

**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL
DE LOS LLANOS OCCIDENTALES
EZEQUIEL ZAMORA
UNELLEZ**



**REVISTA CIENTÍFICA
MANGÍFERA**



**ISSN 26650010
Volumen 4
2022**

REVISTA CIENTIFICA *MANGIFERA*

Volumen 4 Enero-Diciembre 2022
Revista arbitrada

ISSN 26650010

Depósito Legal N°CO2017000005

Periodicidad: Anual



La REVISTA CIENTIFICA *MANGÍFERA* constituye un órgano divulgativo del Programa Ciencias del Agro y del Mar de la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora (UNELLEZ) - Vicerrectorado de Infraestructura y Procesos Industriales (VIPI), Cojedes, Venezuela. La revista posee un carácter científico y humanístico, orientada a promover la investigación, la reflexión y la generación de conocimientos en las Ciencias del Agro y del Mar con sus áreas afines. Se presenta como una publicación anual, que tiene como prioridad al desarrollo agroindustrial del estado Cojedes lo que conlleva a la integración vertical desde el campo hasta el consumidor final de todo el proceso de producción de alimentos u otros rubros de consumo basado en la agricultura sustentable. De igual forma, enfoca sus investigaciones en el control de los procesos agroindustriales en los contextos: nacional, latinoamericano y mundial. Los artículos a publicarse en la revista deben ser originales. Las contribuciones son seleccionadas una vez sometidas al arbitraje y a las exigencias de las normas de la revista.

Revista disponible en: <http://revistas.unellez.edu.ve/revista/>

The SCIENTIFIC MAGAZINE *MANGÍFERA* constitutes an informative organ of the Program Sciences of the Agriculture and the Sea of the National Experimental University of the Western Plains Ezequiel Zamora (UNELLEZ) - Vicerrectorado of Infrastructure and Industrial Processes (VIPI), Cojedes, Venezuela. The journal has a scientific and humanistic character, oriented to promote research, reflection and generation of knowledge in the Sciences of Agriculture and the Sea with its related areas. It is presented as an annual publication, which has as a priority to contribute to the agro-industrial development of the Cojedes state which leads to vertical integration from the field to the final consumer of the entire process of food production or other consumption items based on sustainable agriculture. In the same way, it focuses its research on the control of agro-industrial processes in the contexts: national, Latin American and worldwide. The articles to be published in the journal must be original. The contributions are selected once submitted to the arbitration and to the requirements of the standards of the journal.

Magazine available in: <http://revistas.unellez.edu.ve/revista/>

Editora

Dra. Lleylismar Crespo Durán

Directora

Dra. María Eugenia Paredes

Comité Editorial:

Dr. Miguel Torrealba
UNELLEZ- Venezuela

Dr. Luis Ojeda
UC- Venezuela

Dr. Wilmer Salazar
UNELLEZ- Venezuela

Dra. Marinela Barrero
UCV- Venezuela

MSc. Jesús Farfán
UNELLEZ- Venezuela

Dr. Carlos Lameda
UNEXPO-Venezuela

Dra. Elodia M Soteldo
UNEXPO- Venezuela

Dr. Luis Chaparro
UCLA- Venezuela

Dr. Julio C Camejo
UNESR- Venezuela

Dra. Blanca M Barrios
UNEFA- Venezuela

Dra. Araira Marín
UNEFA- Venezuela

Dra. Lizzi A Martínez
UNESR- Venezuela

Diagramación: *Dr. Gabriel Cravo*

Diseño y digitalización de la portada: *Dr. Gabriel Cravo*

Dirección: Programa Ciencias del Agro y del Mar. Carretera vía Manrique km 4
UNELLEZ. San Carlos-Edo. Cojedes. Teléfono: 0258-4331412.

Email: revistamangifera@gmail.com / revistamanguifera@gmail.com

AUTORIDADES DE LA UNELLEZ

Prof. Adán Chávez Frías
Rector

MSc. Joel Raúl Moreno
Secretario General

Dra. María Fernanda Fernández
Vice-Rectora de Servicios

Dra. Dalia Ynes Gonzáles
Vice-Rectora de Planificación y Desarrollo Social
Barinas, estado Barinas

Dr. Luis Eduardo Rosales
Vice-Rector de Producción Agrícola
Guanare, estado Portuguesa

MSc. Tania Sandoval
Vice-Rectora de Infraestructura y Procesos Industriales
San Carlos, estado Cojedes

Dra. Merielida del Carmen Rodríguez
Vice-Rectora de Planificación y Desarrollo Regional
San Fernando de Apure, estado Apure

Dra. Yasmings Méndez
Directora de Creación Intelectual

Dra. María Carrillo
Directora de Estudios Avanzados

Dra. Yelitza Roa
Directora de Vinculación Socio-Comunitaria

Dr. Luis Montilla
Director Gerente-Feduez

Dr. Nelson Castillo
Director de Innovación Curricular

**AUTORIDADES DEL VICERRECTORADO DE INFRAESTRUCTURA Y PROCESOS
INDUSTRIALES UNELLEZ-COJEDES**

MSc. Tania Sandoval
VICERRECTOR DE ÁREA

MSc. Patricia Rojas
JEFE PROGRAMA CIENCIAS DEL AGRO Y DEL MAR

MSc. Eleadys Quiñones
JEFE PROGRAMA CIENCIAS BÁSICAS Y APLICADAS

Dr. Reynaldo Mujica
JEFE PROGRAMA CIENCIAS SOCIALES Y ECONOMICAS

MSc. Ángela Rendo
JEFE PROGRAMA CIENCIAS JURIDICAS Y POLITICAS

Dra. Andrea Meléndez
JEFE PROGRAMA CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN Y HUMANIDADES

Dra. Gheila Peralta
JEF A DEL PROGRAMA CIENCIAS DE LA SALUD

MSc. Alexander Lima
JEFE PROGRAMA TINAQUILLO

Dra. Yarith Navarro
JEFE PROGRAMA DE ESTUDIOS AVANZADOS

Dra. Evelyn Velásquez
JEFE DEL PROGRAMA TERRITORIALIZACIÓN Y MUNICIPALIZACIÓN

Dr. William Zambrano
SECRETARIA CONSEJO ACADÉMICO

Dr. Antonio Flores
COORDINADOR DE CREACIÓN INTELECTUAL

Dra. Inirida Loreto
COORDINADOR DE VINCULACIÓN SOCIO-COMUNITARIA

AUTORIDADES DEL PROGRAMA CIENCIAS DEL AGRO Y DEL MAR UNELLEZ-COJEDES

MSc. Patricia Rojas
JEFE PROGRAMA CIENCIAS DEL AGRO Y DEL MAR

MSc. Anny Flores
JEFE SUBPROGRAMA INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

MSc. Anabella Arvelo
JEFE SUBPROGRAMA TECNOLOGÍA AGROINDUSTRIAL

MSc. José L Ortiz
JEFE SUBPROGRAMA INGENIERIA EN PRODUCCIÓN ANIMAL

Ing. Alberto García
COORDINADOR MEDICINA VETERINARIA

MSc. Evelyn Pérez
JEFE SUBPROGRAMA PESCA CONTINENTAL

Ing. Nancy Bolívar
JEFE SUBPROGRAMA INGENIERÍA FORESTAL

CONTENIDO

Artículo N° 1. Acidulante Orgánico Para Modulación Del Potencial Redox En Residuos Húmedos No Persistentes De Consumo Animal	1Error! Bookmark not defined.
Artículo N° 2. Máquina De Aprendizaje Para Optimización Vía Simulación De Acidulación De Residuos Orgánicos Húmedos.....	23
Artículo N° 3. Controlador Borroso Para El Bus De Alimentación Proveniente De Un Generador Fotovoltaico Para Ser Acoplado A Un Circuito Inversor	34
Artículo N° 4. Determinación De La Relación Entre Las Condiciones Sensoriales De La Carne Bovina En Canal Y Sus Atributos Observables: Una Revisión	48
Artículo N° 5. Modelo De Correlación Espacial Para Optimización Vía Simulación De Acidulación De Residuos Orgánicos Húmedos.....	63
Artículo N° 6. Análisis Y Control De Residuos En Alimentos	73
Artículo N° 7. Plan De Análisis De Peligros-Puntos Críticos De Control Para Nueva Formulación De Jamón Cocido Bajo La Norma Covenin 3802:2002	83
Artículo N° 8. Estabilidad Del Color Del Extracto Acuoso De Justicia Secunda Bajo Diferentes Condiciones De Preparacion O Almacenamiento De Alimentos.	95
Artículo N° 9. Sustratos No Convencionales Y Su Aplicabilidad En La Producción De <i>Lactobacillus Casei</i>	108
Artículo N° 10. Efectos De La Harina De Auyama Como Sustituto Parcial De La Harina De Trigo En Un Alimento Tipo Masa Refrigerada	122

CONTENT

<i>Article N° 1. (Organic Acidulant For Modulating Redox Potential In Non-Persistent Wet Waste Of Animal Consumption)</i>	<i>12</i>
<i>Article N° 2. Machine Learning For Optimization Via Simulation Of Wet Organic Waste Acidulation</i>	<i>23</i>
<i>Article N° 3. Fuzzy Controller For The Feed Bus From A Photovoltaic Generator To Be Coupled To An Inverter Circuit</i>	<i>34</i>
<i>Article N° 4. Determination Of The Relationship Between The Sensory Conditions Of Beef Carcass And Its Observable Attributes: A Review</i>	<i>48</i>
<i>Article N° 5. Spatial Correlation Model For Optimization Via Wet Organic Waste Acidulation Simulation</i>	<i>63</i>
<i>Article N° 6. Analysis And Control Of Food Residues</i>	<i>73</i>
<i>Article N° 7. Hazard Analysis Plan-Critical Control Points For The Development Of A New Formulation Of Cooked Ham Under The Covenin 3802:2002 Standard</i>	<i>83</i>
<i>Article N° 8. Color Stability Of The Aqueous Extract Of Justice Secunda With The Addition Of Citric Acid, Light, Oxygen, Sucrose And Sodium Chloride</i>	<i>95</i>
<i>Article N° 9. Unconventional Substrates And Their Applicability In The Production Of Lactobacillus Casei</i>	<i>108</i>
<i>Article N° 10. Effects Of Auyama Flour As A Partial Substitute For Wheat Flour In A Refrigerated Dough-Type Food</i>	<i>122</i>

EDITORIAL

La edición de este volumen de la revista científica *Mangífera* tras una larga pandemia, surge en un momento emblemático para la comunidad científica, ávida de conocimiento, que aprendió buscar de forma minuciosa y persistente la verdad de los fenómenos, empleando para ello diversos métodos con la meta firme de obtener una explicación apropiada, que permita ofrecer una solución oportuna a los problemas que la industria presenta en la actualidad.

En este propósito, entre los métodos que emplean los investigadores en el presente número para brindar una solución a dichos problemas, se encuentra el modelado a través de la inteligencia artificial y los algoritmos estadísticos (modelos que reproducen procesos de manera holística y compleja), los cuales persiguen la posibilidad de realizar simulaciones y crear sistemas de seguimiento y control de procesos.

En este sentido, el primero de los aportes se enfoca en la optimización multiobjetivo de un acidulante (acrónimo: AHO-Ngen), de consumo animal consistente de una mezcla de ácidos orgánicos más 2 % de sal consumo animal estándar y 2 % de melaza de caña de azúcar; como tecnología de control del potencial redox de residuos orgánicos no persistentes con alta humedad (RONPAH) para su estabilización biológica.

Asimismo, el segundo artículo muestra el empleo de machine learning en el ajuste de un modelo de red neuronal artificial con ajuste por el método de Gauss Newton para optimización predictiva multifactor-multiobjetivo vía simulación de un acidulante (mezcla de ácidos orgánicos carboxílicos) de residuos orgánicos no persistentes con alta humedad (ROnoP-AH) de consumo animal, residuos estandarizado al 2 % de sal (NaCl) consumo animal estándar y 2 % de melaza de caña de azúcar; logrando excelentes resultados, estabilizando biológicamente los residuos y almacenarlos al ambiente sin refrigeración ni biocidas, por periodos de más de 3 meses.

Por su parte, el tercer artículo centra su atención en la aplicación de algoritmos de control borroso para realizar una modulación por ancho de pulso (PWM) en la conmutación de los interruptores del circuito convertidor DC-DC (Chopper) y así estabilizar a un voltaje constante la salida de tensión que alimenta a un circuito inversor, para ello se establece una topología conformada por: generador fotovoltaico-chopper-inversor trifásico y carga. En este sentido, en la topología simulada en Matlab-Simulink se inducen fallas antes y después de la aplicación del control borroso, se obtienen gráficas ilustrativas del comportamiento del bus DC y se comparan los resultados obtenidos.

A su vez, el cuarto artículo contempla una revisión sistémica de la calidad cárnica con base en los atributos observables que han sido de gran interés a lo largo de estas últimas décadas en Venezuela, América Latina y el mundo. No obstante existe un creciente interés por este tema de estudio en estos últimos dos años, donde la calidad cárnica la están estudiando desde ópticas más complejas que van desde los micronutrientes de la alimentación animal, su cuidado sanitario, pastoreo, cruce de razas, entre otras variables, que se traducen proporcionalmente a una mejor calidad en la carne que se comercializa

Seguidamente, el quinto artículo plantea como contribución la modelación de correlación espacial para la optimización predictiva multifactor-multiobjetivo vía simulación de un acidificante-acidulante (mezcla de ácidos orgánicos carboxílicos), de aplicación en la conservación de residuos orgánicos no persistentes con alta humedad (ROnoP-AH) de consumo animal.

Adicionalmente, el sexto artículo describe los métodos analíticos de determinación de residuos en alimentos, entre los que destacan los métodos para residuos provenientes de pesticidas, plaguicidas, medicamentos veterinarios o aditivos alimentarios, los cuales se determinan por diferentes vías como las cromatográficas, espectrofotométricas y colorimétricas según requiera el componente a analizar y el tipo de muestra.

Por otra parte, el séptimo artículo tiene como objetivo el aplicar un plan de análisis de peligros y puntos críticos de control para el desarrollo de una nueva formulación de jamón cocido. En este sentido, se mostró que el producto más factible a desarrollar es el que presenta una formulación con 80% carne de pollo y 20% carne de res, además en la investigación se refleja que los peligros encontrados en el proceso fueron analizados con el árbol de decisiones, resultando como puntos críticos de control (PCC) la recepción de la materia prima y cocción.

Para dar continuidad a este volumen de la revista, el octavo artículo muestra la evaluación de la estabilidad del color extracto acuoso de *Justicia secunda* bajo diferentes condiciones utilizadas comúnmente en la preparación o conservación de alimentos. En este propósito, se encontró que de todos los factores probados, solo el ácido cítrico provoca un cambio notorio de color al afectar el pH.

Por su parte, el noveno artículo exhibe de forma explícita la aplicabilidad de algunos sustratos no convencionales en la producción de *Lactobacillus casei*, entre los que resaltan el mango (*Mangifera indica L.*), fresa (*Fragaria vesca*), *Garcinia madruno* y lactosuero, logrando demostrar que aunque dichos sustratos muestran un buen rendimiento durante el proceso metabólico del microorganismo, este último se presenta como la alternativa más efectiva por dos razones principales, en primer lugar por ser una fuente de nutrientes (proteínas solubles, lípidos, sales minerales, entre otros) a bajo costo y en segundo lugar por reflejar la mayor producción de biomasa en un lapso de 9 horas.

Mientras que, el décimo artículo concentra su atención en la evaluación del efecto de la harina de auyama (HA) (*Cucurbita moschata*) como sustituto parcial de la harina de trigo (HT) en la formulación de un producto tipo masa refrigerada (masa para pastelitos, masa para tequeños). Se empleó un diseño de tipo simplex rejilla, con dos factores experimentales X_1 : HT (%) y X_2 : HA (%) y 3 puntos centrales para un total de 11 tratamientos con 3 variables de respuesta Y_1 : Extensibilidad, Y_2 : Acidez Titulable Total, Y_3 : Cenizas, logrando concluir que la HA es un ingrediente excelente para aportar color, la

HT es determinante en las propiedades de extensibilidad, esponjosidad, viscoelasticidad y cohesividad de la masa.

Finalmente, en esta publicación, como siempre, quisiera agradecer sinceramente a los autores de cada artículo por confiar en *Mangifera* como vehículo para publicar sus valiosos avances científicos.

Editora

ACIDULANTE ORGÁNICO PARA MODULACIÓN DEL POTENCIAL REDOX EN RESIDUOS HÚMEDOS NO PERSISTENTES DE CONSUMO ANIMAL

(ORGANIC ACIDULANT FOR MODULATING REDOX POTENTIAL IN NON-PERSISTENT WET WASTE OF ANIMAL CONSUMPTION)

Enrique C Ávila, Marlene Brizuela.

Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora” UNELLEZ. Programa Estudios Avanzados. Subprograma Ciencias del Agro y del Mar. San Carlos-Estado Cojedes, Venezuela.

enriqcavila@gmail.com / marlenebrizuela@hotmail.com

Recibido: 30-09-2021/ Aceptado: 10-10-2021

RESUMEN

La investigación experimental exploratoria dual, estocástica y determinística, en la optimización multiobjetivo de un acidulante (acrónimo: AHO-Ngen), de consumo animal consistente de una mezcla de ácidos orgánicos más 2 % de sal consumo animal estándar y 2 % de melaza de caña de azúcar; como tecnología de control del potencial redox de residuos orgánicos no persistentes con alta humedad (RONPAH) para su estabilización biológica. Exploración bajo diseño de muestreo estadístico con el algoritmo de Proceso Gaussiano IMSE optimal (DME-PGIMSEOp), ajustando con metamodelos lineales múltiples aditivos cuadráticos e interacciones de alto orden. Estableciéndose en la simulación restricciones de variabilidad de las respuestas de calidad con funciones difusas multimétrica: minimizar la acidez iónica (pH: índice de moles H^+ /litro), la acidez titulable total (ATT: ml NaOH 1N), target el potencial redox (POR: mV) entre +0 y +200 mV y maximizar la capacidad buffer (CB: ml NaOH 1N); bajo la hipótesis de que un POR no negativo cercano a cero controla el metabolismo respiratorio de microorganismos (MRM) anaerobios y POR cercanos a 0 mV (alejados de +850 mV) controla el MRM aerobios. La mezcla optima operativa de ácidos fue: 3,792 g de Citrato de Na (~34,14%), más 0,884 g de Benzoato de Na (~7,96%), 3,386 ml de Acido Fórmico (~30,48%) y 3,046 ml de Ácido Acético (~27,42%), con una deseabilidad de calidad del acidulante de ATT: 272, CB: 168, POR: 27 y pH: 2,3. Validándose la metodología AHO-Ngen en RONPAH, con excelentes resultados para estabilizarlos biológicamente y almacenarlos al ambiente sin refrigeración ni biocidas, por periodos de más de 3 meses.

