de pH óptimo que maximice la calidad del producto y reduzca la variabilidad en el proceso de producción. Los principales hallazgos muestran que es posible determinar un nivel de pH ideal que contribuye significativamente a la mejora del producto, optimizando así su aceptación y durabilidad.

Palabras clave: optimización del Ph, modelo de experimentación Taguchi, concentrado de horchata

¹ Autor principal

Correspondencia: julio.rc@villahermosa.tecnm.mx

Application of the Taguchi Experimental Design for pH Optimization in Melon Seed-Based Horchata Concentrate

ABSTRACT

The objective of this work is to optimize the pH of melon seed-based horchata concentrate using the Taguchi experimental model. This factor is crucial to ensure both the final product's quality and its microbiological stability. The methodology is based on conducting controlled experiments where the pH is varied within specific ranges, evaluating its impact on the horchata's flavor, texture, and shelf life. Through the application of the Taguchi model, the aim is to identify the optimal pH level that maximizes product quality and reduces process variability. The main findings show that it is possible to determine an ideal pH level that significantly contributes to product improvement, thereby optimizing its acceptance and durability.

Keywords: pH optimization, taguchi experimental model, horchata concentrate

Artículo recibido 15 octubre 2024

Aceptado para publicación: 02 noviembre 2024



INTRODUCCIÓN

El modelo de experimentación Taguchi, desarrollado por el ingeniero japonés Genichi Taguchi, es una metodología estadística ampliamente utilizada para mejorar la calidad y eficiencia de procesos y productos (Taguchi G. , 1986). Su enfoque se basa en la identificación y control de factores clave que afectan el rendimiento de un proceso o producto, con el objetivo de lograr una calidad óptima y mínima variabilidad. Este método busca encontrar la combinación ideal de parámetros que reduzca la sensibilidad a variaciones indeseadas, promoviendo así la robustez y estabilidad del producto o proceso (Taguchi G. , 1986). Una característica distintiva del modelo Taguchi es su énfasis en el diseño robusto, que procura que los productos o procesos sean menos sensibles a las fluctuaciones en las condiciones operativas o ambientales (Taguchi & Wu, 2002). Al optimizar el rendimiento nominal y minimizar las variaciones, el modelo contribuye a una mayor consistencia y fiabilidad del resultado final. Este modelo ha sido aplicado en diversas industrias, desde manufactura hasta servicios, especialmente en contextos donde múltiples factores influyen en el resultado final (Phadke, 1989). En este artículo, se aplica el modelo Taguchi a la producción de concentrado de horchata a base de semillas de melón para identificar la combinación óptima que garantice un nivel de pH adecuado. El pH es crucial en este contexto porque influye en la eficacia del benzoato de sodio, un conservante utilizado comúnmente en alimentos y bebidas (Cubero, 2002). Se determinó que mantener el pH entre 2 y 6 es esencial para que el benzoato de sodio funcione de manera óptima en el concentrado de horchata elaborado con semillas de melón pues inhibe el crecimiento de microorganismos y asegura su estabilidad microbiológica. Este estudio aborda el problema de la variabilidad en el pH del concentrado, buscando una solución que garantice la calidad y seguridad del producto final. La relevancia de este trabajo radica en su contribución a la mejora de la producción de horchata, un producto que requiere un control preciso del pH para su conservación y aceptación en el mercado (Zavala Cruz, 2008). Los antecedentes investigativos en el área de optimización de procesos mediante el modelo Taguchi proporcionan el marco teórico para este estudio, respaldado por diversas investigaciones previas en aplicaciones similares. El objetivo principal de este trabajo es determinar el nivel óptimo de pH que maximice la calidad del concentrado de horchata, utilizando el modelo Taguchi para reducir la variabilidad en el proceso de producción.



Este enfoque no solo mejorará la calidad del producto, sino que también optimizará su durabilidad y aceptación en el mercado (Zapata, 2014).

