

PAIN 2018

Programa de apoyo a la iniciación en la investigación

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:

Desarrollo de un proceso óptimo de elaboración de snack de manzana delicia (Malus Communis) enriquecido con miel de abeja mediante deshidratación osmótica y secado por aire caliente (DO-SAC) en función a su contenido de fenoles totales.

AUTOR(A):

López Romero, Diego Alonso

FACULTAD - ESPECIALIDAD:

Ciencias e Ingeniería – Ingeniería industrial

DOCENTE ORIENTADOR:

Huayta Socantaype, Fredy Vicente

AÑO (*):

2019

(*): Año de finalización de la investigación

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
Grupo de Investigación en Tecnologías y Procesos Agroindustriales
(ITEPA-PUCP)



Sistema de Información DGI
Programa de apoyo a la iniciación en la investigación (PAIN) 2018

TEXTO ACADÉMICO

“Desarrollo de un proceso óptimo de elaboración de snack de manzana delicia (Malus Communis) enriquecido con miel de abeja mediante deshidratación osmótica y secado por aire caliente (DO-SAC) en función a su contenido de fenoles totales”

Estudiante Responsable
DIEGO ALONSO LÓPEZ ROMERO

Facultad: CIENCIAS E INGENIERIA

Especialidad: INGENIERÍA INDUSTRIAL

Discusión y Resultados

A través del presente texto académico, se expondrán los resultados y se discutirán sobre los mismos. Asimismo, se adjunta la referencia bibliográfica y los anexos al final del documento.

- **Caracterización de la materia prima a emplear:**

Tabla 1: Caracterización de materia prima

Parámetro		Materia prima				
		Manzana	Miel			
			Presente proyecto	Oroian	Terrab et al.	Silva et al.
Físico-química	Humedad (%)	86.03 ± 0.01	18.79 ± 0.07	16.8-19.5	14.2-19.8	13.52-19.70
	Sólidos solubles (°Brix)	14.3 ± 0.1	79.65 ± 0.07	79.8-81.94	78.8-84.0	79.0-82.2
	Acidez titulable (10% m/v)	0.018 ± 0.003	2.56 ± 0.01	-	-	-
	Nivel de pH	4.85 ± 0.01	3.94 ± 0.01	3.8-4.7	3.56-4.79	3.45-4.70
	Índice de madurez	5.00 ± 0.08	N/A	N/A	N/A	N/A
Funcional	TPC (Cantidad de fenoles mg GAE/g bs)	20.27±0.27	2,07 ± 0.00	-	-	-
	DPPH [µmol TE/g DM]	14.65 ± 0.71	< 0.01	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

A partir de la Tabla 1, se puede observar que los valores obtenidos de humedad de la miel y de la manzana son similares a los reportados por el Instituto Nacional de Salud (INS). Los valores son 14.1g y 83.5g por cada 100g de miel de abeja y manzana respectivamente

Los valores de °brix, pH, humedad y fenoles se encuentran dentro del rango de las mieles estudiadas por Oroian (2012), Terrab et al. (2004) y Silva et al. (2009) obtenidas de distintos tipos de floraciones de Rumania y España, tal como se puede observar en la tabla N°1.