Palabras clave: Diseño experimental, Redox, Modelo, Optimización.

ABSTRACT

The dual, stochastic and deterministic exploratory experimental research, in the multi-objective optimization of an acidulant (acronym: AHO-Ngen), of animal consumption consisting of a mixture of organic acids plus 2% salt standard animal consumption and 2% cane molasses of sugar; as a technology for controlling the redox potential of non-persistent organic waste with high humidity (RONPAH) for its biological stabilization. Exploration under statistical sampling design with the IMSE optimal Gaussian Process algorithm (DME-PGIMSEOp), adjusting with multiple quadratic additive linear metamodels and high order interactions. Establishing in the simulation restrictions of variability of the quality responses with diffuse multimetric functions: minimize ionic acidity (pH: index of moles H + / liter), total titratable acidity (ATT: ml NaOH 1N), target the redox potential (POR : mV) between +0 and +200 mV and maximize the buffer capacity (CB: ml 1N NaOH); under the hypothesis that a non-negative POR close to zero controls the respiratory metabolism of anaerobic microorganisms (MRM) and POR close to 0 mV (away from +850 mV) controls the aerobic MRM. The optimal working acid mixture was: 3.792 g of Na Citrate (~ 34.14%), plus 0.884 g of Na Benzoate (~ 7.96%), 3.386 ml of Formic Acid (~ 30.48%) and 3.046 ml of Acetic Acid (~ 27.42%), with an acidulant quality desirability of ATT: 272, CB: 168, POR: 27 and pH: 2.3. Validating the AHO-Ngen methodology in RONPAH, with excellent results to stabilize them biologically and store them in the environment without refrigeration or biocides, for periods of more than 3 months.

Keywords: Experimental design, Redox, Model, Optimization.

INTRODUCCIÓN

Los signos y síntomas de las anomalías sobre el deterioro de los bienes y servicios ambientales (BySA), que están vigente a nivel mundial, son fundamentalmente debido al impacto adverso de los residuos orgánicos tanto persistente como los no persistente y, en Latinoamérica, el Caribe y en Venezuela; la ONU Programa para el medio ambiente (2018); CEPAL (2020) y VITALIS (2018), igualmente lo han revelado.

Entre la gran diversidad de anomalías detectadas, están: la contaminación de los suelos, de los cuerpos de agua, del aire, deterioro, daño y/o extinción de la biodiversidad, la formación de tormentas, el calentamiento global, los grandes bosques desérticos; así como el uso excesivo de los BySA; muestran que estas anomalías son consecuencia de una anomalía sociológica y socioeconómica. Hay un excesivo uso de los BySA, ya que estos se

consumen a una velocidad de 1,75 veces más rápida que la velocidad de su auto recuperación (la demanda supera la oferta); al año 2019, se están consumiendo en siete (07) meses los BySA que la tierra puede ofrecer en un año. Detectándose además que no se está creando BySA, con casos excepcionales.

Por su parte, el Banco Mundial al 2018, reporta que el 61 % de los residuos sólidos urbanos (RSU) domésticos son orgánicos (17 % papel y 44 % alimentos); sin embargo se hace énfasis que al incluir los residuos fecales, agrícolas de campo, los provenientes del matadero de animales y los residuos de campo de galpones de cría de animales; estas estadísticas se vuelven mucho más elevadas y, son un problema vigente y futuro.

En este sentido, en Venezuela (Avila, 2019b), se ha detectado que en épocas de esplendor de disponibilidad de divisas extranjeras, para el año 2009, el consumo de carnes de solo tres (03) rubros animal, fue. Pollos broiler, 42 Kg/persona*año; Bovinos, 24 Kg/persona*año y Cerdo, 13 Kg/persona*año y; según las proyecciones de INE (2019), para el año 2050, la población venezolana serán, > 40.500.761 habitantes.

En estas condiciones se producirán para el año 2050 (Avila, 2019), más de 2.831.753.198,7 Kg de residuos orgánicos húmedos, que representarían un problema grave, causal de impacto ambiental, si no se gestionan adecuadamente; sin embargo pueden representar una oportunidad de negocio, si se implementan gestiones como las que propone esta investigación. Y, falta la inmensa cantidad de RSU residenciales, los residuos fecales y los residuos de la producción agronómica vegetal, para estos y otros animales y para las personas, en el 2050.

Basado en esta problemática, la investigación se enfocó en crear y optimizar una tecnología para estabilización de residuos orgánicos húmedos no persistentes, provenientes de procesos agroindustriales del beneficio y proceso de vegetales y animales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el cumplimiento del objetivo general de la investigación, se desarrollaron las siguientes fases:

1. Generación de un arreglo de muestreo de tratamientos usando el algoritmo Proceso Gaussiano IMSE Optimal del software SAS JMP 8.
2. Con los tratamientos elaborados (mezclas de CitratoNa, BenzoatoNa, Ácido Fórmico y Ácido Acético), se procedió al montaje y ejecución de la experimentación, con el fin de determinar las respuestas, acidez iónica (pH: índice moles H⁺/litro), Potencial Redox (PR: mV), Capacidad Buffer (CB: ml de NaOH 0,1N) y Acidez Titulable (ATT: ml de NaOH 0,1N), usando los métodos descritos en la A.O.A.C. (2012), adaptados y estandarizados durante las pruebas pilotos. Todo en el laboratorio LITA (laboratorio de ingeniería y tecnología de alimentos) de la UNELLEZ-VIPI-San Carlos-Cojedes.
3. Estimación de cuatro modelos lineales aditivos cuadráticos con interacciones de alto orden, ajustando los parámetros con el método de mínimos cuadrados ordinarios matriciales Ridge (m.c.o.m. Ridge), formando un sistema de cuatro ecuaciones (metamodelo de simulación), comprobando su bondad de ajuste, con el cual se emuló el proceso de elaboración del acidulante para control redox de materia orgánica no persistente.
4. Co-optimización del proceso de creación del acidulante (AH-Ngen), vía simulación, con el simulador Prediction Profiler con interfaz gráfico interactivo del software SAS JMP 8 (SAS JMP, 2012; 2013), según las recomendaciones de Derringer (1994) y Derringer y Suich (1980), bajo las siguientes restricciones de deseabilidad de calidad (reglas difusas multimétrica) para las cuatro respuestas medidas, 1. Minimizar la respuesta acidez iónica (pH: índice moles H⁺/litro), 2. Target el potencial redox entre 0 mV y 200 mV, 3. Minimizar la acidez titulable soluble total (ATT: ml NaOH 0,1 N) y 4. Maximizar la capacidad buffer (CB: ml NaOH 0,1 N), para cada una de los tratamientos diseñados, con la mezcla de ácido fórmico, ácido acético, cítratoNa y benzoatoNa.

5. Validación de la mezcla óptima del acidulante; agregándola en residuos orgánicos no persistentes industriales de beneficio animal, con adición de sal consumo animal estándar a dosis fija de 2 % y malaza de caña de azúcar a dosis fija de 2 %.

RESULTADOS Y DISCUSION

En este apartado se describen los resultados de los análisis estadístico-matemáticos, tecnológicos y su discusión.

En este sentido, en la tabla 1 se muestra Matriz “D” de diseño de muestreo y las respuestas medidas (promedio aritmético de tres repeticiones).

Tabla 1. Matriz “D” de diseño de muestreo y respuestas: Diseño Proceso Gaussiano IMSE Optimal.

Tratamientos	Factores experimentales				Respuestas			
	Ácido Fórmico	Ácido Acético	Citrato de sodio	Benzoato de sodio	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄
	X ₁ [ml]	X ₂ [ml]	X ₃ [g]	X ₃ [g]	pH	PR	CB	ATT
1	2,964	2,464	3,536	0,616	2,11	22,55	145,63	291,22
2	3,461	2,961	3,983	0,867	2,28	29	176,94	276,98
3	2,514	2,947	3,986	0,636	2,38	29,24	145,54	274,26
4	2,517	2,961	3,039	0,633	2,37	29,44	134,7	276,08
5	3,463	2,963	3,037	0,633	2,32	40,07	182,61	275,09
6	3,461	2,017	3,039	0,867	2,50	32,85	124,52	264,81
7	2,522	2,022	3,978	0,646	2,38	29,08	111,35	271,80
8	3,447	2,014	3,986	0,864	2,51	35,27	130,05	266,92
9	2,964	2,464	3,536	0,884	2,34	29,55	144,26	276,77
10	2,514	2,014	3,053	0,636	2,13	15,96	112,08	290,01
11	2,514	2,014	3,053	0,864	2,51	30,24	114,44	267,50
12	3,463	2,963	3,037	0,867	2,46	41,78	164,65	251,4
13	2,973	2,473	2,955	0,750	2,48	37,92	151,63	270,01
14	2,973	3,045	3,527	0,750	2,40	34,43	160,87	273,01
15	3,447	2,014	3,986	0,636	2,37	44,77	146,37	273,59
16	2,514	2,947	3,986	0,864	2,40	29,64	141,37	274,24
17	3,461	2,017	3,039	0,633	2,35	32,15	121,81	276,69
18	2,517	2,961	3,039	0,867	2,51	33,5	135,82	264,42
19	3,545	2,473	3,527	0,750	2,36	29,69	115,76	277,01
20	3,461	2,961	3,983	0,633	2,35	42,14	175,1	274,52
21	2,522	2,022	3,978	0,854	2,43	40,52	133,08	271,67

Fuente: Avila (2021).

Los modelos ajustados con screening Ridge (modelo lineal múltiple aditivo con interacciones de alto orden), se muestran en las figuras 1, 2, 3, y 4, siguientes. Donde en la parte izquierda, “Term” se corresponde con los términos (unidades de producto) del modelo, a la derecha “Estimate”, son los coeficientes regresores, StdError el error estándar de estos, “tRatio” la razón de t de Student y “Prob>|p|” la significancia estadística de cada parámetro del modelo. Mostrándose alta significancia estadística de los términos del modelo.

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	2,5271533	0,030419	83,08	<,0001*
Citrato Na (X3:g)	-0,001779	0,007289	-0,24	0,8091
Benzoato Na (X4:g)	-0,107956	0,007237	-14,92	<,0001*
Ácido Fórmico (X1:ml)	-0,009808	0,002579	-3,80	0,0008*
(Citrato Na (X3:g)-3,5)*(Citrato Na (X3:g)-3,5)	0,1029719	0,004267	24,13	<,0001*
(Citrato Na (X3:g)-3,5)*(Benzoato Na (X4:g)-0,75)	-0,02832	0,015481	-1,83	0,0788
(Benzoato Na (X4:g)-0,75)*(Benzoato Na (X4:g)-0,75)	0,1873323	0,059963	3,12	0,0043*
(Citrato Na (X3:g)-3,5)*(Ácido Fórmico (X1:ml)-3)	0,0838716	0,003593	23,34	<,0001*
(Benzoato Na (X4:g)-0,75)*(Ácido Fórmico (X1:ml)-3)	-0,136885	0,012906	-10,61	<,0001*
(Ácido Fórmico (X1:ml)-3)*(Ácido Fórmico (X1:ml)-3)	0,0810111	0,003885	20,85	<,0001*
(Citrato Na (X3:g)-3,5)*(Ácido Acético (X2:ml)-2,5)	0,0495073	0,003501	14,14	<,0001*
(Benzoato Na (X4:g)-0,75)*(Ácido Acético (X2:ml)-2,5)	-0,038194	0,014977	-2,55	0,0170*
(Ácido Fórmico (X1:ml)-3)*(Ácido Acético (X2:ml)-2,5)	0,03128	0,003575	8,75	<,0001*
(Ácido Acético (X2:ml)-2,5)*(Ácido Acético (X2:ml)-2,5)	0,1188342	0,004045	29,38	<,0001*
(Citrato Na (X3:g)-3,5)*(Citrato Na (X3:g)-3,5)*(Citrato Na (X3:g)-3,5)	0,0236278	0,011162	2,12	0,0440*
(Citrato Na (X3:g)-3,5)*(Citrato Na (X3:g)-3,5)*(Ácido Fórmico (X1:ml)-3)	0,0018096	0,00748	0,24	0,8107

Figura 1. Modelo para la respuesta pH

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	30,943598	0,109445	282,73	<,0001*
Citrato Na (X3:g)	-2,344766	0,028493	-82,29	<,0001*
Ácido Acético (X2:ml)	1,0283672	0,007633	134,72	<,0001*
Ácido Fórmico (X1:ml)	0,1553731	0,007598	20,45	<,0001*
Benzoato Na (X4:g)	0,6329611	0,030686	20,63	<,0001*
(Citrato Na (X3:g)-3,5)*(Citrato Na (X3:g)-3,5)	2,3314175	0,017672	131,93	<,0001*
(Citrato Na (X3:g)-3,5)*(Ácido Acético (X2:ml)-2,5)	1,3024156	0,015018	86,72	<,0001*
(Ácido Acético (X2:ml)-2,5)*(Ácido Acético (X2:ml)-2,5)	0,1921971	0,017315	11,10	<,0001*
(Citrato Na (X3:g)-3,5)*(Ácido Fórmico (X1:ml)-3)	-0,926541	0,015207	-60,93	<,0001*
(Ácido Acético (X2:ml)-2,5)*(Ácido Fórmico (X1:ml)-3)	-3,264631	0,015569	-209,7	<,0001*
(Ácido Fórmico (X1:ml)-3)*(Ácido Fórmico (X1:ml)-3)	-1,435545	0,016905	-84,92	<,0001*
(Citrato Na (X3:g)-3,5)*(Benzoato Na (X4:g)-0,75)	-11,07038	0,065439	-169,2	<,0001*
(Ácido Acético (X2:ml)-2,5)*(Benzoato Na (X4:g)-0,75)	5,4515837	0,062604	87,08	<,0001*
(Ácido Fórmico (X1:ml)-3)*(Benzoato Na (X4:g)-0,75)	-17,96154	0,053607	-335,1	<,0001*
(Benzoato Na (X4:g)-0,75)*(Benzoato Na (X4:g)-0,75)	19,881993	0,258889	76,80	<,0001*
(Citrato Na (X3:g)-3,5)*(Citrato Na (X3:g)-3,5)*(Citrato Na (X3:g)-3,5)	-0,123637	0,043104	-2,87	0,0081*

Figura 2. Modelo para la respuesta PR

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	148,57431	0,051	2913,2	<,0001*
Citrato Na (X3:g)	-14,57292	0,013534	-1077	<,0001*
Benzoato Na (X4:g)	32,709776	0,013641	2398,0	<,0001*
Ácido Acético (X2:ml)	0,7692953	0,003379	227,67	<,0001*
Ácido Fórmico (X1:ml)	-3,017361	0,003434	-878,8	<,0001*
(Citrato Na (X3:g)-3,5)*(Citrato Na (X3:g)-3,5)	12,030828	0,008189	1469,1	<,0001*
(Citrato Na (X3:g)-3,5)*(Benzoato Na (X4:g)-0,75)	-46,58396	0,030481	-1528	<,0001*
(Benzoato Na (X4:g)-0,75)*(Benzoato Na (X4:g)-0,75)	-11,40268	0,11714	-97,34	<,0001*
(Citrato Na (X3:g)-3,5)*(Ácido Acético (X2:ml)-2,5)	5,1775202	0,006597	784,82	<,0001*
(Benzoato Na (X4:g)-0,75)*(Ácido Acético (X2:ml)-2,5)	18,584809	0,028617	649,43	<,0001*
(Ácido Acético (X2:ml)-2,5)*(Ácido Acético (X2:ml)-2,5)	-13,18146	0,007613	-1731	<,0001*
(Citrato Na (X3:g)-3,5)*(Ácido Fórmico (X1:ml)-3)	-6,462486	0,006788	-952,0	<,0001*
(Benzoato Na (X4:g)-0,75)*(Ácido Fórmico (X1:ml)-3)	-63,27864	0,023726	-2667	<,0001*
(Ácido Acético (X2:ml)-2,5)*(Ácido Fórmico (X1:ml)-3)	-9,600407	0,007321	-1311	<,0001*
(Ácido Fórmico (X1:ml)-3)*(Ácido Fórmico (X1:ml)-3)	-6,756365	0,007539	-896,2	<,0001*
(Citrato Na (X3:g)-3,5)*(Citrato Na (X3:g)-3,5)*(Citrato Na (X3:g)-3,5)	-0,082322	0,0203	-4,06	0,0004*
(Citrato Na (X3:g)-3,5)*(Benzoato Na (X4:g)-0,75)*(Ácido Acético (X2:ml)-2,5)	0,107471	0,057664	1,86	0,0741

Figura 3. Modelo para la respuesta CB

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	261,73176	0,033614	7786,3	<,0001*
Benzoato Na (X4:g)	6,8727162	0,026785	256,59	<,0001*
Citrato Na (X3:g)	-0,405539	0,004391	-92,36	<,0001*
Ácido Fórmico (X1:ml)	0,5046208	0,003574	141,20	<,0001*
Ácido Acético (X2:ml)	0,1957545	0,003871	50,57	<,0001*
(Benzoato Na (X4:g)-0,75)*(Benzoato Na (X4:g)-0,75)	-21,80525	0,127806	-170,6	<,0001*
(Benzoato Na (X4:g)-0,75)*(Citrato Na (X3:g)-3,5)	1,058242	0,027138	38,99	<,0001*
(Citrato Na (X3:g)-3,5)*(Citrato Na (X3:g)-3,5)	-6,20956	0,009595	-647,2	<,0001*
(Benzoato Na (X4:g)-0,75)*(Ácido Fórmico (X1:ml)-3)	9,024037	0,031465	286,79	<,0001*
(Citrato Na (X3:g)-3,5)*(Ácido Fórmico (X1:ml)-3)	-4,973392	0,008938	-556,4	<,0001*
(Ácido Fórmico (X1:ml)-3)*(Ácido Fórmico (X1:ml)-3)	-4,351001	0,011335	-383,9	<,0001*
(Benzoato Na (X4:g)-0,75)*(Ácido Acético (X2:ml)-2,5)	3,6262427	0,031633	114,63	<,0001*
(Citrato Na (X3:g)-3,5)*(Ácido Acético (X2:ml)-2,5)	-2,763876	0,009293	-297,4	<,0001*
(Ácido Fórmico (X1:ml)-3)*(Ácido Acético (X2:ml)-2,5)	-1,335609	0,010381	-128,7	<,0001*
(Ácido Acético (X2:ml)-2,5)*(Ácido Acético (X2:ml)-2,5)	-6,351662	0,042701	-148,7	<,0001*
(Benzoato Na (X4:g)-0,75)*(Citrato Na (X3:g)-3,5)*(Citrato Na (X3:g)-3,5)	-0,115737	0,067694	-1,71	0,0997
(Ácido Acético (X2:ml)-2,5)*(Ácido Acético (X2:ml)-2,5)*(Ácido Acético (X2:ml)-2,5)*(Ácido Acético (X2:ml)-2,5)	-0,047915	0,047794	-1,00	0,3257

Figura 4. Modelo para la respuesta Y4hl: ATT

Asimismo, en la figura 5 prototipo de la interfaz del simulador, muestra los resultados de la optimización de la mezcla óptima para la deseabilidad de calidad del acidulante: 3,79 g de Citrato de Na (~34,14%), más 0,884 g de Benzoato de Na (~7,96%), más 3,38ml de Acido Fórmico (~30,48%) y 3,045 ml de Ácido Acético (~27,42%). La deseabilidad de calidad del acidulante fue, ATT: 272,85 CB: 168,1, POR: 27 mV y pH: 2,3.