METODOLOGÍA

Este estudio adopta un enfoque cuantitativo para la optimización del pH en el concentrado de horchata utilizando el modelo de experimentación Taguchi. El objetivo es identificar el nivel óptimo de pH que maximice la calidad del concentrado, reduciendo la variabilidad en el proceso de producción. La investigación es de tipo aplicativo pues se busca resolver un problema específico relacionado con la calidad del producto final a través de la aplicación práctica del modelo Taguchi. Este enfoque permite adaptar y aplicar técnicas estadísticas avanzadas para mejorar el proceso de producción de horchata.

El diseño utilizado es experimental, específicamente un diseño transversal. Los experimentos se llevan a cabo en una sola fase, en la que se varían los niveles de pH y se evalúa su impacto en la calidad del concentrado de horchata. Se aplican técnicas del modelo Taguchi para determinar la combinación óptima de parámetros que garantice el mejor resultado (García, 2015).

La población de estudio incluye los diferentes niveles de pH aplicados al concentrado de horchata durante el proceso de producción. La muestra está compuesta por 8 muestras de concentrado de horchata de semilla de melón con los factores y niveles producidos bajo condiciones controladas, variando en los niveles de pH establecidos por el diseño experimental.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizaron 8 experimentos, en este caso 8 muestras de concentrado de horchata de semilla de melón con los factores y niveles, a estos experimentos se les aplicaron 3 réplicas para identificar la variabilidad. Para la recolección de datos, se emplean las mediciones de pH, utilizando un medidor de pH calibrado para asegurar precisión en las mediciones.

Los factores estudiados son: Tiempo de secado de la semilla de melón, cantidad de semillas de melón, tipo de azúcar, cantidad de benzoato, tiempo de Mezclado y tipo de azúcar.

Para la recolección de datos, se emplea las mediciones de pH, utilizando un medidor de pH calibrado para asegurar precisión en las mediciones.

Tabla 1. Listado de los factores y sus códigos.

Factor	Código
Tiempo de secado de la semilla de melón.	A
Cantidad de semillas de melón.	B
Tipo de azúcar.	C
Cantidad de benzoato.	D
Tiempo de Mezclado.	E
Tipo de azúcar y cantidad de benzoato.	CXD

Tabla 2. Niveles a considerar en cada factor.

Código	Nivel 1	Nivel 2
A	60 grados centígrados (1hora)	125 grados centígrados (35 minutos)
B	500 gramos	425 gramos
C	Estándar	Refinada
D	4 gramos	6 gramos
E	20 minutos	35 minutos

Se seleccionó un arreglo ortogonal L_8 para la matriz, esto permite estudiar integralmente los 6 factores y los 2 niveles involucrados, complementado con tres corridas experimentales.

Tabla 3. Arreglo Ortogonal $L_8 2^7$ (Gutiérrez, 2008).

No. De corrida	Columna 1	Columna 2	Columna 3	Columna 4	Columna 5	Columna 6	Columna 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

2 factores: columnas 1,2

3 factores: columnas 1,2,4

4 factores: columnas 1,2,4,7

5 factores: columnas 1,2,4,7,6

6 factores: columnas 1,2,4,7,6,5

7 factores: las 7 columnas



En la siguiente tabla se puede ver el arreglo experimental seleccionado junto con los resultados obtenidos, con una característica de calidad nominal de valor 4.