- **Deshidratación por ósmosis (DO)**

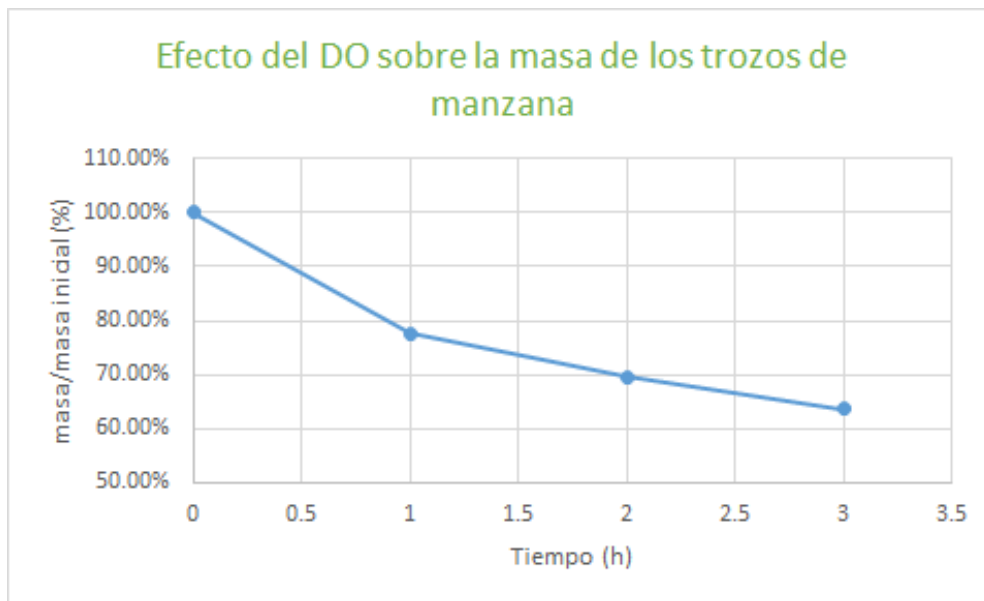
El empleo de DO bajo las condiciones propuestas de agitación a 50 rpm, T=27°C permitió extraer el 22% aproximadamente de masa de la manzana. Durante este proceso, las manzanas también ganaron sólidos solubles llegando a 2.9° brix desde 1.1°brix, ambos al 10% de concentración. De forma contraria, los fenoles disminuyeron de la manzana de 20.27 a 8.82 mg GAE/g bs mientras que la actividad antioxidante disminuyó en un 25%, el valor de 11.00 µmol TE/g DM (Ver Tabla 1 y Tabla 2); sin embargo, esta disminución numérica puede deberse a que la materia prima ha aumentado de sólidos sobre la misma cantidad de compuestos bioactivos.

El gráfico 1 muestra el comportamiento de la masa resultante entre la ganancia de sólidos y agua removida dentro de las muestras de manzana durante el DO.

Se observó que la inmersión de los trozos de manzana en la solución con miel permitió mantener los colores iniciales como fruta fresca durante el DO (Ver anexo). Esto se debe a que la miel de abeja inhibe la oxidación enzimática de polifenoles e incluso es capaz de revertir dicha oxidación (Oszmianski et al. 1990).

Jeon et al. (2005) concluyeron que la miel puede ser empleada como un antioxidante natural para prevenir el oscurecimiento de la manzana durante la DO y que también aportan con agregar dulzor, acidez y actividad antioxidante. Asimismo, según Hamedi et al. (2017), el DO resulta ser un método exitoso cuando se requiere impregnar un alimento de fenoles incrementando el nivel de capacidad antioxidante al ser evaluados por el método de DPPH.

Gráfico 1: Variación de la masa total de los trozos de manzana durante el proceso de deshidratación osmótica (DO).

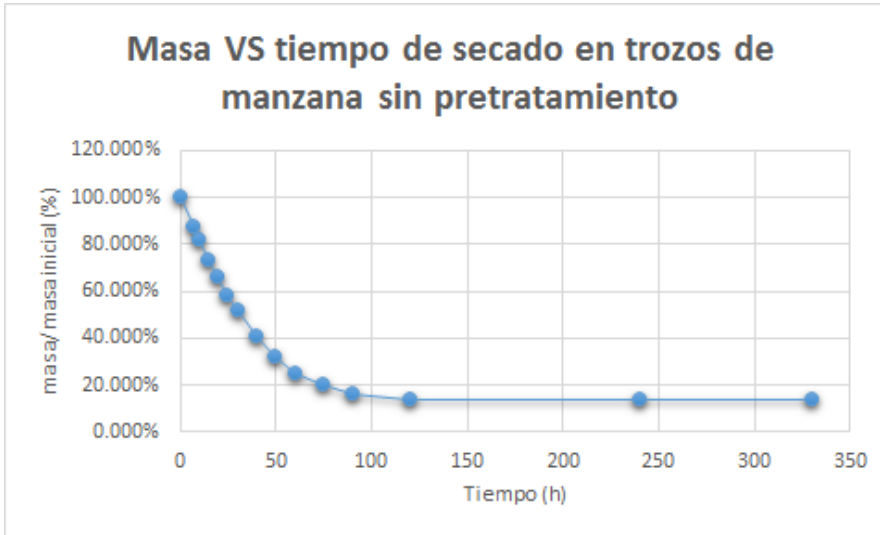


Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, debido a la tendencia de las muestras a flotar en la superficie de la solución y al consecuente contacto con el oxígeno del aire, se debió usar un peso que permita la inmersión total del alimento mientras se realizaba la agitación del recipiente.