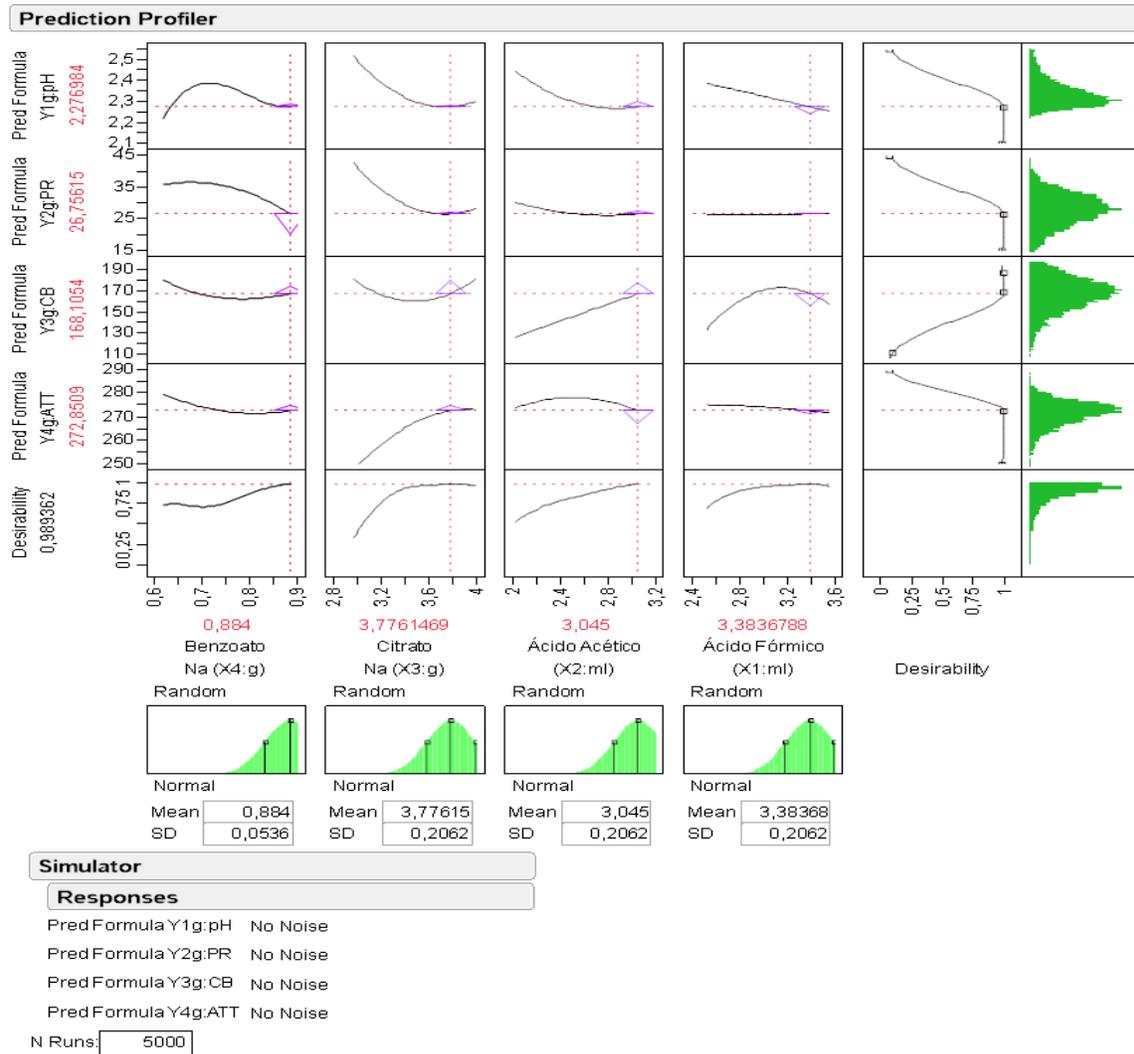


Figura 5. Prototipo de la interfaz del simulador del programa SAS JMP v8

CONCLUSIONES

Luego de los resultados obtenidos en el desarrollo de la presente investigación se han establecido las siguientes conclusiones:

- El diseño de muestreo Proceso Gaussiano IMSE Optimal, muestra ser económico para experimentación en laboratorio (experimentación estocástica) y excelente en el ajuste de modelos lineales múltiples aditivos cuadráticos con interacciones de alto

orden (MLMACIAO), con alta bondad de ajuste, requeridos para procesos de simulación estadística, en la emulación determinista de procesos.

- El método de mínimos cuadrados ordinarios matricial Ridge, usando la metodología screening del software SAS JMP, permitió la construcción de MLMACIAO, con excelente bondad de ajuste, bajo los diseños de muestreo Proceso Gaussiano IMSE Optimal.
- El modelo de simulación MLMACIAO, ajustado bajo el Proceso Gaussiano IMSE Optimal, fue excelente en la optimización vía simulación, con el algoritmo de Derringer-Suich, usando reglas difusas multimétrica, implementado por el software SAS JMP 8.
- La mezcla de los ácidos fórmico, acético, citrato de sodio y benzoato de sodio, en las dosis experimentales creadas, formulan un acidulante experimental excelente para el control redox y estabilización biológica de residuos orgánicos de alta humedad ($a_w = 0,985$), convirtiendo un producto altamente perecedero en uno muy poco perecedero.
- El acidulante experimental formulado, estabiliza materia orgánica altamente perecedera (rica en nutrientes y muy húmeda) casi instantáneamente, cuando se utilizan las dosis del acidulante experimental, permitiendo su preservación por más de 3 meses en condiciones ambientales sin refrigeración.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- A.O.A.C. (2012). "Official methods of analysis of AOAC international. "William Horwitz y George W. Latimer. Ed.19. Washington, DC.

- Ávila, E. C. (2019b). Optimizado de la revalorización con acidulado, de residuos del beneficio de pollos, con un DCC vía simulación. Guía de estudio. Laboratorio LITA y Laboratorio de Informática II. UNELLEZ-VIPI.
- BID. (2020). Investigaciones BID. Disponible en: <https://www.iadb.org/es>
- CEPAL. (2020). Estudio Económico de América Latina y el Caribe ▪ 2020. Comisión Económica para América Latina.
- Derringer, G. (1994). A balancing act: Optimizing a product's properties. Make intelligent trade-offs through desirability optimization methodology Quality progress. Disponible en: <http://www.statease.com/pubs/derringer.pdf>
- Derringer, G. y Suich, R. (1980). Simulation optimization of several response variables. Journal of quality technology. 12:214-219.
- INE. (2019). Censos de población y vivienda. <https://www.google.com/search?q=INE+venezuela+2019&oq=INE+venezuela+2019&aqs=chrome..69i57j0i33313.14573j0j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
- ONU Programa para el medio ambiente (2020). Residuos y su valorización. Disponible en: <https://www.unep.org/es>
- SAS JMP. (2012). Software SAS Institute Inc. JMP business unit SAS.JMP: Jonhn's macintosh program.
- SAS JMP. (2013). SAS Institute Inc. Using JMP 11. Cary, NC: SAS Institute Inc. Inc. Disponible en: http://www.jmp.com/support/downloads/pdf/jmp11/Using_JMP.pdf
- VITALIS. (2013). Situación Ambiental de Venezuela. VITALIS (2013). Situación Ambiental de Venezuela 2012. Análisis de Percepción del Sector. Editores y Compiladores: D. Díaz Martín, Y. Frontado, M. Da Silva, A. Lizaraz, I. Lameda, V. Valera, C. Gómez., E. Monroy, Z. Martínez, J. Apostólico y G. Suárez. 42 pp. Disponible en: http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/cenamb/Situacion-Ambiental-de-Venezuela-2012.pdf

MÁQUINA DE APRENDIZAJE PARA OPTIMIZACIÓN VÍA SIMULACIÓN DE ACIDULACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS HÚMEDOS

(*MACHINE LEARNING FOR OPTIMIZATION VIA SIMULATION OF WET ORGANIC WASTE ACIDULATION*)

Enrique C Ávila, Marlene Brizuela.

Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora” UNELLEZ. Subprograma de Estudios Avanzados Ciencias del Agro y del Mar. San Carlos-Estado Cojedes, Venezuela.

enriqcÁvila@gmail.com / marlenebrizuela@hotmail.com

Recibido: 30-09-2021/ Aceptado: 09-10-2021

RESUMEN

Esta investigación experimental exploratoria estocástica y determinística de machine learning en el ajuste de un modelo de red neuronal artificial con ajuste por el método de Gauss Newton para optimización predictiva multifactor-multiobjetivo vía simulación de un acidulante (mezcla de ácidos orgánicos carboxílicos) de residuos orgánicos no persistentes con alta humedad (RONoP-AH) de consumo animal, residuos estandarizado al 2 % de sal (NaCl) consumo animal estándar y 2 % de melaza de caña de azúcar; el acidulante como tecnología de control de variables indicadoras de cambios fisicoquímica para la estabilización biológica de los RONoP-AH. El diseño de muestreo estadístico fue un Gaussiano IMSE optimal (GIMSEOp). Para las restricciones de variabilidad de las respuestas de calidad en la optimización vía simulación se utilizaron funciones de reglas difusas multimétrica: minimizar la acidez iónica (pH: índice de moles H⁺/litro) y la acidez titulable total (ATT: ml NaOH 1N), target el potencial redox (POR: mV) entre +0 y +200 mV y maximizar la capacidad buffer (CB: ml NaOH 1N±1ΔpH); bajo la hipótesis fisiológica de que un POR negativo cercano a cero (alejado de -450 mV) inhibe el metabolismo respiratorio de microorganismos (MRM) anaerobios y un POR cercanos a 0 mV (alejados de +850 mV) inhibe el MRM aerobios. La mezcla optima operativa de ácidos obtenida fue: 3,46 g de Citrato de Na (~35,67%), 0,62 g de Benzoato de Na (~6,39%), 3 ml de Acido Fórmico (~30,93%) y 2,62 ml de Ácido Acético (~27,01%), con una deseabilidad de calidad del acidulante de ATT: 290,1, CB: 147,6 POR: 22,9 y pH: 2,15. Validándose la mezcla óptima acidulante en RONoP-AH, con excelentes resultados, lográndose estabilizarlos biológicamente y almacenarlos al ambiente sin refrigeración ni biocidas, por periodos de más de 3 meses.

Palabras clave: Diseño experimental, Redox, Modelo, Optimización.

ABSTRACT

This exploratory experimental stochastic and deterministic of machine learning research on the adjustment of an artificial neural network model with Gauss Newton method adjustment for multifactor-multiobjective predictive optimization via simulation of an acidulant (mixture of carboxylic organic acids) of non-persistent high moisture organic wastes (RONoP-AH) from animal consumption, waste standardized to 2 % salt (NaCl) standard animal consumption and 2 % sugar cane molasses; acidulant as a technology to control variables indicating physicochemical changes for the biological stabilization of ROnoP-AH. The statistical sampling design was a Gaussian IMSE optimal (GIMSEOp). For the variability constraints of the quality responses in the optimization via simulation, multimetric fuzzy rule functions were used: minimize the ionic acidity (pH: moles H⁺/liter ratio) and total titratable acidity (ATT: ml NaOH 1N), target the redox potential (POR: mV) between +0 and +200 mV and maximize buffer capacity (CB: ml NaOH 1N±1ΔpH); under the physiological hypothesis that a negative POR close to zero (away from -450 mV) inhibits anaerobic microorganism respiratory metabolism (MRM) and a POR close to 0 mV (away from +850 mV) inhibits aerobic MRM. The optimal operating acid mixture obtained was: 3,46 g Na Citrate (~35,67%), 0,62 g Na Benzoate (~6.39%), 3 ml Formic Acid (~30.93%) and 2,62 ml Acetic Acid (~27.01%), with an acidulant quality desirability of ATT: 290,1 CB: 147,6 POR: 22,9 and pH: 2.15. Validating the optimal acidulant mixture in ROnoP-AH, with excellent results, achieving biological stabilization and storing them in the environment without refrigeration or biocides, for periods of more than 3 months.

Keywords: Experimental design, Redox, Model, Optimization.

INTRODUCCIÓN

Hay una miríada de excelentes herramientas auxiliares de machine learning, computación inteligente emergente, software, modelación, simulación de procesos y muy baja cultura de datos, que en general son ignoradas y por tanto muy poco explotadas en el mundo académico, solo aparece en algunas investigaciones, por intereses particulares; herramientas que están siendo ampliamente adoptadas y aplicadas en cada una parte de las cadena de procesos productivos y administrativos vigentes; una de las razones de la poca instrucción académica en estas herramientas es la analfabetismo tecnológico digital de los administradores docentes de aula y de los creadores de pensum académicos; factores que ha generado una analfabetización digital también de empresas, fundamentalmente PYMEs

(Grupo eDISTeL. Coaching tecnológico, 2021; AD ALFABETIZACIÓN DIGITAL, 2021; BLOGRH.Amedirth, 2021).

Así, se plantea una brecha social de alfabetización digital emergente en cuanto a instrucción en competencias digitales y cultura de DICs de los nuevos profesionales universitarios, una deficiencia fundamentalmente en los países subdesarrollados, una educación digital requerida para direccionar el desarrollo y crecimiento de la industria y sociedad global 5.0, de la Big DICs. (Datos, Información y Conocimientos masivos), una nueva división social, cultural, económica y educativa (tokioschool, 2021; BLOGRH.Amedirth, 2021).

En lo que respecta producción de residuos orgánicos no persistentes agroindustriales con alta humedad (RNoP-AH) que están impactando los bienes y servicios ambientales (BySA), el BID (2018), reporta que el 61 % de los residuos sólidos urbanos (RSU) domésticos son orgánicos (17 % papel y 44 % alimentos); sin embargo se hace énfasis que al incluir los residuos fecales, agrícolas de campo, los provenientes del matadero de animales y los residuos de campo de galpones de cría de animales; estas estadísticas se vuelven mucho más elevadas y, son un problema vigente y futuro. Y, específicamente en Venezuela (Ávila, 2019b), se ha detectado que en épocas de esplendor de disponibilidad de divisas extranjeras, para el año 2009, el consumo de carnes de solo tres (03) rubros animal, fue. Pollos broiler, 42 Kg/persona*año; Bovinos, 24 Kg/persona*año y Cerdo, 13 Kg/persona*año y; según las proyecciones de INE (2019), para el año 2050, la población venezolana serán, > 40.500.761 habitantes.

En estas condiciones se producirán para el año 2050 (Ávila, 2019b), más de 2.831.753.198,7 Kg de residuos orgánicos húmedos, que representaran un problema grave, causal de impacto ambiental, si no se gestionan adecuadamente; sin embargo pueden representar una oportunidad de negocio (ONU Programa para el medio ambiente, 2020), si se implementan gestiones como las que propone esta investigación.

Basado en la problemática dual planteada, la investigación se enfocó como objetivo general en implementar máquina de aprendizaje (machine learning), de modelo de red neuronal artificial para modelar y optimizar vía simulación (usando un simulador comercial, con interfaz gráfica interactiva), donde la tecnología de acidulación es utilizada para la estabilización de ROnoP-AH, provenientes de procesos agroindustriales del beneficio y proceso de vegetales y animales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el cumplimiento del objetivo general de la investigación, se desarrollaron las siguientes fases:

1. Generación de un arreglo de muestreo de tratamientos usando el algoritmo Proceso Gaussiano IMSE Optimal del software SAS JMP 8.

