

MODELAMIENTO Y OPTIMIZACIÓN DE LA CINÉTICA DEL SECADO DEL CAMOTE Y SUS PARÁMETROS USANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y ALGORITMOS GENÉTICOS

MODELING AND OPTIMIZATION
OF SLICED SWEET POTATO
DRYING KINETICS AND ITS
PARAMETERS USING ARTIFICIAL
NEURAL NETWORKS AND GENETIC
ALGORITHMS

Torres Sotelo, César Iván
Universidad Autónoma de Ica
cesar.torres@autonomadeica.edu.pe

Vera Calderón, Lot Eliel
Universidad Nacional San Luis Gonzaga

Resumen

La hibridación de técnicas metaheurísticas de las Redes Neuronales Artificiales (NNA) y los Algoritmos genéticos (GA), fueron empleados en el diseño y optimización de la topología de las NNA, usando datos experimentales de la cinética del secado de camote a 400 C y 500 C para la predicción de los parámetros de salida de la razón de humedad, sus resultados indican los siguientes parámetros óptimos: función de activación: tangente hiperbólico; épocas: 106; número de capas: 1; número de neuronas: 2; el error medio cuadrático test: 0.07790121. la combinación de ambas técnicas simulan y optimizan de forma satisfactoria, a su vez fue usado NNA para ajustar a los datos experimentales cuatro modelos semi-teóricos, como resultado de los ajustes los modelos de difusión, Page y Page modificado mostraron un mejor desempeño en la predicción.

Palabras Clave: Cinética secado, modelado, Redes Neuronales, Algoritmos Genéticos.



Abstract

The hybridization of metaheuristic techniques of the Artificial Neural Networks (NNA) and the Genetic Algorithms (GA), were used in the design and optimization of the topology of the children, using experimental data of the sweet potato drying kinetics at 400C and 500C for the prediction of the output parameters of the humidity ratio, their results indicate the following optimal parameters: activation function: hyperbolic tangent; Epochs: 106; number of layers: 1; number of neurons: 2; the mean square error test: 0.07790121. the combination of both techniques simulated and optimized satisfactorily, in turn NNA was used to adjust to the experimental data four semi-theoretical models, as a result of the adjustments the diffusion models, modified Page and Page showed a better performance in the prediction.

Key words: drying kinetics, Modeling, Neural Networks, genetic algorithm



Introducción

El secado con aire es una operación unitaria muy utilizada en las industrias agrícolas y alimentarias, tanto por la cantidad como por la diversidad de productos tratados. Durante el secado de diversos productos biológicos (papa, zanahoria, sorgo, arroz, achiote entre otros), se ha observado que el periodo que gobierna esta operación es la velocidad decreciente, el cual está basado principalmente por la difusión líquida dentro del interior del producto. El objetivo de esta investigación es determinar los parámetros óptimos en la cinética de secado del camote, utilizando la combinación de dos técnicas computacionales como son las Redes Neuronales Artificiales y Algoritmo Genético.

Materiales y métodos

La información de datos del secado se obtuvo a través de las pruebas experimentales que se

realizaron en un secador de tipo de bandejas, con una velocidad de aire promedio de 1.5 m/s. con una temperatura de rango entre 40° C y 500 C, dimensiones de muestra de 2 cm de espesor y 10 gramos de peso.

Métodos de Investigación

Modelización Matemática

En la modelización matemática, valores del contenido de humedad, medidos durante la fase experimental, han sido ajustados para 4 modelos, según tabla 1, utilizando los valores estadísticos como son el Coeficiente de determinación (R²), el error medio cuadrático (RMSE) y la suma de cuadrado de residuos (SSR). Para el ajuste se utilizó el Software DataFit.

Tabla 5.1.: Modelos de ecuaciones matemáticas evaluadas para la tasa de la humedad (MR), en el secado del camote.