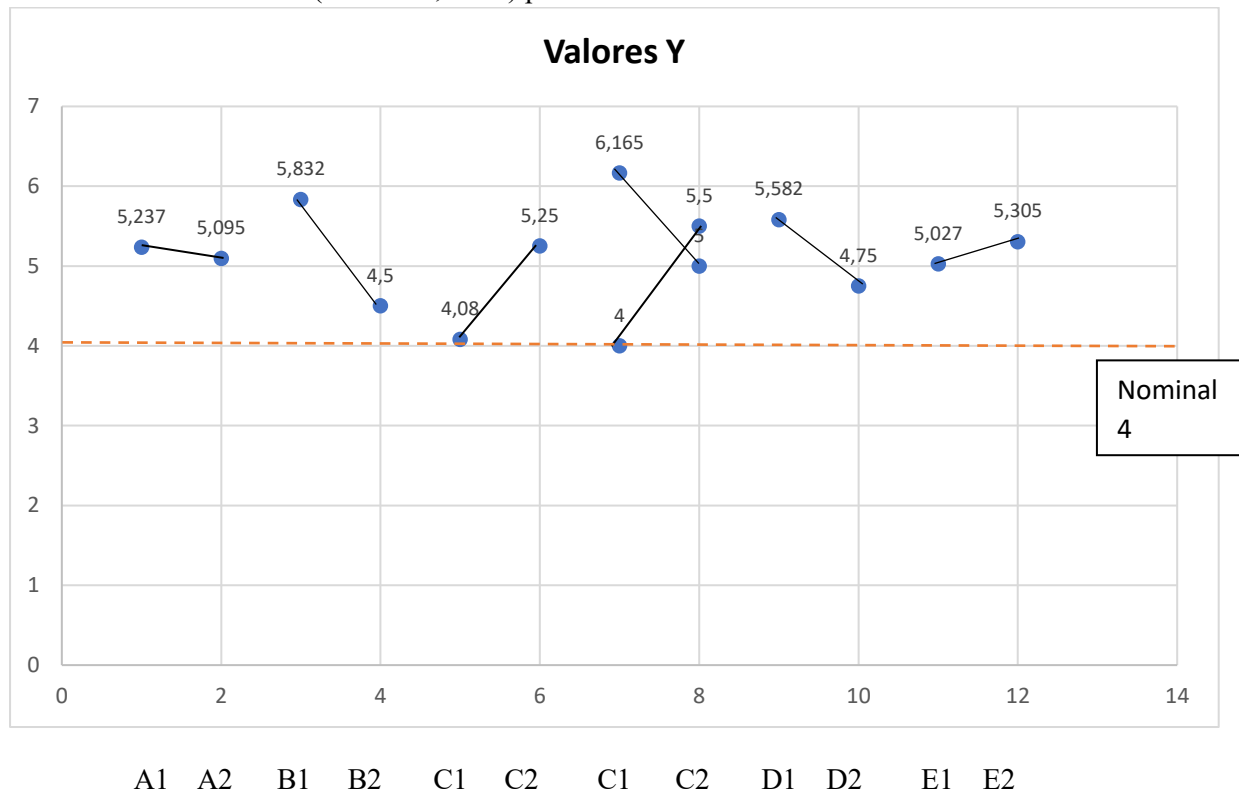
Tabla 4. Arreglo Ortogonal $L_8 2^7$ con los factores involucrados

No. de corrida experimental	A	B	3	C	CXD	D	E	R1	R2	R3	Promedio
1	1	1	1	1	1	1	1	5.31	5.52	5.61	5.48
2	1	1	1	2	2	2	2	6.54	5.89	5.37	5.93
3	1	2	2	1	1	2	2	3.97	3.98	4.02	3.99
4	1	2	2	2	2	1	1	5.62	5.51	5.52	5.55
5	2	1	2	1	2	1	2	6.53	6.9	7.14	6.85
6	2	1	2	2	1	2	1	5.26	5.15	4.81	5.07
7	2	2	1	1	2	2	1	3.96	4.05	4.02	4.01
8	2	2	1	2	1	1	2	4.09	4.22	5.04	4.45

Donde:

A1 = 5.237 C1 = 4.08 C2D1 = 5 E1 = 5.027
 A2 = 5.095 C2 = 5.25 C2D2 = 5.5 E2 = 5.305
 B1 = 5.832 C1D1 = 6.165 D1 = 5.582
 B2 = 4.5 C1D2 = 4 D2 = 4.75

Gráfico 1. Gráfico lineal (Escalante, 2008) promedio de los factores



Se observa en el gráfico 1 la combinación óptima de los factores que nos proporciona un resultado de:

A2 B2 C1 D2 E1

Donde:

A2 = 125 grados centígrados (35 minutos)

B2 = 500 gramos de semillas de melón

C1 = Azúcar estándar

D2 = 6 gramos de benzoato de sodio

E1= Mezclado por 20 minutos

Al aplicar el experimento de la combinación óptima encontrada, ésta nos proporciona un resultado de 4.00 de pH.