- **Secado por aire caliente (SAC)**

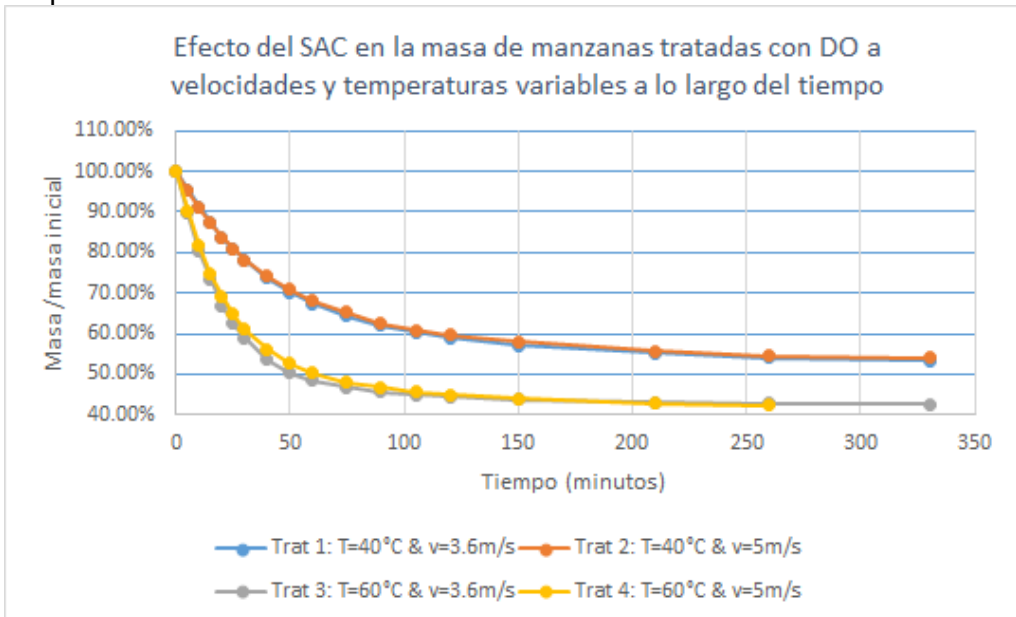
Gráfico 2: Determinación de las curvas de secado por aire caliente (SAC) en trozos de manzana sin pretratamiento. El ancho de corte fue de 4 mm, a una temperatura de 60°C y $v=4$ m/s.



Fuente: Elaboración propia

A partir del gráfico 2, es posible determinar que los trozos de manzana alcanzaron el equilibrio a partir de los 120 minutos aproximadamente llegando a un nivel 13.63% de humedad en base seca.

Gráfico 3: Determinación de las curvas de secado por aire caliente (SAC) en función a los parámetros evaluados.



Fuente: Elaboración propia

A partir del gráfico 3, es posible señalar que los niveles de humedad en los tratamientos aparentemente tienden a ser influenciados en mayor medida por la temperatura que por la velocidad del viento en función a la remoción de agua del producto. Asimismo, los tratamientos 3 y 4 alcanzan estado de equilibrio mucho antes que los tratamientos 1 y 2. Sin embargo, para determinar el nivel de influencia de dichos parámetros es necesario determinar la cantidad de humedad y fenoles presentes al finalizar cada tratamiento a través del Análisis de Varianza (ANOVA).

Se observó que durante los primeros minutos de medición del tratamiento 4, los cortes de manzana sufrieron gran deterioro de color a diferencia de los demás tratamientos.

A partir de los gráficos 1, 2 y 3, es posible determinar que el SAC sin pretratamiento alcanzó el punto de equilibrio a los 120 minutos mientras que los tratamientos DO-SAC, a pesar de contar con un pretratamiento. Según Karathanos et al. (2015), esto se debe a que el azúcar de la miel absorbida durante el DO forma una capa en los niveles exteriores del alimento dificultando el paso de agua durante su extracción. Asimismo, Kowalski et al. (2013) también establecen que, si bien la DO permite mejorar o mantener propiedades del producto, no necesariamente disminuye el tiempo de secado de forma significativa.