2. Con los tratamientos de muestreo elaborados (mezclas de CitratoNa, BenzoatoNa, Ácido Fórmico y Ácido Acético), se ejecutó la experimentación y se determinaron las respuestas, acidez iónica (pH: índice moles H⁺/litro), Potencial Redox (PR: mV), Capacidad Buffer (CB: ml de NaOH 0,1N $\pm 1 \Delta$ pH) y Acidez Titulable (ATT: ml de NaOH 0,1N), usando los métodos descritos en la A.O.A.C. (2012), adaptados y estandarizados durante las pruebas pilotos.

3. Ajuste del modelo de red neuronal artificial, concertando los parámetros con entrenamiento por el método de validación cruzada (K-Fold crossvalidation, recomendado cuando la cantidad de tratamientos de muestreo es pequeño (ejemplo, entre 5 y 20), método de Gauss Newton (para modelos de hasta 40 coeficientes regresores), esto para encontrar modelos que generalicen bien al ser introducidos nuevos datos. Para ello en cada iteración de reajuste del modelo, se reservó grupos de 05 tratamientos distintos aleatorizados, que se utiliza para verificar el modelo generado por los datos de entrenamiento no retenidos; los valores iniciales de arranque (valores cebadores) de los coeficientes regresores del modelo

no lineal (modelo de red neuronal artificial) para cada iteración, se estiman con regresión usado todos los datos.

Finalmente se crea una red de ecuaciones intrínsecas (un metamodelo de simulación), comprobando su bondad de ajuste con el coeficiente de regresión (R^2) parciales y las gráficas de valores medidos vs. valores predichos de cada modelo para cada respuesta con el cual se emuló el proceso de elaboración del acidulante para control redox de residuos orgánicos no persistente, con alta humedad.

4. Co-optimización del proceso de creación del acidulante, vía simulación, con el simulador Prediction Profiler con interfaz gráfico interactivo del software SAS JMP 8 (SAS JMP, 2012; 2013), según las recomendaciones de Derringer (1994) y Derringer y Suich (1980), bajo las siguientes restricciones de deseabilidad de calidad (funciones de reglas difusas multimétrica) para las cuatro respuestas medidas, 1. Minimizar la respuesta acidez iónica (pH: índice moles H^+ /litro), 2. Target el potencial redox entre 0 mV y 200 mV, 3. Minimizar la acidez titulable soluble total (ATT: ml NaOH 0,1 N) y 4. Maximizar la capacidad buffer (CB: ml NaOH 0,1 N $\pm 1\Delta pH$), para cada una de los tratamientos diseñados, con la mezcla de ácido fórmico, ácido acético, cítratoNa y benzoatoNa.

5. Validación de la mezcla óptima del acidulante; aplicándola a residuos orgánicos no persistentes con alta humedad (RONoP-AH), residuos industriales de beneficio animal, estandarizados estos con adición de sal (NaCl) de consumo animal estándar a dosis fija de 2 % y melaza de caña de azúcar a dosis fija de 2 %.

RESULTADOS Y DISCUSION

En lo siguiente se describen los datos, los resultados de su análisis estadístico-matemático, análisis tecnológicos y su discusión.

En este propósito, en la tabla 1 se muestra Matriz “D” de diseño de muestreo y las respuestas medidas (promedio aritmético de tres repeticiones).

Tabla 1. Diseño Proceso Gaussiano IMSE Optimal y respuestas

Tratamientos	Factores experimentales				Respuestas			
	Ácido Fórmico	Ácido Acético	Citrato de sodio	Benzoato de sodio	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄
	X ₁ [ml]	X ₂ [ml]	X ₃ [g]	X ₃ [g]	pH	PR	CB	ATT
1	2,964	2,464	3,536	0,616	2,11	22,55	145,63	291,22
2	3,461	2,961	3,983	0,867	2,28	29	176,94	276,98
3	2,514	2,947	3,986	0,636	2,38	29,24	145,54	274,26
4	2,517	2,961	3,039	0,633	2,37	29,44	134,7	276,08
5	3,463	2,963	3,037	0,633	2,32	40,07	182,61	275,09
6	3,461	2,017	3,039	0,867	2,50	32,85	124,52	264,81
7	2,522	2,022	3,978	0,646	2,38	29,08	111,35	271,80
8	3,447	2,014	3,986	0,864	2,51	35,27	130,05	266,92
9	2,964	2,464	3,536	0,884	2,34	29,55	144,26	276,77
10	2,514	2,014	3,053	0,636	2,13	15,96	112,08	290,01
11	2,514	2,014	3,053	0,864	2,51	30,24	114,44	267,50
12	3,463	2,963	3,037	0,867	2,46	41,78	164,65	251,4
13	2,973	2,473	2,955	0,750	2,48	37,92	151,63	270,01
14	2,973	3,045	3,527	0,750	2,40	34,43	160,87	273,01
15	3,447	2,014	3,986	0,636	2,37	44,77	146,37	273,59
16	2,514	2,947	3,986	0,864	2,40	29,64	141,37	274,24
17	3,461	2,017	3,039	0,633	2,35	32,15	121,81	276,69
18	2,517	2,961	3,039	0,867	2,51	33,5	135,82	264,42
19	3,545	2,473	3,527	0,750	2,36	29,69	115,76	277,01
20	3,461	2,961	3,983	0,633	2,35	42,14	175,1	274,52
21	2,522	2,022	3,978	0,854	2,43	40,52	133,08	271,67

Fuente: Ávila (2021).

En la tabla 2, se muestra las condiciones de entrenamiento de la red neuronal artificial (RNA) y en la tabla 3, la historia del entrenamiento de ajuste de la RNA.

Tabla 2. Condiciones de entrenamiento de la RNA

Característica	Valor
Capas ocultas	1
Nodos escondidos	3 a 7
Penalización por sobreajuste	0,01 a 0,04
Numero de tours	
(Número de puntos óptimos locales recorridos en búsqueda de un óptimo máximo global)	16 a 25
Iteraciones máximas	75 a 100
Criterio de convergencia	
(Cambio en el valor de la función objetivo change / min(10 ⁻⁸ , max(10 ⁸ , obj)))	0,00001

Fuente: Ávila (2021).

La historia del entrenamiento del metamodelo RNA, arrojó que el mejor R^2 (98,767 %) se consigue con 1 capa oculta y 7 nodos ocultos y, la figura 1, muestra los R^2 para c/u modelo ajustado de cada respuesta.

Tabla 3. Resultados de bondad de ajuste de la RNA para cada modelo de cada respuesta

Y_i	SSE	RMSE	SSE Scaled	RMSE Scaled	RSquare (%)
Y1	0,01266406	0,03007617	1,06544328	0,27586789	94,672784
Y2	30,9562467	1,48699714	0,6606732	0,21723476	96,696634
Y3	564,978544	6,35260657	1,21776871	0,29492962	93,911156
Y4	76,7141839	2,34085125	1,10688797	0,28118219	94,46556

Fuente: Ávila (2021)

La figura 1, muestra el diagrama de la RNA, un perceptrón monocapa multinodo (7 nodos).

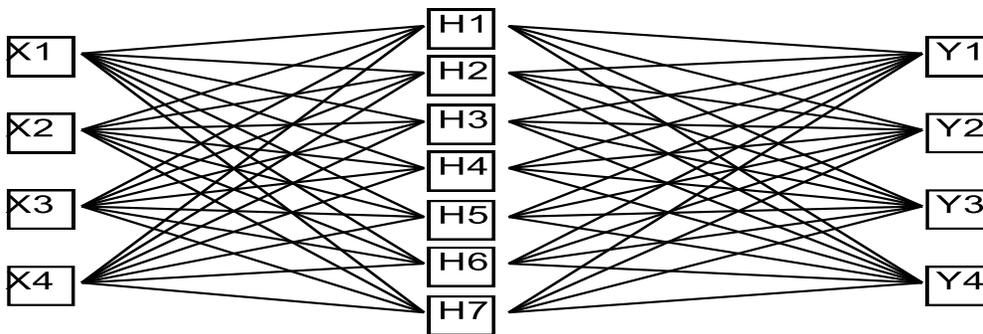


Figura 1. Diagrama esquemático de la RNA

Fuente: Ávila (2021)

En la figura 2 y 3 siguientes, se muestra las estructuras del metamodelo de RNA, un modelo para cada respuesta y las respectivas formulas H_i , todos encriptados en la hoja de cálculo del software donde cada Y_i y cada H_i como un vector columna, los cuales están híper vinculados, ya que cada $Y_i = f(H_i)$.

Modelo para cada una de las respuestas objetivos Y_i	
\hat{Y}_1 [pH]	$(1.138 + 4.079*H1 - 0.384*H2 - 1.450*H3 + 2.65 *H4 - 3.303*H5 - 2.415*H6 - 1.080*H7) * 0.109 + 2.378$
\hat{Y}_2 [POR]	$(-0.023 + 4.332 *H1 + 2.302 *H2 - 0.920*H3 + 0.518 *H4 - 0.735 *H5 - 2.18*H6 - 2.898 *H) * 6.845 + 32.847$
\hat{Y}_3 [CB]	$(-2.182 + 1.549*H1 + 2.202*H2 + 2.596*H3 - 1.796* H4 + 2.042*H5 - 1.743*H6 + 1.038*H7) * 21.539 + 141.361$
\hat{Y}_4 [ATT]	$(-1.00 - 3.666*H1 + 0.284*H2 + 1.367*H3 - 1.96*H4 - 0.072*H5 + 2.105*H6 + 1.487*H7) * 8.325 + 273.238$

Figura 2. Metamodelo de RNA ajustado

Fuente: Ávila (2021)

Formulas H_j de activación para cada uno de los 07 nodos ocultos	
H1	$Squish((-2.282) - 0.034* ((X1 - 3.010) / 0.438) + 1.310* ((X2 - 2.51) / 0.4385) - 2.729* ((X3 - 3.40) / 0.438) + 1.242 * ((X4 - 0.75) / 0.111))$
H2	$Squish(2.316 + 3.026 * ((X1 - 3.010) / 0.4385) + -0.581 * ((X2 - 2.510) / 0.439) + 0.358 * ((X3 - 3.489) / 0.4385) + 1.617 * ((X4 - 0.75) / 0.111))$
H3	$Squish((-1.726) + -0.349 * ((X1 - 3.010) / 0.4385) + 0.7414 * ((X2 - 2.510) / 0.4385) + -1.697 * ((X3 - 3.490) / 0.4385) + -3.663 * ((X4 - 0.75) / 0.111))$
H4	$Squish((-2.598) + 2.412 * ((X1 - 3.010) / 0.438) + -1.543 * ((X2 - 2.510) / 0.4385) + -2.194 * ((X3 - 3.490) / 0.4385) + 1.370 * ((X4 - 0.75) / 0.111))$
H5	$Squish((-3.942) + 1.701 * ((X1 - 3.010) / 0.4385) + 0.981 * ((X2 - 2.510) / 0.4385) - 1.089 * ((X3 - 3.490) / 0.438) + 1.562 * ((X4 - 0.75) / 0.111))$
H6	$Squish(1.061 + 0.040 * ((X1 - 3.010) / 0.438) + -1.269 * ((X2 - 2.510) / 0.438) + -3.753 * ((X3 - 3.401) / 0.4385) + -0.572 * ((X4 - 0.75) / 0.111))$
H7	$Squish((-0.723) + 0.881 * ((X1 - 3.010) / 0.4385) + 1.016 * ((X2 - 2.510) / 0.438) + -1.241 * ((X3 - 3.490) / 0.4385) + 3.112 * ((X4 - 0.75) / 0.111))$

Figura 3. Metamodelo de RNA ajustado

Fuente: Ávila (2021)

Donde:

$$\hat{Y}_k = S_Y \left[d_x + \sum_{j=1}^{N_H} (b_{jk} H_j) \right] \quad (\text{Ec-1})$$

$$Squish(\circ) = S_H(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (\text{Ec-2})$$

$$H_j = S_H \left[c_j + \sum_{i=1}^{N_x} (a_{jk} X_i) \right] \quad (\text{Ec-3})$$

\hat{Y}_k = Respuesta predicha

$S_Y(x)$ = La función identidad,

N_H = El número de nodos escondidos

H_j = Formula de la función de activación

$Squish(\circ)$ = La función logística de activación,

N_x = el número de variables X,

a, b, c y d = Coeficientes estimados

En la figura 4, se observa el prototipo de la interfaz interactiva del simulador SAS JMP 8, muestra los resultados de la optimización de la mezcla para la deseabilidad optimal del acidulante: 3,46 g de CitratoNa (~35,67%), más 0,62 g de BenzoatoNa (~6,39%), más 3 ml de Acido Fórmico (~30,93%) y 2,62 ml de Ácido Acético (~27,01%), obteniéndose un acidulante con la siguiente deseabilidad optimal (D de Derriger), ATT: 290,1, CB: 147,6 POR: 22,9 y pH: 2,15.

Por su parte, el ajuste de regresión global del metamodelo de RNA es, D = 98,97%, dando un DPMO de 337 (~3,37 no conformes por cada lote de 10.000 mezclas elaboradas).

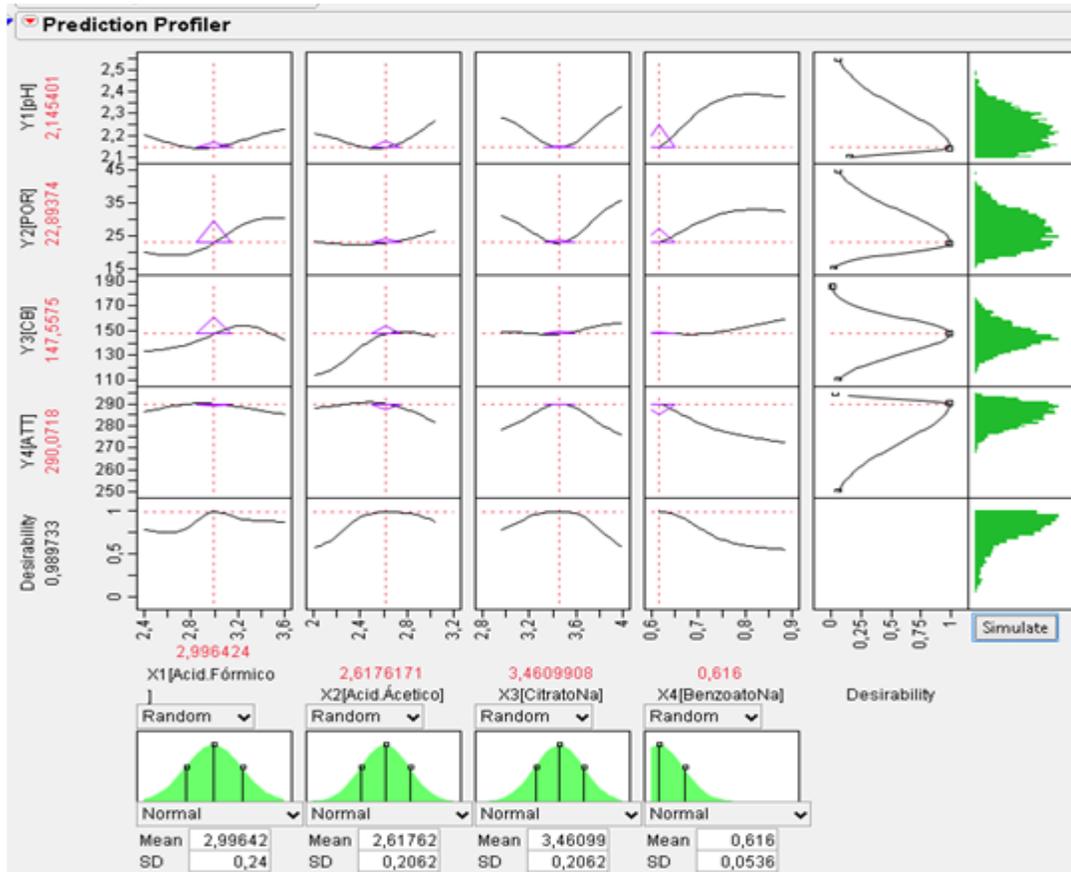


Figura 4. Prototipo de la interfaz del simulador del programa SAS JMP v8

Fuente: Ávila (2021)

CONCLUSIONES

Luego de los resultados obtenidos en el desarrollo de la presente investigación se han establecido las siguientes conclusiones:

1. El diseño de muestreo Proceso Gaussiano IMSE Óptimal, muestra ser económico para experimentación en laboratorio (experimentación estocástica y en experimentación determinística) y excelente en el ajuste de modelos de red neuronal con alta bondad de ajuste.

2. El proceso de machine learning, un metamodelo no lineal tipo red neuronal artificial ajustado, fue excelente en la optimización vía simulación, usando funciones de reglas difusas multimétrica, bajo el algoritmo de Derringer-Suich, implementado en el software SAS JMP 8.

3. El acidulante experimental creado, estabiliza materia orgánica altamente perecedera (rica en nutrientes y alta húmeda) casi instantáneamente, cuando se utilizan las dosis del acidulante experimental, permitiendo su preservación por más de 3 meses en condiciones ambientales sin refrigeración ni uso de biocidas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

A.O.A.C. (2012). "Official methods of analysis of AOAC international. "William Horwitz y George W. Latimer. Ed.19. Washington, DC.