Se decide hacer la experimentación mediante S/R, (Cruz, 2012) (su valor nominal es lo mejor tipo 1) para comparar resultados, la cual se presenta a continuación:

Fórmula para S/R Nominal tipo 1

$$S/R = 10 \log \left(\frac{\bar{y}^2}{s^2} \right)$$

Tabla 5. Arreglo Ortogonal $L_8 2^7$ con los factores involucrados y S/R.

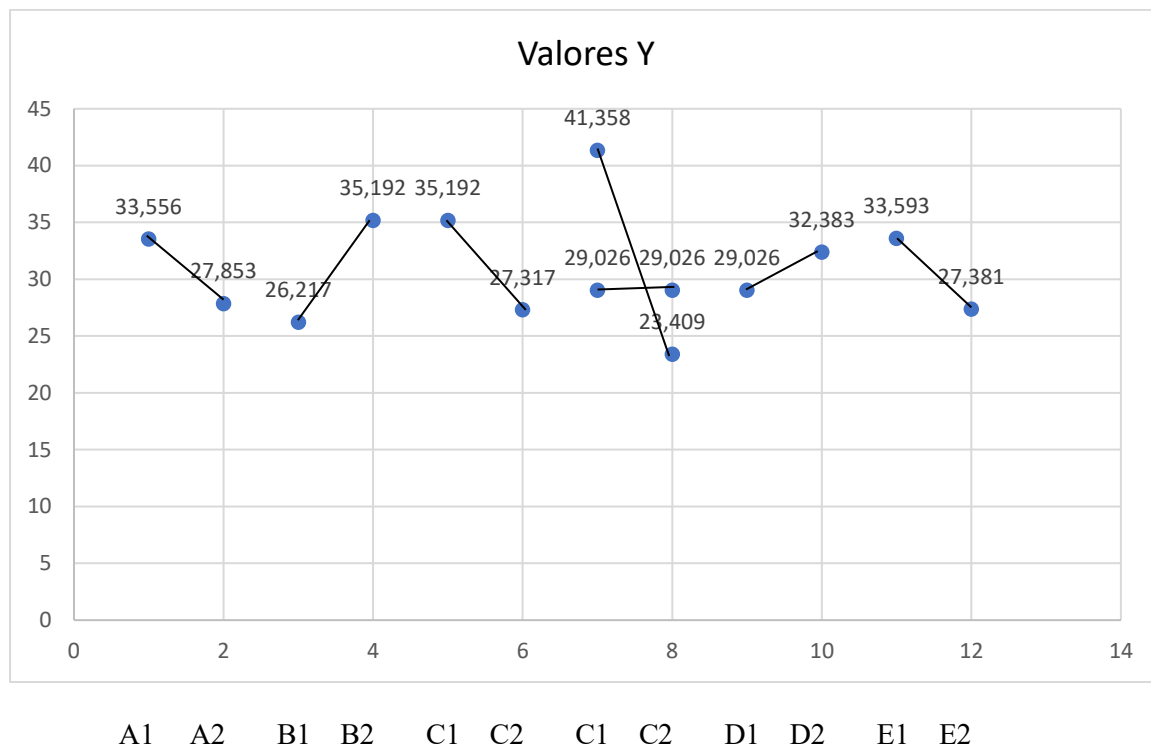
No. de corrida experimental	A	B	3	C	CXD	D	E	R1	R2	R3	\bar{y}	S	S/R
1	1	1	1	1	1	1	1	5.31	5.52	5.61	5.48	0.15	31.081
2	1	1	1	2	2	2	2	6.54	5.89	5.37	5.93	0.58	20.103
3	1	2	2	1	1	2	2	3.97	3.98	4.02	3.99	0.03	43.719
4	1	2	2	2	2	1	1	5.62	5.51	5.52	5.55	0.06	39.322
5	2	1	2	1	2	1	2	6.53	6.9	7.14	6.85	0.31	26.971
6	2	1	2	2	1	2	1	5.26	5.15	4.81	5.07	0.23	26.715
7	2	2	1	1	2	2	1	3.96	4.05	4.02	4.01	0.05	38.998
8	2	2	1	2	1	1	2	4.09	4.22	5.04	4.45	0.52	18.731