Tabla 2: Características físico-químicas y funcionales del producto al finalizar cada tratamiento:

Parámetro	Después del DO	Tratamiento DO-SAC 1	Tratamiento DO-SAC 2	Tratamiento DO-SAC 3	Tratamiento DO-SAC 4
^a Brix (10% m/m)	2.9 ± 0.0	7.8 ± 0.0	7.6 ± 0.0	8.4 ± 0.0	8.0 ± 0.0
pH	4.12 ± 0.00	4.24 ± 0.00	4.09 ± 0.00	4.37 ± 0.00	4.25 ± 0.00
Acidez titulable (10% m/m)	0.33 ± 0.01	0.36 ± 0.01	0.39 ± 0.02	0.35 ± 0.02	0.33 ± 0.01
%Humedad	63.9 ± 0.003	21.7 ± 0.0	23.99 ± 0.00	15.6 ± 0.01	14.0 ± 0.0
Cantidad de fenoles mg GAE/g() bs	8.82 ± 0.09	7.69 ± 0.06	4.15 ± 0.09	3.74 ± 0.015	3.81 ± 0.01

Fuente: Elaboración propia

Haciendo uso del diagrama de Pareto (Ver anexo), se puede determinar que, para el nivel de sólidos totales, las variables y la interacción entre ellas son no significativas. Esto se debe a que el análisis de varianza indica que no existe diferencia significativa con un p-value > 0.05. En cambio, puede observarse lo contrario para la cantidad de fenoles, al determinarse que existe una diferencia significativa en las variables y en las interacciones de las mismas, con un p-value < 0.05. En base al análisis estadístico, se plantea el mejor escenario estableciendo como indicador matemático a la deseabilidad, en la cual interactúan las dos variables respuesta. En virtud a ello, se deberá tener en cuenta la significancia de las variables y su grado de importancia. Como resultado, se obtiene una deseabilidad > 0.97, valor del parámetro de trabajo que indica mayor favorecimiento para obtener la mayor cantidad fenoles.

Chong et al. (2013), establecen que los fenoles totales son un atributo importante a considerar dentro del alimento por estar directamente vinculados con la capacidad antioxidante e incluso con vitaminas de algunos alimentos. Estos autores también mencionan una alta temperatura en el SAC deteriora las vitaminas, color y sabor en las frutas, mientras que una alta velocidad genera mayor oxidación debido al mayor contacto del oxígeno con el alimento. Por otro lado, Gupta et al. (2012) establecen que los altos niveles de temperatura en el SAC tienden a oscurecer el color del alimento y conlleva a la “caramelización” de los azúcares y, por lo tanto, el nivel de aceptabilidad general del producto se ve reducido.

Estos resultados coinciden con los hallados experimentalmente a través de su influencia sobre los fenoles y de la visualización del producto al culminar cada uno de los tratamientos. De esta forma, el tratamiento óptimo consiste en mantener una temperatura y velocidad de aire tan bajos como sea posible, como fue en este caso el tratamiento 1: $v = 3.6 \text{ m/s}$ y $T = 40^\circ\text{C}$.

Observaciones

- Existe la necesidad de que la materia prima sea estandarizada o exista la menor variabilidad posible entre las muestras. por este motivo, se tiene especial cuidado en la recepción de materia prima y su selección, teniendo en cuenta su naturaleza climatérica , para tal efecto se verifica visualmente el grado de madurez de igual forma, la miel de abeja no ha sido adulterada y pertenece a un mismo lote de producción , bajo las buenas prácticas de almacenamiento.
- Las pruebas realizadas contemplan algunas variaciones de los parámetros según las disponibilidades de las máquinas y/o recursos y se mantienen los objetivos específicos y globales del proyecto de investigación.
- En base a la experiencia, es deseable realizar un estudio más profundo, buscando optimizar las variables, indirectamente sobre el tiempo de proceso y directamente sobre las propiedades físicas y funcionales. Ello es debido a la naturaleza del presente estudio, el cual servirá como base para futuros estudios.

PARTE III (PARA SER DESARROLLADA POR EL DOCENTE ORIENTADOR)

- El estudiante responsable, ha revisado la literatura basados en métodos científicos desarrollados con antelación por la comunidad científica, replicando y analizándolo sobre el objeto de estudio, tanto para la caracterización de materia prima, así como aquellas muestras sometidas a condiciones controladas (la concentración, el ancho del corte, el ratio fruta-solución, el tiempo de inmersión, el pH y la temperatura de la solución). Sobre la marcha, el alumno alcanzó un avance del 100% de las actividades programadas.
- De las actividades pendientes, se realizó el estudio de secado convectivo, bajo parámetros previamente establecidos (Temperatura de secado y velocidad de aire) de las manzanas con pre tratamiento osmótico estandarizado. En este sentido, también se ensayaron los métodos de caracterización fisicoquímica y funcional para las muestras obtenidas bajo este método de secado, siendo este nuestro producto final.
- La metodología aplicada, corresponde a los métodos de caracterización fisicoquímica (Humedad (%), sólidos solubles (°Brix), Acidez titulable (%), pH e Índice de madurez) y funcional (Fenoles totales, Capacidad antioxidante - DPPH) para la materia prima, la cual, como se mencionó líneas atrás, es replicada por el alumno responsable, a partir de lo reportado por la comunidad científica.
- Sobre la marcha de la ejecución del proyecto, no se ha realizado modificaciones en las actividades planteadas. En tal sentido, nos centramos en las actividades reportadas, a cuenta de desarrollar un proceso estandarizado, que brinde un valor agregado a nuestro objeto de estudio.