AD ALFABETIZACIÓN DIGITAL. (2021). Tecnología digital. El nuevo idioma obligatorio en la educación. Disponible en: <https://www.alfabetizaciondigital.redem.org/tecnologia-la-nueva-habilidad-obligatoria-en-la-educacion/>

- Ávila, E. C. (2019b). Optimizado de la revalorización con acidulado, de residuos del beneficio de pollos, con un DCC vía simulación. Guía de estudio. Laboratorio LITA y Laboratorio de Informática II. UNELLEZ-VIPI.
- BID. (2020). Investigaciones BID. Disponible en: <https://www.iadb.org/es>
- BLOGRH.Amedirth. (2021). ¿Cuál es el impacto de un analfabeta digital ante los riesgos y vulnerabilidades en el ciberespacio?. Disponible en: <https://www.amedirh.com.mx/blogrh/recursos-humanos/cual-es-el-impacto-de-un-analfabeta-digital-ante-los-riesgos-y-vulnerabilidades-en-el-ciberespacio/>
- Derringer, G. (1994). A balancing act: Optimizing a product's properties. Make intelligent trade-offs through desirability optimization methodology Quality progress. Disponible en: <http://www.statease.com/pubs/derringer.pdf>
- Derringer, G. y Suich, R. (1980). Simultaneous optimization of several response variables. Journal of quality technology. 12:214-219.
- Grupo EDISTEL. Coaching tecnológico. (2021). ¿La alfabetización digital es importante?. Disponible en: <http://www.grupoedistel.com/alfabetizacion-digital/>
- INE. (2019). Censos de población y vivienda. Disponible en: <https://www.google.com/search?q=INE+venezuela+2019&oq=INE+venezuela+2019&aqs=chrome..69i57j0i333l3.14573j0j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
- ONU Programa para el medio ambiente (2020). Residuos y su valorización. Disponible en: <https://www.unep.org/es>
- SAS JMP. (2012). Software SAS Institute Inc. JMP business unit SAS.JMP: Jonhn's macintosh program.
- SAS JMP. (2013). SAS Institute Inc. Using JMP 11. Cary, NC: SAS Institute Inc. Inc. Disponible en: http://www.jmp.com/support/downloads/pdf/jmp11/Using_JMP.pdf
- Tokioschool. (2021). La inteligencia artificial y la alfabetización digital. Disponible en: <https://www.tokioschool.com/noticias/alfabetizacion-digital/>

**CONTROLADOR BORROSO PARA EL BUS DE ALIMENTACIÓN
PROVENIENTE DE UN GENERADOR FOTOVOLTAICO PARA SER
ACOPLADO A UN CIRCUITO INVERSOR**

**(FUZZY CONTROLLER FOR THE FEED BUS FROM A
PHOTOVOLTAIC GENERATOR TO BE COUPLED TO AN INVERTER
CIRCUIT)**

Carlos Zambrano, Gabriel Noriega.

Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre” UNEXPO. Departamento de
Ingeniería Electrónica. Vicerrectorado Barquisimeto-Estado Lara, Venezuela.

czambrano@unexpo.edu.ve / gnoriega@unexpo.edu.ve

Recibido: 11-12-2021/ Aceptado: 21-12-2021

RESUMEN

Muchos sistemas eléctricos o electrónicos requieren ser alimentados a partir de tensiones estabilizadas, desde pequeños circuitos hasta redes de alimentación eléctrica que reciben energía de fuentes renovables como las fotovoltaicas, eólicas, entre otras. En el caso de aplicaciones para el suministro de energía eléctrica a partir de estas fuentes renovables se deben colocar convertidores DC-AC (Inversores) para lograr una tensión de corriente alterna y es muy importante que el valor de tensión de este bus DC sea de valor constante, esto para garantizar una buena calidad de energía eléctrica al usuario final con niveles de voltaje dentro de ciertos límites óptimos y además sin desbalances para no afectar las cargas trifásicas. El presente artículo es una nota técnica cuyo objetivo es aplicar algoritmos de control borroso para realizar una modulación por ancho de pulso (PWM) en la conmutación de los interruptores del circuito convertidor DC-DC (Chopper) y así estabilizar a un voltaje constante la salida de tensión que alimenta al circuito inversor. Se establece una topología conformada por: generador fotovoltaico-chopper-inversor trifásico y carga. Sobre la topología simulada en Matlab-Simulink se inducen fallas antes y después de la aplicación del control borroso, se obtienen gráficas ilustrativas del comportamiento del bus DC y se comparan los resultados obtenidos. Al aplicar el control borroso se consiguen valores de tensión estabilizados alrededor del valor deseado, bajos desbalances y cortos tiempos de estabilización de la salida. Según los resultados obtenidos el controlador realizado puede ser de gran utilidad para sistemas alimentados fuera de la red eléctrica convencional.

Palabras clave: controlador borroso, bus DC, energías renovables.

ABSTRACT

Many electrical or electronic systems require to be fed from stabilized tensions, from small circuits to power supply networks that receive energy from renewable sources such as photovoltaic, wind, among others. In the case of applications for the supply of electrical energy from these renewable sources, DC-AC converters (inverters) must be placed to achieve an alternating current voltage and it is very important that the voltage value of this DC bus be constant, this to guarantee a good quality of electric power to the end user with voltage levels within certain optimal limits and also without imbalances so as not to affect three-phase charges. This article is a technical note whose objective is to apply fuzzy control techniques to perform a pulse width modulation (PWM) in switching of Chopper circuit switches and thus stabilize a constant voltage output that feeds the inverter circuit. A topology formed by: photovoltaic generator -chopper- three-phase inverter and load is established. On the simulated topology in Matlab-Simulink, failures are induced before and after the application of the fuzzy control, illustrative graphics of the DC bus behavior are obtained and the results obtained are compared. When applying the fuzzy control, stabilized voltage values are achieved around the desired value, low unbalances and short stabilization times of the output. According to the results obtained, the controller carried out can be very useful for systems fed outside the conventional electrical network.

Keywords: fuzzy logic, bus DC, renewable energies.

INTRODUCCIÓN

Una gran tendencia mundial es reemplazar redes eléctricas de uso convencional por redes eléctricas autónomas de menor envergadura y estas pueden estar acopladas a las redes convencionales o no. Estas redes, en muchos casos denominadas micro redes, se pueden alimentar desde fuentes de energías renovables como la fotovoltaica o eólica, también desde bancos de baterías, bancos de condensadores, moto-generadores, entre otros. Cuando la fuente de alimentación es del tipo fotovoltaica la tensión de suministro es en corriente directa y, a menos que se desee alimentar cargas en corriente directa (CD), se hace imperioso el uso de circuitos inversores para obtener tensiones de corriente alterna a una frecuencia estable. Esta tensión proveniente del generador fotovoltaico se denomina *bus DC* y es quien alimenta a la etapa siguiente, el circuito inversor. Ahora bien, los niveles de tensión hacia el usuario final pueden verse alterados si esta tensión del *bus DC* se modifica y esto puede ocurrir por perturbaciones en los niveles de radiación solar, producto de averías en los paneles solares nubosidad u obstrucción en las celdas del panel; esto traería

como consecuencia tensiones fuera de rango y desbalances que perjudicarían la calidad de la energía recibida por el cliente.

En este sentido, se hace necesario intercalar un circuito estabilizador entre el generador y el circuito inversor, este circuito al que se denomina Chopper y su función será mantener constante la tensión de alimentación hacia el inversor. La técnica de control aplicada sobre el Chopper puede ser PID tradicional, control borroso u otras. Generalmente estas confluyen hacia el control del ciclo útil de la onda de salida usando modulación por ancho de pulso (PWM por sus siglas en inglés). Hechas las consideraciones anteriores, resulta oportuno preguntarse, ¿Cómo se lograría realizar un controlador borroso para lograr la estabilización del voltaje que alimentará al circuito inversor?

Con referencia a lo anterior, en el presente artículo se propone un controlador borroso para realizar un PWM que permita suministrar un voltaje constante al circuito inversor desde un arreglo de paneles fotovoltaicos, considerando el criterio de expertos y con la debida documentación se definen las variables de entrada, las variables lingüísticas y funciones de pertenencia; aplicando el método de inferencia de Mamdani se establece el motor de inferencia y se desborrosifica la salida que controla el PWM. Asimismo, mediante Simulink se simulan perturbaciones en los niveles de radiación solar hacia los paneles y se grafican tensiones y corrientes claves para analizar el comportamiento del circuito. Finalmente, se presentan conclusiones y posibles aportes de esta investigación.

METODOLOGÍA y EPISTEMOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Con base en Hurtado (2011), la metodología de esta investigación esta soportada bajo un enfoque hipotético deductivo (interrogante general planteada) y técnicas cuantitativas de análisis de los datos recolectados (variables medidas).

En la base de lo dicho por Méndez (2001), ya que en la presente investigación se elaboran modelos, simulaciones y ensayos experimentales, las posturas preponderantes presentes aquí son la positivista y la racionalista.

ESTADO DEL ARTE

A pesar de las muchas ventajas que ofrece la generación de energía fotovoltaica, sufre de condiciones ambientales aleatorias y de cambios abruptos en las cargas a ella conectadas, Zalani et al., (2014). Dichos autores, citando a Yazdani e Iravani (2010); y a Ahmed et al., (2011) aseguran que uno de los desafíos típicos en la integración de estas fuentes renovables a la red eléctrica es controlar la estabilidad de la tensión del bus de corriente continua (CC o CD) dentro del sistema de conversión de energía. Torres et al., (2017) utilizaron Matlab para validar un modelo matemático que certifica la función de transferencia de un compensador PI en cascada conectado a un *bus DC* para mantener constante su valor.

El correcto funcionamiento de una micro red se basa en las estrategias de control y gestión de potencia implementados, para ello es importante, entre otros aspectos, compensar los desequilibrios de potencia causados por la discontinuidad de la generación y de la demanda de la carga, Salas (2018). Para el caso de micro redes conectadas a fuentes de generación fotovoltaicas, estos desequilibrios se deben a variaciones en los niveles de radiación solar disponibles.

Los buses DC de alimentación no solo son utilizados en aplicaciones de generación con fuentes renovables. Desde finales del siglo pasado se emplean significativamente para alimentar equipos electrónicos, como es el caso de variadores de frecuencia y fuentes conmutadas. En el caso de cargas como motores de corriente alterna, se realiza una conversión a CD desde la red eléctrica y luego el proceso de Inversión (CD-CA) a una frecuencia y tensión deseada. En este orden de ideas, Zhou et al (2020) recalcan la importancia de mantener un *bus DC* estable para evitar alteraciones que en él se puedan generar, producto de fluctuaciones en la red de suministro o por causas de cambios en la corriente de carga y así, mejorar la seguridad de operación y un buen desempeño de un motor trifásico. En su aplicación modelaron un motor síncrono de imán permanente (PMSG por sus siglas en inglés) conectado a la red eléctrica y la estrategia de control diseñada para la estabilización del *bus DC* fue evaluada utilizando Matlab.

En aplicaciones prácticas de lógica borrosa, debido a sus razonamientos basados en información imprecisa, se permite utilizar el conocimiento disponible de un experto para encontrar soluciones sencillas y con un poder computacional poco exigente a problemas que no requieren aprendizaje, Lozada (2017). Sánchez y Torres (2017), aplicaron razonamiento aproximado multicondicional para diseñar un control borroso y aseguran que el Fuzzy Logic Toolbox es una buena herramienta para obtener resultados cercanos a los obtenidos mediante un sistema experimental real. Ramos (2020), utilizó control lógico borroso, pues asegura que basado en el conocimiento heurístico que se puede tener de un sistema, es ideal por no requerir aproximar el modelo matemático del sistema, ni tampoco hacer operaciones de linealización, y nuestro sistema bajo estudio es un sistema no lineal.

Según se obtiene de diversas fuentes bibliográficas, la estabilización del voltaje del *bus DC* en diversas aplicaciones (con fuentes de energía renovables o con la red eléctrica convencional), es de fundamental importancia para obtener una energía de calidad que alimente a las cargas que a él se conecten. Como objetivo de este trabajo, se plantea realizar un ensayo sobre la aplicación de la lógica borrosa para lograr un control de voltaje estabilizado en un *bus DC* alimentado desde un generador fotovoltaico y que tiene como carga un circuito inversor trifásico acoplado a una carga eléctrica. Como posibles aportes de este trabajo está el enfoque borroso del tema tratado, la elaboración de reglas basadas en aportes de expertos y el esquema de supervisión planteado. Con estos aportes se podría contribuir con incentivar el estudio de sistemas que requieren una conversión AC-DC para alimentar cargas eléctricas.

RESULTADOS

Se presentan a continuación los resultados, donde se indica paso a paso todo el desarrollo de la topología planteada, definición de las variables involucradas, borrosificación de variables, reglas condicionales, aplicación en el Fuzzy Logic Toolbox de Matlab, visor de reglas y desborrosificación. Al final un análisis de los resultados obtenidos, conclusiones y recomendaciones.

Topología propuesta para el circuito de esta investigación

La arquitectura propuesta se presenta en la figura 1. Donde se muestra: un generador fotovoltaico con una salida de tensión en corriente directa denominada V_{array} , bloques para modificar los niveles de radiación y temperatura de operación de los paneles solares, un convertidor DC-DC tipo impulsor (Boost) con una salida V_{bus} , un circuito inversor trifásico (convertidor DC-AC), bloques de medición, filtros y la carga.

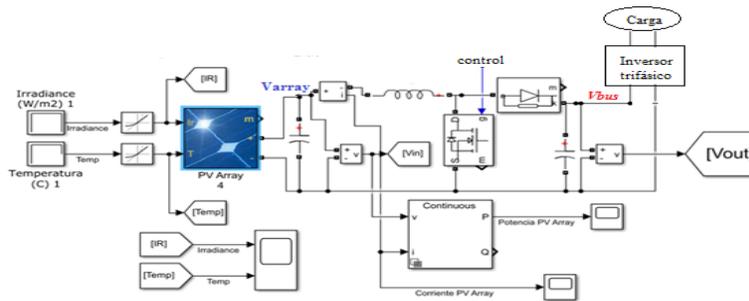


Figura 1. Arquitectura del circuito propuesto.

Controlador borroso

La tensión de salida del generador se estimó en 220V y debe permanecer constante, pero esta propensa a variaciones según condiciones de radiación solar y temperatura en el conjunto de paneles. Para evitar que estas afectaciones se trasladen a las cargas (usuarios) se debe realizar algún tipo de ajuste o compensación, una alternativa es colocar convertidores DC-DC realimentados desde las salidas (carga), capaces de efectuar ajustes de ciclo útil para mantener el valor de " V_{bus} " constante. En la figura 2 se presenta el sistema de control borroso. Para la compensación de ciclo útil se utiliza un controlador difuso con acción integral.

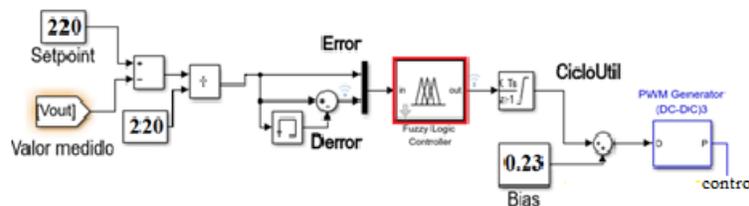


Figura 2. Sistema de control borroso.

Para llevar a cabo esta estrategia de control se hizo uso del Toolbox de Lógica Difusa de Matlab. Se consideraron dos variables de entradas denominadas “Error”, referida a la diferencia entre el valor rms deseado y el valor medido y “Derror” que corresponde a las variaciones del error calculado, la variable de salida es denominada “CicloUtil”, este controlador es del tipo Mamdani (FIS Mamdani).

La diferencia o error se lleva a un bloque de ganancia $K=1/220$ para su normalización y los valores de entrada del controlador se limitaron entre -1 y 1. De aquí, el controlador recibe la señal de error y el cambio del error. Para el cálculo en el cambio del error se colocó un bloque de memoria que permite almacenar el valor anterior y luego comparar con el valor actual y obtener el signo positivo o negativo de dicho cambio. Luego del controlador está un bloque de integración que actúa como un acumulador, la salida del controlador varía desde -1 hasta 1, lo que hace este bloque es ir sumando las contribuciones que le indica el controlador para ajustar el ciclo útil del convertidor DC-DC. El último bloque del lazo de control es el encargado de convertir el valor de salida del acumulador (0-1) a una señal cuadrada cuyo ciclo útil coincide con el valor de la entrada.

VARIABLES LINGÜÍSTICAS DE LAS ENTRADAS Y LA SALIDA

En la tabla 1 se presentan las variables de entrada y de salida. Además, sus rangos de evaluación, las etiquetas asignadas y su variable lingüística asociada. Dichas tablas se construyen en base a la información recabada de bibliografía consultada, Torres (2013); Klir y Yuan (2012).

Tabla 1. Variables Lingüísticas

Entrada				Salida	
Error		Derror		CicloUtil	
Variable	Rango	Variable	Rango	Variable	Rango
NB	-1 a -0.3334	NB	-1 a -0.3334	NB	-1 a -0.3334
NS	-0.666 a 0	NS	-0.666 a 0	NS	-0.666 a 0
ZE	-0.334 a 0.334	ZE	-0.334 a 0.334	ZE	-0.334 a 0.334
PS	0 a 0.666	PS	0 a 0.666	PS	0 a 0.666
PB	0.334 a 1	PB	0.334 a 1	PB	0.334 a 1

NB: Negativo grande NS: Negativo pequeño ZE: Cero
PS: Positivo pequeño PB: Positivo grande

Funciones de pertenencia de las variables

La figura 3 muestra la función de pertenencia del tipo triangular. Este tipo de función se usa para ambas variables de entrada, $Error$ y D_{error} y también para la variable de salida $CicloÚtil$

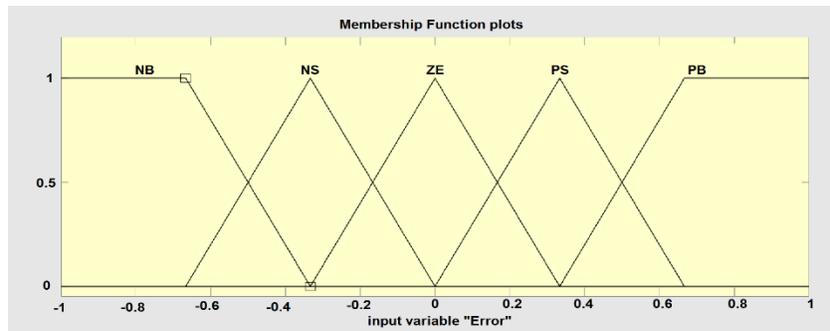


Figura 3. Funciones de pertenencia.