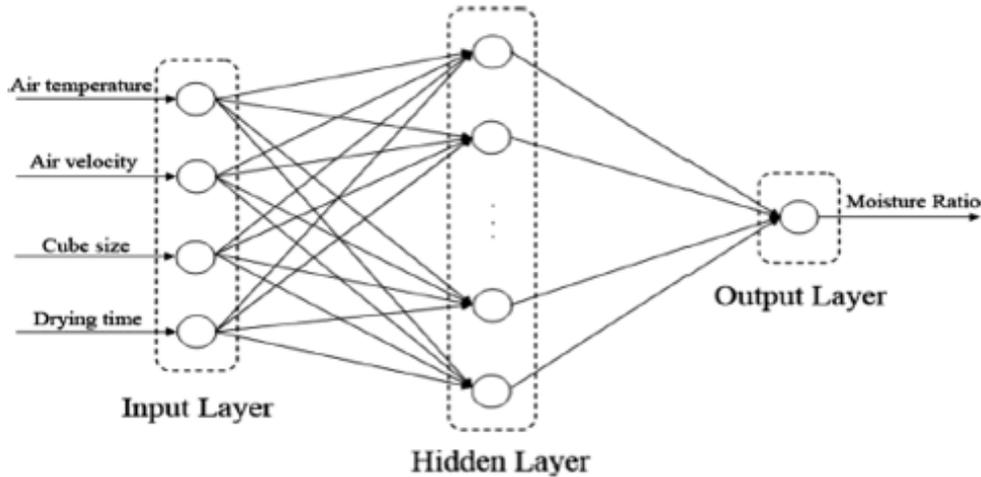
Nº	MODELO	ECUACIÓN	REFERENCIA
I	Page	$MR = \exp(-k.t^n)$	Simal et al. (2005)
II	Page Modificado	$MR = \exp(-(k.t)^n)$	Dandamrongrak et al. (2005)
III	Henderson and pabis	$MR = a.\exp(-k.t)$	China (1984)
IV	Newton	$MR = \exp(-k.t)$	Ayensu (1997)

Modelización por Redes Neuronales Artificiales

Para medir la capacidad de predecir del fenómeno de secado, recurrimos a la aplicación de redes neuronales desarrollándolas en el software Matlab. Para la determinación de la estructura de la red neuronal del tipo Multilayer Perceptron (MLP) de 4 capas, se procedió a establecer las capas de entrada, ocultas y de salida respectivamente, siendo las de entrada 4 (tiempo de secado, temperatura del aire, velocidad del aire,

tamaño de rodaja) y 1 de salida (tasa de humedad). Las capas ocultas se determinaron mediante un análisis que se hizo por medio del software Matlab. Un completo Perceptron multicapa se utilizó (figura 1), este modelo es adecuado por su simplicidad y precisión, por lo que lo hace aplicable de manera conveniente en el proceso de simulación del secado. La optima topología o arquitectura fue definida, basado sobre los resultados de la simulación por algoritmo genético.

Gráfica 5.1.:Estructura esquemática de MLFF – ANN.



Modelización por Algoritmo genético (AG) - parámetros de inicialización

El desarrollo del algoritmo es esquematizado, para la simulación del algoritmo genético fue codificado y escrito en el lenguaje PYTHON.

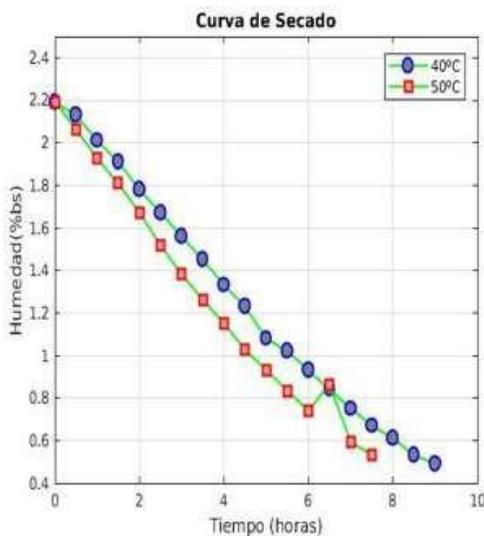
Resultados presentación, análisis e interpretación de datos