Referencia Bibliográfica

- Chong C., Law C., Figel A., Wojdylo A. & Oziembłowski M., 2013. Colour, phenolic content and antioxidant capacity of some fruits dehydrated by a combination of different methods. *Food Chemistry*. Vol. 141, Issue 4, pp 3889-3896.
- Gupta R., Singh B. & Shivhare U. S., 2012: Optimization of Osmo-convective Dehydration Process for the Development of Honey-ginger Candy Using Response Surface Methodology, *Drying Technology: An International Journal*, 30:7, 750-759.
- Hamedi F., Mohebbi M., Shahidi F., Azarpazhooh E., 2018. Ultrasound-Assisted Osmotic Treatment of Model Food Impregnated with Pomegranate Peel Phenolic Compounds: Mass Transfer, Texture, and Phenolic Evaluations. *Food and Bioprocess Technology*. 11:1061–1074.
- Instituto Nacional de Salud, 2017. Tablas peruanas de composición de alimentos, Ministerio de Salud, Perú, pp 141.
- Jeon M. & Zhao Y., 2005. Honey in combination with vacuum impregnation to prevent enzymatic browning of fresh-cut apples. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 56(3). pp 165-176.
- Karathanos V. T., Kostaropoulos A. E. & Saravacos G. D. , 1995. Air-Drying Kinetics of Osmotically Dehydrated Fruits. *Drying Technology*. 13:5-7, pp 1503-1521.
- Kowalski S., Łechtańska J. & Szadzińska J., 2013. Quality Aspects of Fruit and Vegetables Dried Convectively with Osmotic Pretreatment. *Chemical and Process Engineering*. 34 (1),pp 51-62.
- Oroian M., 2012. Physicochemical and Rheological Properties of Romanian Honeys. *Food Biophysics*. 7:296–307.
- Oszmianski J. & Chang L., 1990. Inhibition of Polyphenol Oxidase Activity and Browning by Honey. *J. Agric.Food Chem*. pp 1892-1895.
- Silva L., Videira R., Monteiro A., Valentão P. & Andrade P., 2009. Honey from Luso region (Portugal): Physicochemical characteristics and mineral contents. *Microchemical Journal*. 93, pp 73–77.
- Terrab A., Recamales A., Hernanz D. & Heredia F., 2004. Characterisation of Spanish thyme honeys by their physicochemical characteristics and mineral contents. *Food Chemistry* 88, pp 537–542.

Anexos:

Tabla 3: Análisis de Varianza de sólidos:

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	3	0.006720	0.002240	1.28	0.395
Lineal	2	0.005969	0.002985	1.71	0.291
Temperatura (°C)	1	0.002986	0.002986	1.71	0.261
Velocidad aire (m/s)	1	0.002983	0.002983	1.70	0.262
Interacciones de 2 términos	1	0.000751	0.000751	0.43	0.548
Temperatura (°C)*Velocidad aire (m/s)	1	0.000751	0.000751	0.43	0.548
Error	4	0.007000	0.001750		
Total	7	0.013720			

Gráfico 3: Diagrama de Pareto para sólidos:

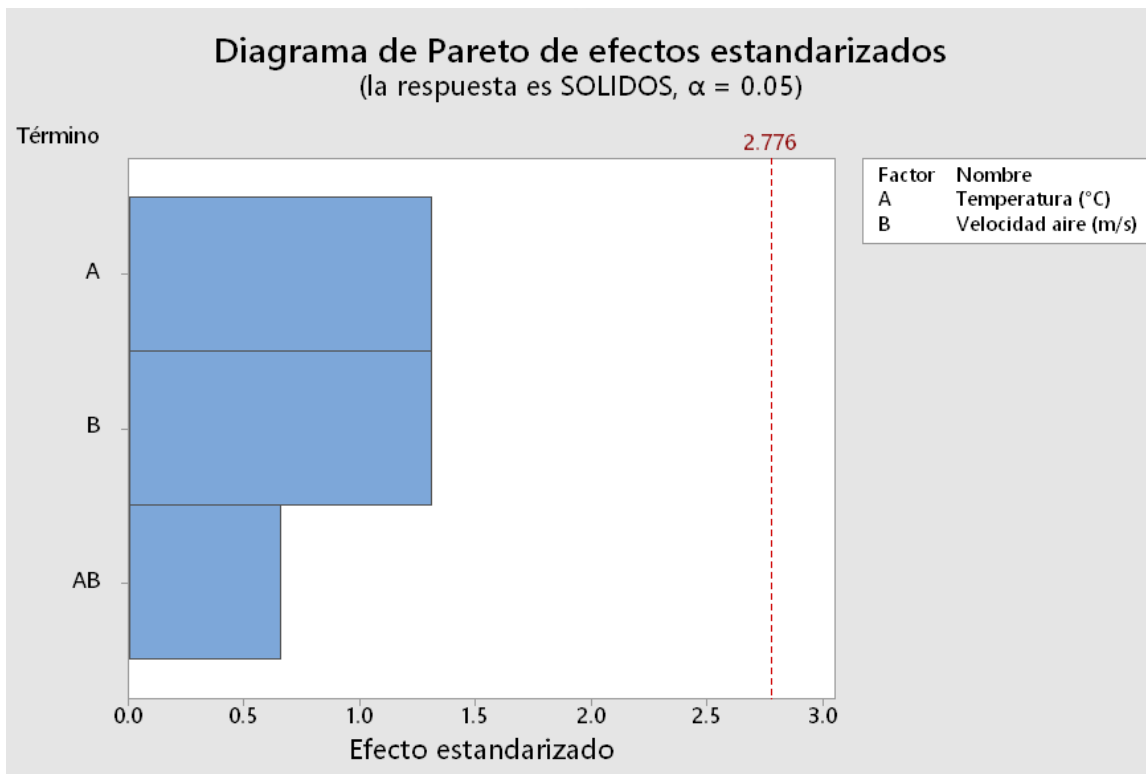


Tabla 4: Análisis de Varianza de fenoles:

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	3	21.7577	7.25257	2528.51	0.000
Lineal	2	15.2137	7.60684	2652.02	0.000
Temperatura (°C)	1	9.2019	9.20190	3208.12	0.000
Velocidad aire (m/s)	1	6.0118	6.01178	2095.93	0.000
Interacciones de 2 términos	1	6.5440	6.54403	2281.49	0.000
Temperatura (°C)*Velocidad aire (m/s)	1	6.5440	6.54403	2281.49	0.000
Error	4	0.0115	0.00287		
Total	7	21.7692			

Gráfico 4: Diagrama de Pareto para fenoles:

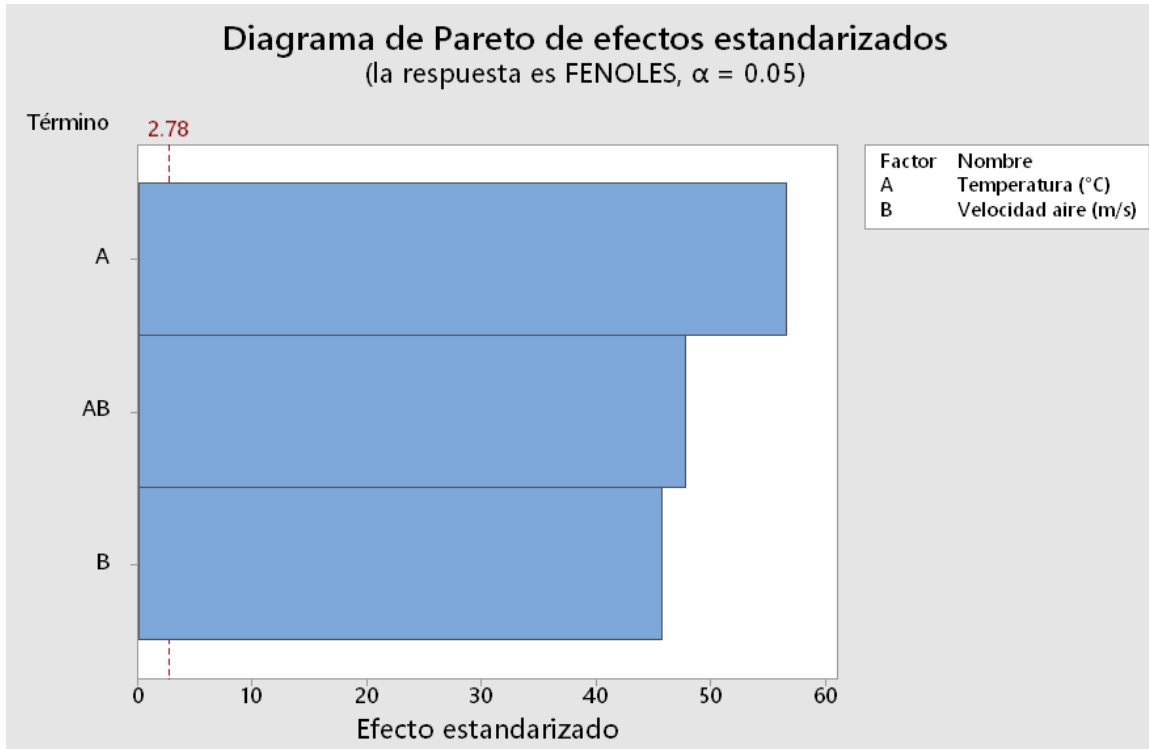


Tabla 5: Optimización de respuesta: SOLIDOS, FENOLES

Parámetros

Respuesta	Meta	Inferior	Objetivo	Superior	Ponderación	Importancia
SOLIDOS	Máximo	0.76000	0.85986		1	1
FENOLES	Máximo	3.72513	7.73520		1	1

Solución

Solución	Temperatura (°C)	Velocidad aire (m/s)	SOLIDOS Ajuste	FENOLES Ajuste	Deseabilidad compuesta
1	40	3.6	0.7826	7.68957	0.473013

Predicción de respuesta múltiple

Variable	Valor de configuración			
Temperatura (°C)	40			
Velocidad aire (m/s)	3.6			
Respuesta	Ajuste	EE de ajuste	IC de 95%	IP de 95%
SOLIDOS	0.7826	0.0296	(0.7005, 0.8647)	(0.6404, 0.9248)
FENOLES	7.6896	0.0379	(7.5844, 7.7947)	(7.5075, 7.8717)

Gráfico 5: Condiciones para los niveles de deseabilidad más elevados

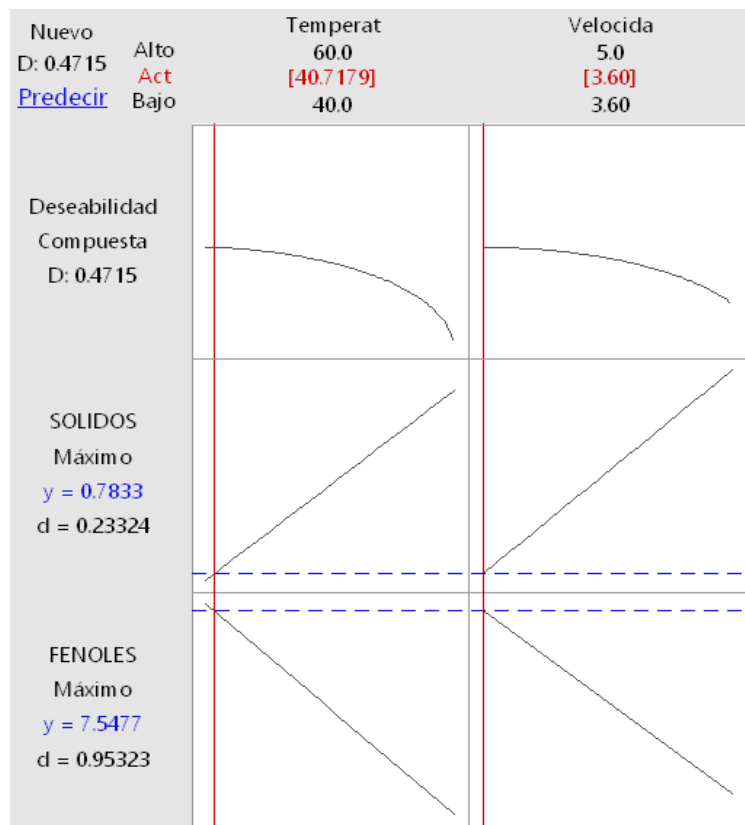
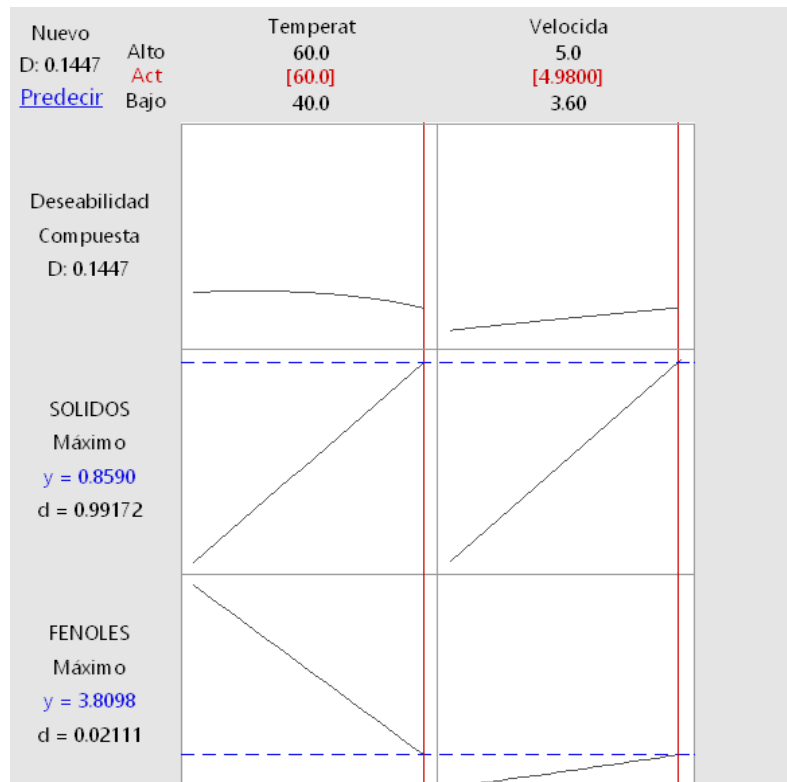