Donde:

A1 = 33.556	C1 = 35.192	C2D1 = 29.026	E1 = 33.593
A2 = 27.853	C2 = 27.317	C2D2 = 23.409	E2 = 27.381
B1 = 26.217	C1D1 = 29.026	D1 = 29.026	
B2 = 35.192	C1D2 = 41.358	D2 = 32.383	



Gráfico 2. Gráfico lineal S/R



La combinación óptima de los factores encontrada en el gráfico 2 para S/R, es la siguiente:

A1 B2 C1 D2 E1

Donde:

A1 = Tiempo de secado es de 60 centígrados durante una hora

B2 = 500 gramos de semillas de melón

C1 = Azúcar estándar

D2 = 6 gramos de benzoato de sodio

E1 = Mezclado por 20 minutos

Se observa que la diferencia se encuentra únicamente en el primer factor al compararlo con la combinación óptima encontrada con el análisis por promedio de los factores. Al aplicar la combinación óptima con S/R, ésta proporciona un resultado de 4.02 de pH.

CONCLUSIONES

Este estudio ha demostrado la efectividad del modelo de experimentación Taguchi para la optimización del pH en el concentrado de horchata a base de semillas de melón. Los resultados obtenidos indican que es posible identificar un nivel óptimo de pH que mejora significativamente la calidad del producto y

reduce la variabilidad en el proceso de producción. La aplicación del modelo Taguchi ha permitido determinar que el pH óptimo para maximizar la calidad del concentrado se encuentra en un rango específico. Este hallazgo está respaldado por los datos obtenidos a través de mediciones precisas. La metodología empleada ha sido fundamental para alcanzar estos resultados, destacando la robustez del diseño experimental y la validez de las técnicas de recolección de datos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Cruz, E. M. (2012). Una revisión crítica de la razón señal ruido usada por Taguchi. *Scientia Et Technica*, 52-56.
- Cubero, N. M. (2002). *Aditivos Alimentarios*. Ediciones mundi-prensa.
- Escalante, E. (2008). *Seis-Sigma Metodología y técnicas*. México: Limusa.
- García, A. B. (2015). La metodología de Taguchi en el control estadístico de la calidad. *Revista de la escuela de perfeccionamiento en investigación operativa*, 65-83.
- Gutiérrez, H. D. (2008). *Análisis y diseño de experimentos*. México: Mc Graw-Hill.
- Naranjo, F. (2019). *Tesis: Diseños experimentales de Taguchi fraccionados*. Celaya, Gto.: Tecnológico Nacional de México.
- Naranjo, F. P. (2020). Diseños ortogonales de Taguchi fraccionados. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*.
- Phadke, M. S. (1989). *Quality Enegineering Using Robust Design*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Taguchi, G. (1986). *Introduction to quality engineering*. Tokio: Asian Productivity Organization.
- Taguchi, G., & Wu, Y. (2002). *Taguchi's Quality Engineering*. Hoboken, NJ: Wiley.
- Wu, Y. &. (1997). *Diseño robusto utilizando los métodos Taguchi*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Zapata, A. S. (2014). Mejoramiento de la calidad del café soluble utilizando el método Taguchi. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 22(1), 116-124.
- Zavala Cruz, G. G. (2008). Una visión universitaria: El pH, sustento en el equilibrio químico para la vida celular. *CienciaUAT*, 2(4), 62-66.