Reglas borrosas

El conjunto de reglas borrosas propuestas tiene como objetivo proporcionar una tensión de V_{bus} (bus DC) en un valor constante, esto se realiza ajustando la variable $CicloÚtil$ (ver control en las figuras 1 y 2) para la activación de la compuerta del interruptor de estado sólido (transistor) según los valores de presentes de $Error$ y la velocidad en que se presenta D_{error} .

Se usan reglas “if-then” (si-entonces) para formular las declaraciones multicondicionales. Los conjuntos borrosos A y B pertenecen a los conjuntos universales X e Y , y se asocian a las variables de entrada y de salida respectivamente. Las variables de entrada y salida se denotan con X e Y , respectivamente, de manera que se componen las proposiciones:

p : Si X es A , entonces Y es B

En la tabla 2 se muestran las reglas consideradas para el control difuso

Tabla 2. Reglas para el controlador difuso.

		Derror				
		NB	NS	ZE	PS	PB
Error	NB	NB	NB	NB	ZE	ZE
	NS	NB	NB	NS	ZE	PS
	ZE	NB	NS	ZE	PS	PB
	PS	NS	ZE	PS	PB	PB
	PB	ZE	PS	PB	PB	PB

Fuente: propia

Desborrosificación

La distribución de salida se desborrosifica por el método del centroide para lograr una salida nítida. A continuación, en la figura 4 se muestra un resultado generado por Matlab para un *Error* y *Derror* forzados y el ajuste de ciclo útil realizado. El ciclo útil se ajusta entre -1 y +1 (equivalente a 0% y 100%) para errores y sus derivadas desde valores muy pequeños o muy grandes, respectivamente. Se puede observar las reglas que se activan y su fuerza, contribuyendo así al valor nítido de la salida *CicloÚtil*, en función de la magnitud del error y en menor grado a su velocidad de variación *DError*.

Los valores aquí obtenidos se expresan en valores porcentuales, por eso se podrían aplicar a esquemas con valores diferentes de tensión.

Desempeño del sistema borroso ante perturbaciones (Radiación solar y Temperatura)

Para generar cambios y evaluar el comportamiento del controlador se introducen al generador fotovoltaico algunas perturbaciones en los paneles solares, aquí se ajustan los instantes en que ocurrirán y su amplitud (w/m^2).

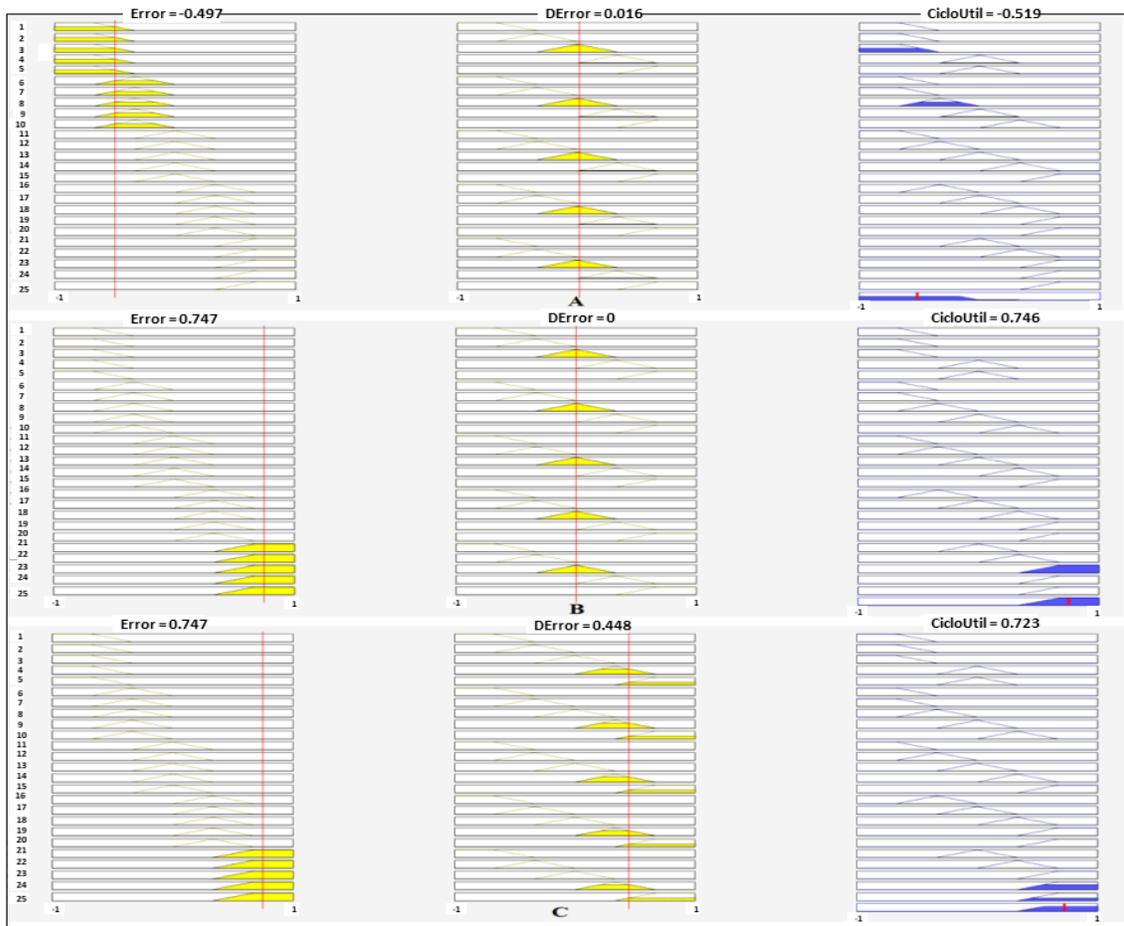


Figura 4. Desborrosificación por Método de Centroide. (A) Error=-0.497, DError=0.016, CicloÚtil=-0.519, (B) Error=0.747, DError=0, CicloÚtil=0.746, (C) Error=0.747, DError=0.448, CicloÚtil=0.723.

Las figuras 5, 6 y 7 muestran cómo responde el control borroso a la señal de error ajustando la variable CicloUtil, como mantiene estabilizada la tensión de salida hacia la carga en el valor prefijado de 220V, y, además en la figura 8, la contribución significativa para lograr la estabilización del voltaje del bus DC (V_{bus}) mientras que ocurren perturbaciones forzadas en el generador fotovoltaico a partir de los instantes 0,25 s y 0,75 s para la radiación solar y a partir de los tiempos 1,2s y 1,3 s en la temperatura de los paneles solares.

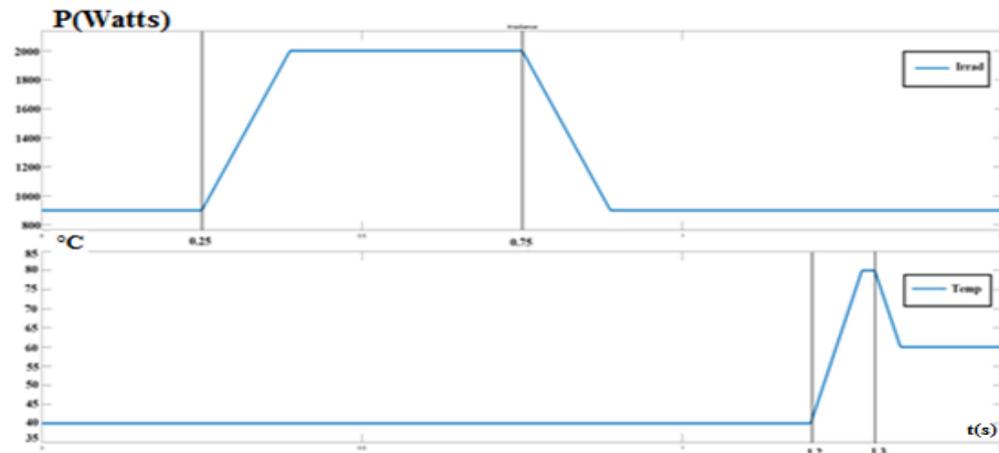


Figura 5. Variaciones en radiación solar y temperatura.

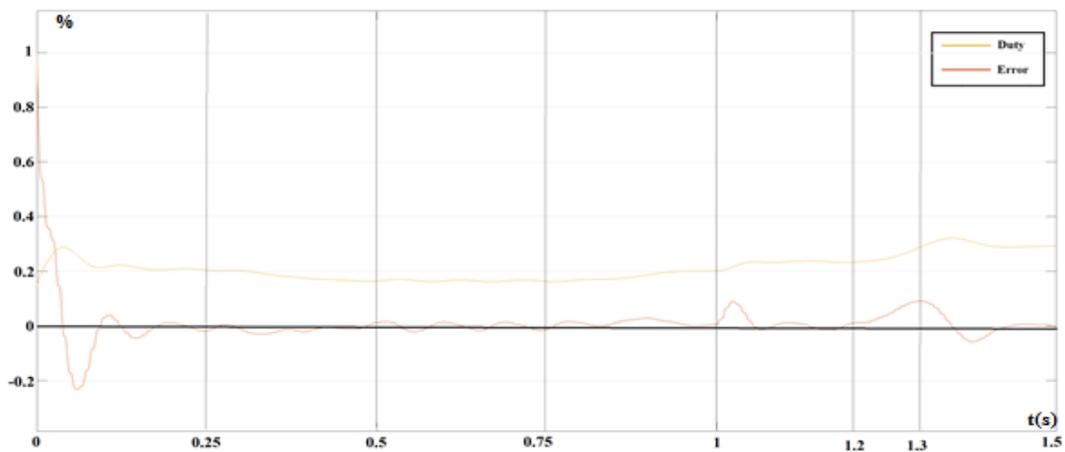


Figura 6. Salida de Control (Ciclo útil) y Error.

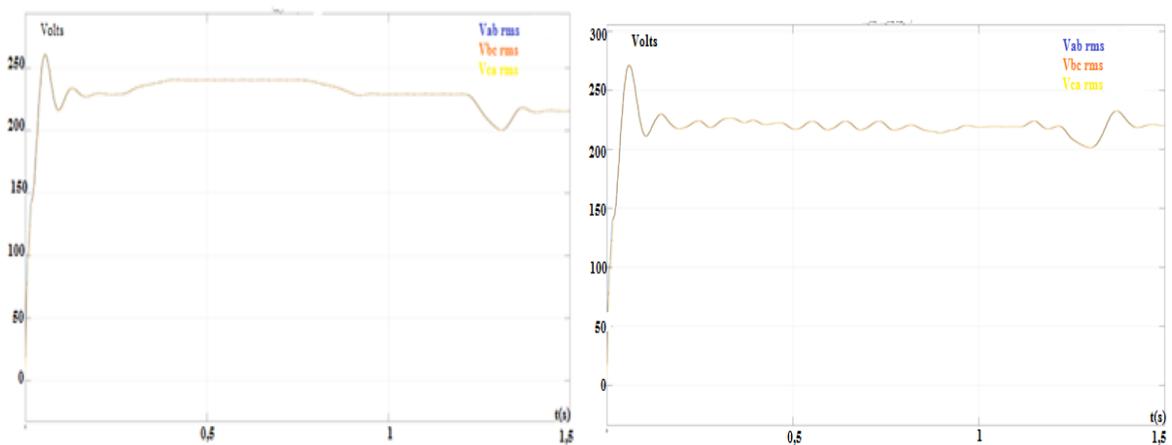


Figura 7. Voltajes V_{ab} , V_{bc} y V_{ca} . Sin control (izq.), con control (Derecha).

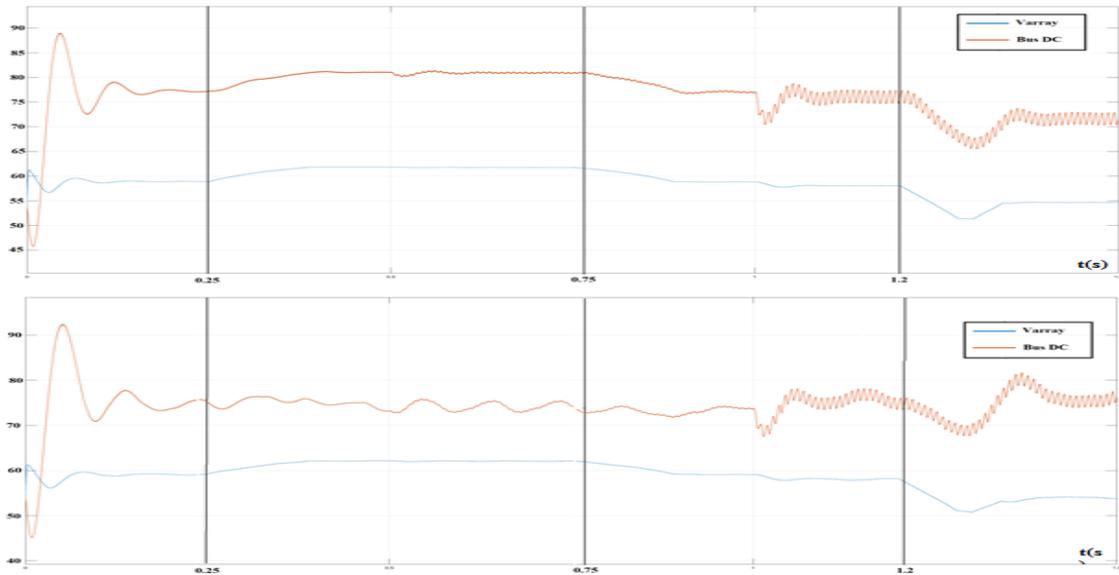


Figura 8. Voltajes; Varray, Bus DC. Sin control(arriba), con control(abajo)

En la figura 9 se observa como la corriente de salida en una de las fases se mantiene muy próxima al valor que tenía antes de las perturbaciones de entrada.

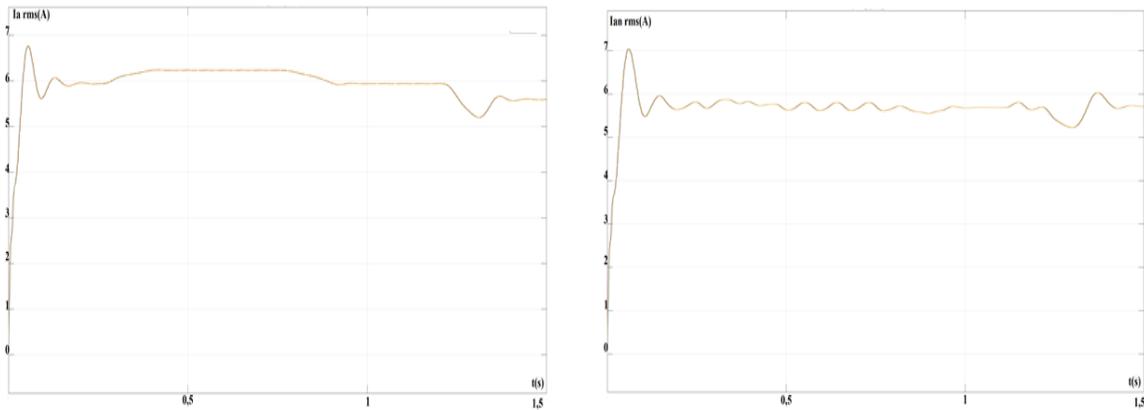


Figura 9. Corriente en fase A. Sin control (izq.), Controlado (derecha).

En la tabla 3 se resumen valores de tensiones y corrientes de salida, V_{bus} y desbalance en la salida (LVUR), partiendo de un valor deseado de 220V y con perturbaciones en el generador.

Tabla 3. Resumen de valores obtenidos, sin control y con control difuso

Sin control Difuso (Con control difuso)							
Vrms Línea [V]			Irms Fase [A]			Bus DC	LVUR
Vab	Vbc	Vca	Ian	Ibn	Icn	[V]	[%]
229.8	229.7	229.7	5.95	5.96	5.95	232,62	0.029
(219.0)	(219.1)	(219.2)	(5.6)	(5.6)	(5.6)	221.34	(0.046)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las estrategias de control basadas en lógica borrosa permiten estabilizar la tensión de bus DC en manera bastante eficiente.

Al mantener estabilizado el bus DC los voltajes de salida se mantienen muy cercanos al valor prefijado.

En general, el controlador presenta pequeñas oscilaciones y un sobre impulso, pero en régimen estacionario los voltajes y corrientes son bastante cercanos a los valores deseados. Una mejor elección de los parámetros del integrador debe mejorar este resultado.

Es fundamental definir en forma correcta y precisa tanto las reglas como las funciones de pertenencia, así como los límites de estas. Esto asegurará la correcta respuesta a los fallos que se presenten en algunas de las variables del sistema.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Ahmed NA, Al-Othman AK. y Alrashidi MR.2011. *Desarrollo de un sistema de energía de energía eólica / fotovoltaica / celda de combustible combinada e interactiva eficiente con MPPT y regulación de voltaje de bus de CC*. Investigación de sistemas de energía eléctrica, vol. 81, no. 5, págs. 1096-1106.
- Hurtado J.2012. *Metodología de la Investigación. Guía para la comprensión holística de la ciencia*. 4ta Edición. Editorial Quirón, Bogotá-Caracas.
- Klir G. and Yuan B.2012. *"Fuzzy Sets Theory". Theory and Applications*. Chapter 11, Approximate Reasoning, pp. 302-326. Prentice Hall.
- Lozada, R.2017. *Redes neuronales y lógica difusa aplicado a un sistema climatológico*. Trabajo de grado para optar al título de doctor. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/>.