Gráfico 6: Condiciones para los niveles de deseabilidad más bajos



Ecuación 1: Regresión en unidades no codificadas

$$\text{FENOLES} = 43.312 - 0.6628 \text{ Temperatura } (^{\circ}\text{C}) - 7.699 \text{ Velocidad aire (m/s)} + 0.12921 \text{ Temperatura } (^{\circ}\text{C}) * \text{Velocidad aire (m/s)}$$

Fotografías tomadas durante la experimentación:



Foto 1: Desinfección de manzanas



Foto 2: Preparación para el corte



Foto 3: Corte e inmersión



Foto 4: Rodaja de manzana



Foto 5: DO en el agitador recíprocante



Foto 6: Efecto de la oxidación



Foto 7: Deformación de la manzana (Deshidratación osmótica)



Foto 8: Trozos de manzana de diferente grado de maduración



Foto 9: Acondicionado de muestra para análisis

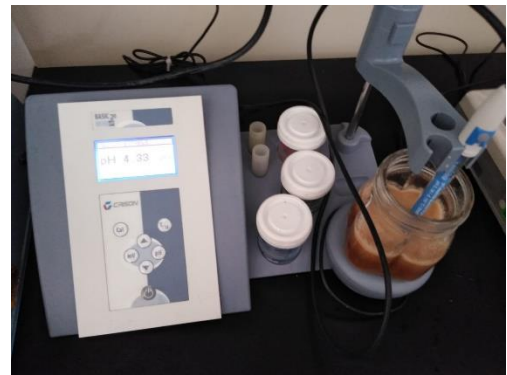


Foto 10: Determinación de pH

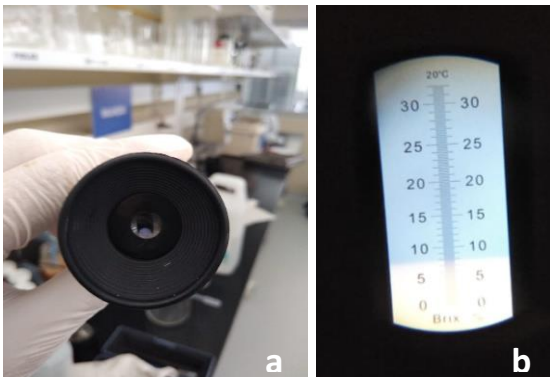


Foto 11 (a) y (b): Visualización a través del refractómetro



Foto 12: muestras antes y después del DO (leve oscurecimiento por inserción de miel)



Foto 13: muestra de manzana doblada durante DO.



Foto 14: Manzanas después de DO.



Foto 15: Antes del tratamiento DO-SAC



Foto 16: Durante el tratamiento DO-SAC



Foto 17: Después del tratamiento DO-SAC