En esta parte del trabajo de investigación, se

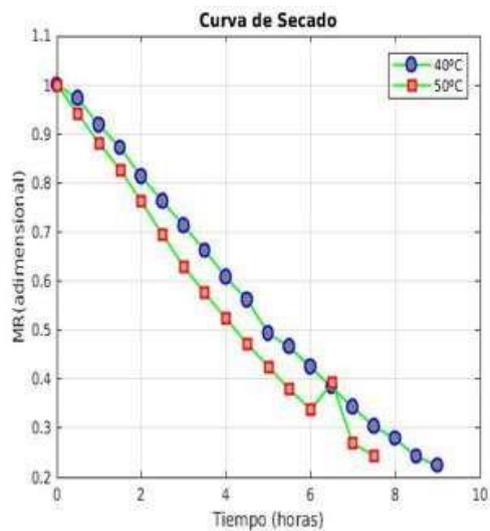
presentan los resultados obtenidos de la cinética del secado del camote tanto, en la modelización matemática, como en la optimización, diseño y predicción de los parámetros de la arquitectura de redes neuronales artificiales, con el uso y aplicación de algoritmos genéticos.

Secado del camote

Las Figuras 2 y 3, muestra la relación del tiempo con la humedad (%) y sus respectivas curvas del proceso de secado a 40°C y 50°C.



Gráfica 5.2.: Curva de secado de la relación tiempo con la humedad (%bs) a 40° C y 50° C.

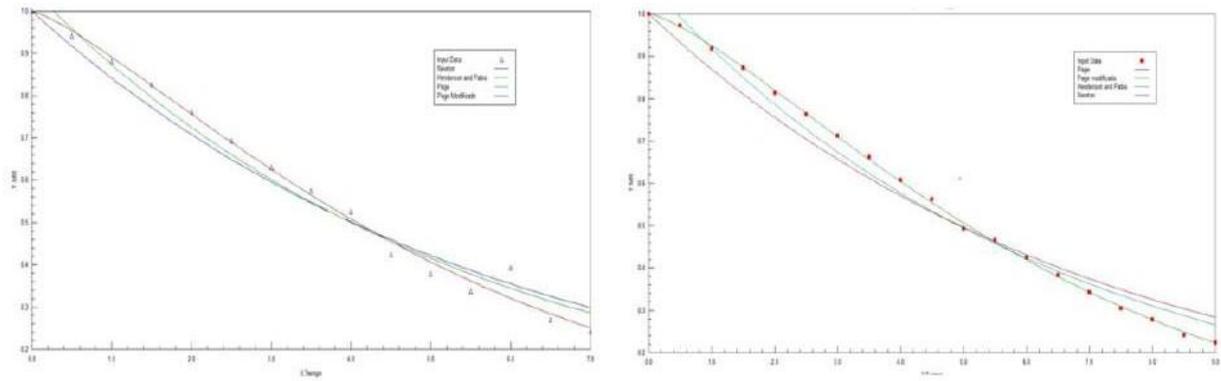


Gráfica 5.3.: Curva de secado de la relación tiempo con la razón de humedad (MR) a 40° C y 50° C.

Ajuste de los modelos matemáticos

En las figuras 4 y 5, representan el comportamiento y tendencias de los perfiles de

la razón de humedad, en función del tiempo de secado, de los diferentes modelos matemáticos en relación con los resultados de los datos experimentales del secado a 40° C y 50° C.



Gráfica 5.4. y 5.5. : Comparación de los modelos matemáticos en relación con los resultados experimentales del secado a 40° C y 50° C.