- Mathworks, Inc. MATLAB R2012b (8.0.0.783). August 2012. Disponible en www.mathworks.com/trademark.
- Méndez, C.2001. *Metodología diseño y desarrollo del proceso de investigación*. Editorial Mc Graw Hill. Colombia.
- Ramos, V.2020. *Diseño de un algoritmo de gestión basado en lógica difusa para el intercambio de potencia entre micro redes eléctricas*. Trabajo de grado para obtener el título de doctor. Escuela superior politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. Disponible en: <http://dspace.espace.edu.ec/handle/123456789/14503>.
- Salas R.2018. *Gestión eficiente de los convertidores de potencia conectados al bus dc de una micro red híbrida de generación distribuida*. [Artículo en línea]. Trabajo de Tesis Doctoral. SaberULA Repositorio Institucional de la Universidad de Los Andes, Mérida – Venezuela. Disponible en: <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/45743>.
- Sánchez, L. y Torres, E.2017. *Control borroso de la remoción de estrógenos en un biorreactor de membranas*. Creative Commons. Ingeniería 27 (1):3-20. San José, Costa Rica. Disponible en: <https://www.readcube.com/articles/10.15517%2Fjte.v27i1.23188>.
- Torres, E. (2021). *Lógica Gradual*. Material con fines didácticos. Doctorado en Ciencias de la Ingeniería, mención Productividad. UNEXPO, Barquisimeto, Venezuela.
- Torres L.; Urrea J. y Muñoz N.2017. *Control de Tensión en el Bus DC para Compensadores Activos de Potencia Conectados en Paralelo*. [Artículo en línea]. Scielo, Información Tecnológica, Vol. 28 no.6, La Serena. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642017000600013>.
- Yazdani A. e Iravani R.2010. *Convertidores de voltaje en sistemas de potencia*, John Wiley & Sons, Hoboken, Nueva Jersey, EE. UU.
- Zalani M., Mohamed A. y Hannan MA.2014. *Una estrategia de control óptima para la regulación del voltaje del bus de CC en un sistema fotovoltaico con almacenamiento de energía en batería*. Indawi La revista Scientific World. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2014/271087>.
- Zhou X.; Zhou Y.; Ma Y.; Yang L.; Yang X. y Zhang B.2020. *DC Bus Voltage Control of Grid-Side Converter in Permanent Magnet Synchronous Generator Based on Improved Second-Order Linear Active Disturbance Rejection Control*. Energies 2020, Smart Grids y Microgrids,13 (18), 4592; Disponible en: <https://doi.org/10.3390/es13184592>.

DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE LAS CONDICIONES SENSORIALES DE LA CARNE BOVINA EN CANAL Y SUS ATRIBUTOS OBSERVABLES: UNA REVISIÓN

(DETERMINATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN THE SENSORY CONDITIONS OF BEEF CARCASS AND ITS OBSERVABLE ATTRIBUTES: A REVIEW)

Carlos Aguirre, Carlos Lameda.

Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre” UNEXPO. Departamento de Ingeniería Electrónica. Vicerrectorado Barquisimeto-Estado Lara, Venezuela.

caguirre@una.edu.ve / calameda2021@gmail.com

Recibido: 18-12-2021/ Aceptado: 27-03-2022

RESUMEN

En las últimas cuatro décadas han surgido numerosas investigación sobre las condiciones sensoriales de la carne bovina en canal. Para profundizar sobre los avances recientes sobre este tema, se realizó una revisión sistemática, la cual permitió conseguir investigaciones científicas relacionadas con las condiciones sensoriales de la carne bovina en canal y la relación existente con sus atributos observables, llegando a la conclusión que existe una amplia literatura al respecto, que fue seleccionándose con base a una serie de pasos que llevaron a establecer los últimos 5 años como rango válido de escogencia, para poder luego someter a una revisión final el contenido de los 37 artículos que cumplieron con todas las fase del proceso de selección. Por ultimo hay que destacar el considerable crecimiento, en estos últimos dos años, en cuanto a nuevas investigaciones relacionadas al tema de estudio, con enfoques particulares que permiten determinan, bajo otro enfoque científico, las condiciones sensoriales de la carne en canal bovina.

Palabras clave: Condición sensorial, revisión sistemática, calidad de la carne bovina, atributos cárnicos.

ABSTRACT

In the last four decades, numerous investigations have emerged on the sensory conditions of beef carcasses. In order to delve into recent advances on this subject, a systematic review was carried out, which allowed scientific research related to the sensory conditions of carcass beef and the existing relationship with its observable attributes, reaching the conclusion that there is a wide literature in this regard, which was selected based on a series of steps that led to establishing the last 5 years as a valid range of choice, in order to then submit the content of the 37 articles that met all phases of the process for a final review. of selection. Finally, it is necessary to highlight the considerable growth, in the last two years, in terms of new research related to the subject of study, with particular approaches that allow determining, under another scientific approach, the sensory conditions of meat in bovine carcasses.

Palabras clave: Sensory condition, systematic review, beef quality, meat attributes.

INTRODUCCIÓN

A partir de los años 90, con la consolidación de internet y su evolución constante hasta el presente, la producción de contenido científico ha crecido exponencialmente, trayendo consigo que cada vez se disponga de más y mejor información valiosa representada en diferentes formatos, brindándole además al investigador la posibilidad de participar activamente en mejorar los contenidos existentes o produciendo nuevas investigaciones.

Para un mejor aprovechamiento de la evidencia científica encontrada en la red de redes, se usan técnicas que sintetizan de forma objetiva, válida y concreta los contenidos científicos que se requieren. En este caso de estudio, se utilizó la revisión sistemática basada en *Investigación en Ciencia del Diseño* para recopilar información asociada a la relación existente entre las condiciones sensoriales de la carne en canal bovina y sus atributos borrosos.

Siguiendo lo planteado por Dresch, Lacerda, y Antunes (2015), las revisiones sistemáticas, basada en *Investigación en Ciencia del Diseño*, se pueden conceptualizar como estudios secundarios que se utilizan para mapear, encontrar, evaluar críticamente, consolidar y agregar los resultados de estudios primarios, relevantes en una tema de

investigación específico, así como para identificar los vacíos que deben llenarse, lo que resulta en un informe o síntesis coherente. En tal sentido se debe cumplir con método que permita llevar a cabo dicho proceso (Ver Figura 1):

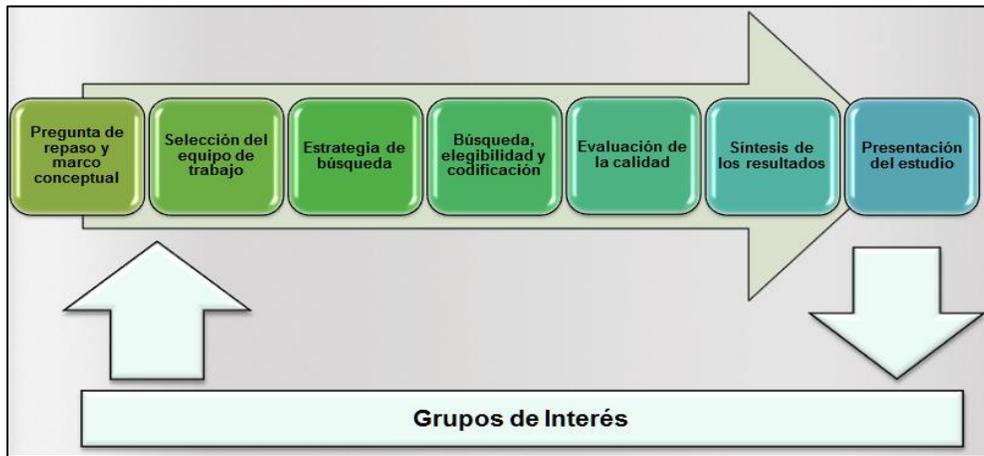


Figura 1. Método para conseguir la base de la Investigación Revisión Sistemática basada en Investigación en Ciencia del Diseño

De acuerdo a lo anteriormente planteado, el método que rige esta investigación toma en cuenta como pasos a realizar los siguientes: Definición de los grupos de interés participantes, elaboración de las preguntas que motivan la investigación y definición del marco conceptual, conformación del equipo de trabajo, estrategia para la búsqueda de la información, elegibilidad de la información, codificación de la información encontrada, evaluación y síntesis de los resultados.

MÉTODO PARA RECOLECTAR LA INFORMACIÓN.

Con base en lo definido por Dresch, Lacerda y Antunes (2015), el método para recolectar información se inicia con la definición de los grupos de interés que darán uso a esta revisión sistemática. En este caso en particular, este trabajo servirá de banco de información para aquellos investigadores que tendrán como marco conceptual en sus trabajos el análisis sensorial de la carne bovina y sus implicaciones referidas a sus atributos observables.

Definición del marco conceptual de la investigación.

El marco conceptual responde al tipo de pregunta que la revisión sistemática pretende responder. Para esta investigación la interrogante que encierra la necesidad de hacer una revisión sistemática, se presenta de la siguiente manera: ¿Es posible determinar la relación que existe entre las condiciones sensoriales de la carne bovina en canal y sus atributos observables?

Con la interrogante anteriormente planteada se puede definir la amplitud de la revisión sistemática y, en consecuencia, el marco de los criterios de búsqueda, las estrategias y fuentes de búsqueda. Dicha definición es un punto de partida que permite comprender la revisión sistemática y su contexto, la cual se puede desarrollar, refinar o confirmar durante el curso de la investigación.

Estrategias de Búsquedas.

Las estrategias de búsquedas comienzan con las preguntas establecidas en el marco conceptual, sustentadas en responder en detalle otras series de preguntas que atienden a: ¿Qué buscar? ; ¿Dónde buscar? ; ¿Cómo minimizar el sesgo? ; ¿Cuáles estudios considerar?; y por ultimo ¿Cuál será el alcance de la búsqueda?

Partiendo de respuestas claras a las interrogantes anteriormente planteadas, la estrategia de búsqueda para esta investigación se centró en artículos científicos que guarden relación con las condiciones sensoriales de la carne bovina y sus atributos observables. Tomando como repositorios de publicaciones científicas validos: Scielo, Web of Science, Scopus, ProQuest, entre otros.

Etiquetas Utilizadas en la Búsqueda.

Para definir bien cuáles son los artículos potenciales a revisar, y cuáles van a ser los criterios de su selección, que reduzcan los posibles errores de identificación y sesgo, es necesario establecer las etiquetas de búsqueda. Ver Tabla 1. Es importante destacar que en la presente investigación utilizamos Google Académico, uno de los buscadores más

importantes de publicaciones científica que existe en la actualidad, que nos aportó la información detallada acerca de los artículos existentes y su ubicación.

Tabla 1. Etiquetas utilizadas en la búsqueda.

Etiqueta	Cantidad aproximada de artículos encontrados
Condición sensorial cárnica bovina / Bovine meat sensory condition	1.410 artículos en español. / 13.600 artículos en inglés.
Análisis sensorial cárnico bovino / Bovine meat sensory analysis	1.450 artículos en español. / 14.300 artículos en inglés.
Atributos de la carne bovina / Beef Attributes	11.400 artículos en español. / 17.800 artículos en inglés.
Atributos borrosos de carne Bovina / Fuzzy attributes of Bovine meat	57 artículos en español. / 403 artículos en inglés.

Para acortar más la primera búsqueda por etiquetas, se definió en primera fase los artículos publicados entre los años 2011 y 2021. Diez años entre los que, según nuestro marco teórico, deben encontrarse la mayoría de las investigaciones más relevantes. Tomando en cuenta artículos publicados en español e inglés. Un total de 60.420 artículos cumplieron con las búsquedas orientadas con base a las etiquetas definidas.

Para una segunda fase se acortó la búsqueda de artículos publicados en los últimos 5 años, y se buscó establecer la relación funcional de aquellos artículos que se refieran a las condiciones sensoriales de la carne bovina y la relación con sus atributos observables. Para la tercera fase se excluyeron artículos que fueran diferentes en su contenido a análisis sensorial con base a los atributos cárnicos. En una cuarta fase se revisaron los artículos con el fin de no presentar artículos repetidos y no incluir en la base de datos a aquellas investigaciones que no se enfocaran en la carne en canal bovina específicamente. Y por último se filtraron aquellos artículos que no pasaron la revisión de sus resúmenes y aquellos que no se pudieron descargar. En resumen quedaron seleccionados 52 artículos que pasaron la revisión y búsqueda de acuerdo a los parámetros establecidos (Figura 2).

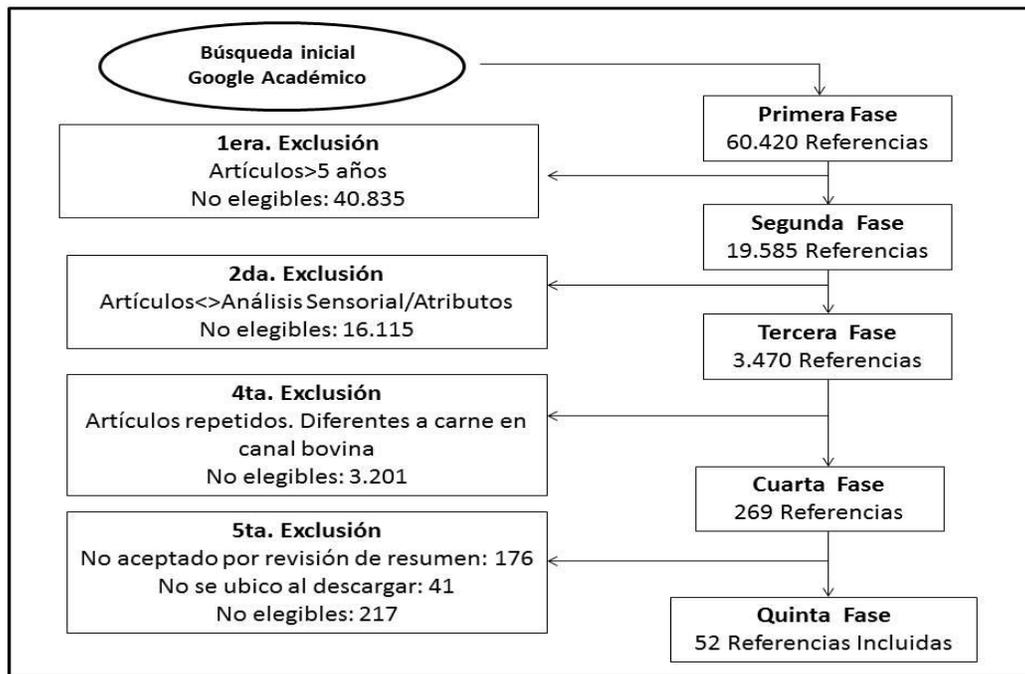


Figura 2. Proceso de selección de Artículos

Artículos Seleccionados

Una vez realizada la búsqueda sistemática de los artículos requeridos para esta investigación, donde se encontraron 52 trabajos que cumplen con dichos criterios de búsquedas definidos en el apartado anterior, se procedió a establecer la elegibilidad de los mismos, enfocándose en clasificar los artículos en grupos de investigadores, tesis doctorales y otras investigaciones.

A continuación luego de una revisión de resúmenes y conclusiones de los 52 trabajos seleccionado se realizó una última exclusión de artículos que no tuvieran en detalle los conceptos de valoración a la calidad de carne y en consecuencia la descripción sensorial de sus atributos observables. Así, quedaron 37 investigaciones que se ubican conceptualmente en los criterios de esta revisión sistemática.

Dentro de los artículos encontrados en la revisión realizada previamente, se destacan los trabajos realizados por el doctor Nelson Huerta-Leidenz, quien ha realizado

investigaciones relacionadas a la estimación del rendimiento cárnico, la calidad cárnica bovina, su análisis sensorial y la relación existente con los atributos que presenta la carne bovina en sus diferentes estados. En ese sentido el investigador antes mencionado se ha convertido en un referente en la materia, destacándose en esta revisión sistemática con las siguientes publicaciones, (Ver Tabla 2):

Tabla 2. Publicaciones relevantes del Dr. Nelson Huerta-Leidenz, con relación al tema de estudio.

Autor	Títulos	Institución
Huerta (2017)	Benchmarking Venezuelan Quality Grades for Grass-Fed Cattle Carcasses	American Meat Science Association
Huerta (2018)	Predictability of lean product, bone, and fat trim in beef carcasses from	American Meat Science Association
Huerta (2020a)	Calidad gustativa de la carne de bovinos en Venezuela: Una revisión	Universidad del Zulia
Huerta (2020b)	Desempeño en canal de vacas, vaquillas y toros engordados a pastizal en ecosistema sabana	Nacameh
Huerta (2021)	Desempeno en la ceba a pastoreo y rasgos de la canal de toros implantados y suplementados	Universidad del Zulia

Por otra parte, y respondiendo a la pregunta que motiva esta investigación, se encontró un grupo de trabajos que presentan estudios sobre la base de una serie de criterios que van desde la alimentación y sanidad animal que redundan en la calidad de carne, pasando por los micronutrientes que posee el suelo donde pastorean los animales que también se traduce en la calidad cárnica bovina como producto final de comercialización. Por otra parte, algunos trabajos revisados resaltan las características organolépticas de la carne en función de las diferentes situaciones a las que es sometido el animal en pie, además de cómo es tratada dicha carne, (cadena de refrigeración), una vez que es transformada en canal y despostada para la venta.

Entre las investigaciones más recientes, que se enmarcan en lo anteriormente dicho, se encuentran las siguientes, (Tabla 3):

Tabla 3. Investigaciones recientes sobre condiciones sensoriales de la carne bovina.