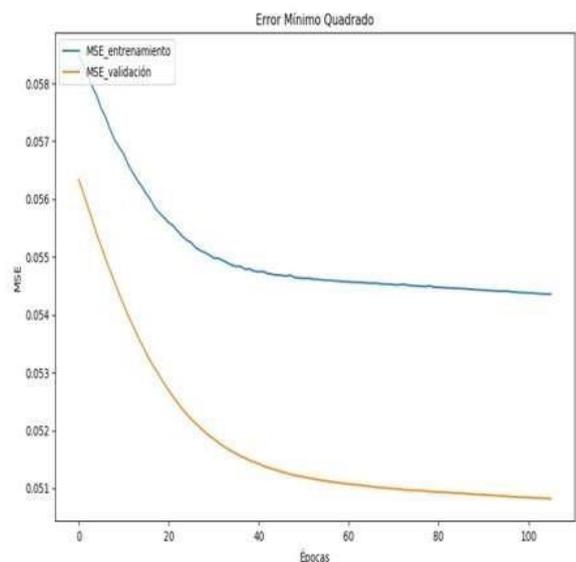
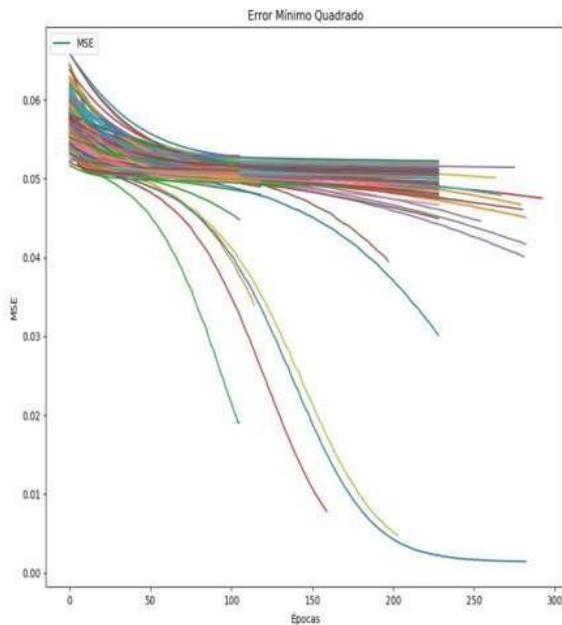
Evaluación del modelo de predicción del NNA y AG

Resultados del Algoritmo Genético

Como resultado después de 20 generaciones, el algoritmo genera como resultado los siguientes parámetros óptimos que se observan en la tabla 2.

Función de Activación	Épocas	Número de Capas	Número de Neuronas	Optimizador	MSE (Test)
Tanh	106	1	2	Adam	0.079021998

Tabla 5.2.: Parámetros óptimos.



Gráfica 5.6. y 5.7. : Evolución del MSE de Validación del conjunto de modelos candidato en el proceso de evolución.

Resultados y conclusiones

La figura 2 y 3 en el primer caso, muestra que el secado a 400 C se verifica que la humedad disminuye lentamente a un mayor tiempo de secado. En el segundo, el secado a 500 C, la humedad disminuye más rápidamente a un menor tiempo. La influencia de una temperatura relativamente alta, favorece notoriamente la disminución de humedad, lo que confirma que la velocidad de secado depende principalmente de la transferencia de calor y la difusión de vapor (transferencia de masa) en la interface de la capa limite.

En las figuras 4 y 5, como se observa en el primer caso, las graficas de los modelos Page y Page modificado, indican un buen ajuste de predicción, con relación a los datos experimentales, de igual manera para el secado a 500 C exhiben el mismo comportamiento los ajustes de los modelos Page y Page modificado.

En la tabla 2 como resultado después de 20 generaciones, el algoritmo genera como resultado los siguientes parámetros óptimos, como se observan en la tabla correspondiente, del análisis estadístico (MSE) error medio cuadrático, se deduce que presenta en la fase de prueba o test un valor de error bajo.

En conclusión la utilización de técnicas meta heurísticas en este caso la combinación de NNA y GA en la optimización de la arquitectura de las NNA en el proceso de la cinética del secado del camote, sus resultados son satisfactorios y robustos en la predicción de la razón de humedad (MR).

Referencias Bibliográficas

APFD 2008. African Flowering Plants Database-Base de Donnees des plants a fleurs D'Afrique.

A neural Network for prediction moisture content of grain Drying process using genetic algorithm: Xueqiang Liu; Xiaoguang Chen; Wenfu Wu; Guilan Peng;China;2007;V:18:pp928-933.FoodControl(18).

Comparison of genetic algorithm and neuronal network approaches for the drying process of carrot: Saliha Erenturk; Koksal Erenturk; Erzurum, Turkey. Journal Food Engineering; 2007, (78).

Optimization of an Artificial Neural Network Topology for Prediction Drying Kinetics of Carrot Cubes Using Combined Response Surface and Genetics Algorithm: Mortaza Aghbashlo; Mohammad Hossien Kianmehr; Tayyeb Nazghelichi; Shahin Rafiee. Theran - Iran. Drying Technology: 2011, (29).

Drying of Pomegranate Arils: Comparison of prediction from Mathematical Model and Neural Networks:Motevali, A; Minaci, S.; Hadi, M.; Taghaza,K.; Kazemi,M.; Nikbakht, A. Theran-Iran; 2010; Experimental And optimization.