Autor	Títulos	Institución
Baldassine, Curi, Ferreira, Pereira, Machado, Torin, Fernandes y Chardulo (2020)	Correlations of carcass and meat quality traits in crossbred and pure bulls feedlot finished through multivariate approach	FMVZ – UNESP
Khongpradit, Boonsaen, Homwong, Matsuba, Kobayashi y Sawanon (2020)	Effect of Starch Source in Concentrate Diets and of Days on Feed on Growth Performance, Carcass Characteristics, Meat Quality, and Economic Return of Feedlot Steers	Kasetsart University
Meenongyai, Pattarajinda, Stelzleni, Sethakul, Duangjinda y Sae (2020)	Beef consumption and selection bias in Thailand	Khon Kaen University
Alvarado, Rubio, Sumano, Ocampo, Tapia y Delgado (2021)	Evaluación de dos fuentes suplementarias de clorhidrato de zilpaterol sobre la calidad de la carne y los rasgos de la canal de toros <i>Bos indicus</i> cruzados en los trópicos	Universidad Autónoma de México
Barahona, Campo, Amine, González y Olleta (2021)	Feeding, Muscle and Packaging Effects on Lipid Oxidation and Color of Avileña Negra-Ibérica Beef	Universidad de Zaragoza
Barragan, Dugan, Aalhus, Penner, Vahmani, López, Juárez, Segura, Mahecha y Prieto (2021)	Effect of Feeding Barley, Corn, and a Barley Corn Blend on Beef Composition and End-Product Palatability	Universidad de Antioquia
Benjamin y Hopkins (2021)	The use of conventional laboratory-based methods to predict consumer acceptance of beef and sheep meat: A review	Department of Primary Industries, Australia
Beyer, Harr, Olson, Rice, Jones, Chao, Vipham, Zumbaugh y O’Quinn (2021)	Palatability Traits of Sirloin Cap Steaks From Four USDA Quality Grades	Kansas State University
Campos (2021)	Predicción de calidad de carne bovina con variables <i>ante mortem</i>	Universidad de Córdoba
Fevold, Grube, Keller, Maddock y Maddock (2021)	Tenderness and Color Stability of Beef Longissimus Thoracis and Semimembranosus Steaks From Carcasses With Varying Hot Carcass Weights	North Dakota University
Goi, Hocquette, Pellattiero y De Marchi (2021)	Handheld near-infrared spectrometer allows on-line prediction of beef quality traits	University of Padova
Gonzalez, Duarte, Díaz y Castañeda (2021)	Desempeño y calidad de carne de bovinos en confinamiento alimentados con diferentes niveles de subproductos agrícolas	Universidad de Córdoba
Hyslo, Duthie, Rooke y Richardson (2021)	Meat and sensory eating quality of loin steaks from cattle slaughtered at different ages as a result of short, medium or long finishing systems	Animal Production Science
Jae, Boin, Dong, Kichoon, Eun y Young (2021)	Sensory quality and histochemical characteristics of <i>longissimus thoracis</i> muscles between Hanwoo and Holstein steers from different quality grades	Korean Journal for Food Science of Animal Resources

Tabla 3. (Cont.)

Autor	Títulos	Institución
Mealea, Ruiz, Dervishia, Roya y Paradisa (2021)	Impact of genetic potential for residual feed intake and diet fed during early- to mid-gestation in beef heifers on carcass characteristics and meat quality attributes of their castrated male offspring	Meat Science
Morales y Antonello (2021)	Feeding strategies impact animal growth and beef color and tenderness	Meat Science
Santin, Lima, Mateu, Zampar y Cucco (2021)	Carcass and meat quality of young Angus steers with different growth potential finished exclusively grass-fed or corn supplemented	Tropical Animal Health and Production
Santos, Monteiro, Peter, Komora, Teixeira, y Pintado (2021)	The most important attributes of beef sensory quality and production variables that can affect it: A review	Livestock Science
Till, Arnold, Griffin, Hale, Rhonda, Gehring y Savell (2021)	Palatability Assessments of Beef Top Loin Steaks Sourced from Three Quality Grade/Brand Categories from Texas and Non-Texas Processing Establishments	Meat and Muscle Biology

Las 19 investigaciones tocan de cerca la calidad de la carne bovina, los atributos observables que identifican la calidad y las condiciones a la que es sometido el ganado en pie, así como su raza, su edad y su sexo, que se determinan una producción cárnica con características sensoriales aceptables, en cuanto a: terneza, color y marmoleo.

Por otra parte, la revisión sistemática presentó otra serie de investigadores, no menos importantes, que enfocaron sus estudios en análisis sensorial y calidad cárnica bovina. Entre los más destacados están los siguientes (Tabla 4):

Tabla 4. Otras Investigaciones sobre análisis sensorial y calidad de la carne bovina.

Autor	Títulos	Institución
Portero y Mena (2017)	Desarrollo de un prototipo para el control de calidad de la carne bovina determinada por sus características organolépticas, basado en un sistema automático de inspección por visión artificial	Escuela Superior Politécnica Chimborazo
Cordero (2017)	Análisis sensorial de los alimentos	Universidad de Castilla de la Mancha
Iglesias, Días y Ghezzi (2018)	Rendimiento de la canal, de los cortes de carne y aspectos de la calidad tecnológica de la carne de novillos Holando Argentino comparada con la de novillos Aberdeen Angus.	UNCPBA

Tabla 4. (Cont.)

Autor	Títulos	Institución
Cesari, Ventera y Gambaro (2018)	Análisis de datos sensoriales de tomate triturado con lógica difusa y técnicas multivariadas	Facultad de Ciencias Agrarias UNCUYO
Agudelo (2018)	Diseño de un laboratorio de análisis sensorial para la liberación de jarabes terminados y bebidas no alcohólicas, en el área de calidad de una empresa multinacional de consumo masivo	Universidad Popular del Cesar-Colombia
National Cattlement's Beef Association (2018)	Beef cutout calculator. <i>Reserch RKM</i>	Beefresearch.
Blandino (2019)	La industria de la carne bovina en centro América: Situación y Perspectivas.	SIDE
Food and Agriculture Organization of United Nations (2019)	FAO: Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura	ONU
Caballero (2019)	Técnicas no destructivas para evaluar la calidad en carne y productos cárnicos	Universidad de Extremadura
Cesin, Espinoza, Ramirez y Agudelo (2019)	Evaluación y análisis sensorial del Queso Bola de Ocosingo (México) desde la perspectiva del consumidor	Universidad Nacional Autónoma de México
U.S. Department of Agriculture (2020)	Predictive value of USDA beef quality	USDA
Gomez, Mechiori y Abalos (2020)	Calidad sensorial de productos cárnicos funcionales	Universidad Nacional de Entre Ríos
Izquierdo (2021)	Atributos intrínsecos y extrínsecos que influyen en la elección de productos cárnicos: técnicas empleadas en su determinación	Universidad Politécnica de Valencia

RESULTADOS

Entre los principales resultados obtenidos en esta revisión sistemática se puede decir que el tema que orienta esta investigación, que es el de obtener información relevante sobre la relación entre las condiciones sensoriales de la carne bovina en canal y sus atributos observables, se encuentra intrínsecamente relacionado a los siguientes tópicos: calidad de la carne bovina, análisis sensorial, condiciones organolépticas de la carne bovina, atributos de la carne bovina en sus diferentes presentaciones, entre otros.

Las primeras investigaciones sobre el tema se ubican en la década de los 60, comenzando a ser un tema de interés científico al final de la década de los 70 y comienzo

de los años 80. Para esta revisión sistemática se tomaron, en la primera fase, aquellas investigaciones que ocurrieron en estos últimos 10 años, donde como caso particular se encontraron más de 40 artículos del Dr. Nelson Huerta-Leidenz, uno de los investigadores que ha dedicado más tiempo productivo en este tipo de investigación. Ahora bien, por razones de actualidad científica, en una segunda fase de selección se tomaron artículos de estos últimos 5 años. Donde resaltan una serie de investigadores que han llevado el análisis de la calidad cárnica a otros niveles de observación que cruzan variables como la raza, alimentación, sexo y edad del animal en pie, cuidado y tratamiento de la carne luego del sacrificio, entre otros. Importante resaltar que más del 75% de estas nuevas investigaciones tienen entre sus referencias bibliográficas los trabajos realizados por el Dr. Nelson Huerta-Leidenz.

Haciendo un análisis de los años en que se publicaron los 37 artículos revisados, se tiene que se realizaron tres (3) investigaciones en el año 2017, cinco (5) investigaciones en el 2018, cuatro (4) investigaciones en el 2019, siete (7) investigaciones en el 2020 y dieciocho (18) investigaciones en el 2021. Es de resaltar la reactivación de la investigación científica en torno a este tema en el año 2021.

A partir de los resultados anteriores podemos profundizar en la posible respuesta a la interrogante que motivo esta investigación: ¿Es posible determinar la relación que existe entre las condiciones sensoriales de la carne bovina en canal y sus atributos observables? La respuesta puede resumirse en que todos y cada uno de los artículos que conforman esta revisión sistemática sobre la evaluación de la calidad de la carne desde distintas variables de investigación, reflejan una relación directa entre las condiciones sensoriales de la carne bovina y su caracterización organoléptica.

CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

Se puede concluir que las investigaciones sobre la calidad cárnica con base en los atributos observables han sido de gran interés a lo largo de estas últimas décadas en Venezuela, América Latina y el mundo. No obstante existe un creciente interés por este tema

de estudio en estos últimos dos años, donde la calidad cárnica la están estudiando desde ópticas más complejas que van desde los micronutrientes de la alimentación animal, su cuidado sanitario, pastoreo, cruce de razas, entre otras variables, que se traducen proporcionalmente a una mejor calidad en la carne que se comercializa. Esta realidad queda reflejada muy especialmente en las investigaciones documentadas en este trabajo que se realizaron en los años 2020 y 2021.

Dentro de esta revisión sistemática se seleccionaron algunos trabajos donde se presenta en detalle cómo se realizan metodológicamente análisis sensoriales a procesos diferentes al entorno cárnico. Los mismos pueden servir de forma referencial para ser aplicados en la cadena de procesamiento cárnico bovino.

A partir del banco de información encontrado se puede plantear como nuevas líneas de trabajos de investigación: la posible implicación del análisis sensorial cárnico y el establecimiento de atributos borrosos; el análisis sensorial como proceso determinante en la estimación de un rendimiento cárnico bovino; el diseño de sistemas de inferencia borrosa para el análisis sensorial, como aporte a la determinación del rendimiento cárnico bovino.

Esta investigación ha sido realizada en el marco de las actividades académicas del Programa de Doctorado en Ingeniería Mención Productividad, de la Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre”, Vicerrectorado Barquisimeto

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Agudelo, I. (2018). Diseño de un laboratorio de análisis sensorial para la liberación de jarabes terminados y bebidas no alcohólicas, en el área de calidad de una empresa multinacional de consumo masivo. (Trabajo de Grado). Colombia: Universidad Polular del Cesar.
- Alvarado, P., Rubio, M., Sumano, H., Ocampo, L., Tapia, G. y Delgado, E. (2021). Evaluación de dos fuentes suplementarias de clorhidrato de zilpaterol sobre la calidad de la carne y los rasgos de la canal de toros Bos Indicus cruzados en los trópicos. *Mexico Ciencias Pecuarias*, 256-272.
- Baldassine, W., Curi, R., Ferreira, M., Pereira, G., Machado, O., Torin, B., Fernandes, T. y Chardulo, L. (2020). Correlations of carcass and meat quality. *Bovinocultura*.

- Barahona, M., Campo, M., Amine, M., González, M. y Olleta, J. (2021). Feeding, muscle and packaging effects on lipid oxidation and colors of avileña Negra-Ibérica Beef. *Animals*, 1-14.
- Barragan, W., Dugan, M., Aalhus, J., Penner, G., Vahmani, P., López, O., Juárez, M., Segura, J., Mahecha, L. y Prieto, N. (2021). Effect of feeding barley, corn, and a barley corn blend on beef composition and end-product palatability. *Foods*, 1-13.
- Benjamin, W. y Hopkins, D. 2021. The use of conventional laboratory-based methods to predict consumer acceptance of beef and sheep meat: A review. *Meat Science*, 1-10.
- Beyer, E., Harr, K., Olson, B., Rice, E., Jones, C., Chao, M., Vipham, J., Zumbaugh, M. y O'Quinn, T. (2021). Palatability traits of sirloin cap steaks from four USDA quality grades. *Meat and Muscle Biology*, 1-10.
- Blandino, N. La industria de la carne bovina en centro América: Situación y Perspectivas. Disponible en https://books.google.com.ec/books?id=md8OAQAAIAAJ&pg=PA40&dq=calidad%20de%20carne%20bovina&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=calidad%20de%20carne%20bovina&f=false. [Consultado en Octubre de 2019].
- Caballero, D. (2019). Técnicas no destructivas para evaluar la calidad en carne y productos cárnicos. *Researchgate*, 60-65.
- Campos, J. (2021). Predicción de calidad de carne bovina con variables ante mortem. (Trabajo de Grado). Cordoba- Argentina: Universidad de Cordoba.
- Cesari, M., Ventera, N. y Gambaro, A. (2018). Análisis de datos sensoriales de tomate triturado con lógica difusa y técnicas multivariadas. *FCA UNCUYO*, 233-248.
- Cesin, A., Espinoza, A., Ramirez, B. y Agudelo, M. (2019). Evaluación y análisis sensorial del Queso Bola de Ocosingo (México) desde la perspectiva del consumidor. *Ciencias Pecuarias*, 10(1), 104-119.
- Cordero, G. (2017). Análisis sensorial de los alimentos. Madrid-España: AMV Ediciones.
- Costell, E. (2012). El análisis sensorial en el control y aseguramiento de la calidad de los alimentos: una posibilidad real. *Agrosic*, 1-10.
- CSI. (2011). Curso de análisis sensorial de alimentos. Madrid - España: Universidad Autónoma de Madrid.
- Dresch, A., Lacerda, D. y Antunes, J. (2015). Design science research: A method for science and technology advancement. Switzerland: Springer.
- Food and Agriculture Organization of United Nations. (2019, 01 17). FAO: Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. Disponible en www.fao.org. [Consultado en Enero de 2019].

- Fevold, M., Grube, M., Keller, W., Maddock, K. y Maddock, R. (2021). Tenderness and Color Stability of Beef Longissimus Thoracis and Semimembranosus Steaks From Carcasses With Varying Hot Carcass Weights. *Meat and Muscle Biology*, 1-7.
- Goi, A., Hocquette, J., Pellattiero, E. y De Marchi, M. (2021). Handheld near-infrared spectrometer allows on-line prediction of beef quality traits. *Meat Science*, 1-10.
- Gomez, B., Mechiori, M. y Abalos, R. (2020). Calidad sensorial de productos carnicos funcionales. *Ciencia, docencia y tecnología*, 10(11), 52-82.
- Gonzalez, E., Duarte, J., Díaz, V. y Castañeda, R. (2021). Desempeño y calidad de carne de bovinos en confinamiento alimentados con diferentes niveles de subproductos agrícolas. *MVZ Córdoba*, 1-10.
- Huerta, N. (2017). Benchmarking Venezuelan Quality Grades for Grass-Fed Cattle Carcasses. *Meat and Muscle Biology*, 71-80.
- Huerta, N. (2018). Predictability of lean product, bone, and fat trim in beef carcasses from. *Meat Science*, 223-229.
- Huerta, N. (2020a). Calidad gustativa de la carne de bovinos en Venezuela: Una revisión. *Facultad de Agronomía LUZ*, 169-206.
- Huerta, N. (2020b). Desempeño en canal de vacas, vaquillas y toros engordados a pastizal en ecosistema sabana. *Nachameh*, 41-60.
- Huerta, N. (2021). Desempeño en la ceba a pastoreo y rasgos de la canal de toros implantados y suplementados. (Trabajo de Grado). *Facultad de Ciencias Veterinarias de la LUZ*.
- Hyslo, A., Duthie, C., Rooke, J. y Richardson, R. (2021). Meat and sensory eating quality of loin steaks from cattle slaughtered at different ages as a result of short, medium or long finishing systems. *Animal Production Science*, 1613-1624.
- Iglesias, A., Días, M. y Ghezzi, M. (2018). Rendimiento de la canal, de los cortes de carne y aspectos de la calidad tecnológica de la carne de novillos Holando Argentino comparada con la de novillos Aberdeen Angus. (Trabajo de Grado). *Tandil - Argentina: Facultad de Ciencias Veterinarias UNCPBA*.
- Izquierdo, D. (2021). Atributos intrínsecos y extrínsecos que influyen en la elección de productos cárnicos: técnicas empleadas en su determinación. (Trabajo de Grado). *Valencia-España: Universidad Politecnica de Valencia*.
- Jae, K., Boin, L., Dong, K., Kichoon, L., Eun, L. y Young, M. (2021). Sensory quality and histochemical characteristics of longissimus thoracis muscles between Hanwoo and Holstein steers from different quality grades. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 1-20.
- Khongpradit, A., Boonsaen, P., Homwong, N., Matsuba, K., Kobayashi, Y. y Sawanon, S. (2020). Effect of starch source in concentrate diets and of days on feed on growth

- performance, carcass characteristics, meat quality, and economic return of feedlot steers. *Research Square*, 1-13.
- Mealea, S., Ruiz, A., Dervishia, P., Roya, B. y Paradisa, B. (2021). Impact of genetic potential for residual feed intake and diet fed during early- to mid-gestation in beef heifers on carcass characteristics and meat quality attributes of their castrated male offspring. *Meat Science*.
- Meenongyai, W., Pattarajinda, V., Stelzleni, A., Sethakul, J., Duangjinda, M. y Sae, A. (2020). Beef consumption and selection bias in Thailand. *Khon Kaen Agr.*, 731-740.
- Morales, J. y Antonello, D. (2021). Feeding strategies impact animal growth and beef color and tenderness. *Meat Science*.
- National Cattleman's Beef Association. (2018). Beef cutout calculator. Reserch RKM, Disponible en www.beefresearch.org. [Consultado en Junio de 2020].
- Portero, P. y Mena, B. (2017). Desarrollo de un prototipo para el control de calidad de la carne bovina determinada por sus características organolépticas, basado en un sistema automático de inspección por visión artificial. (Trabajo de Grado). Rio Bamba-Ecuador: Escuela Superior Politecnica de Chimborazo.
- Santin, I., Lima, H., Mateu, K., Zampar, M. y Cucco, D. (2021). Carcass and meat quality of young Angus steers with different growth potential finished exclusively grass-fed or corn supplemented. *Tropical Animal Health and Production*.
- Santos, D., Monteiro, J., Peter, H., Komora, N., Teixeira, P. y Pintado, M. (2021). The most important attributes of beef sensory quality and production variables that can affect it: A review. *Livestock Science*.
- Till, M., Arnold, A., Griffin, D., Hale, D., Miller, R., Gehring, K. y Savell, J. (2021). Palatability assessments of beef top loin steaks sourced from three quality grade/brand categories from Texas and non-Texas processing establishments. *Meat and Muscle Biology*, 1-10.
- U.S. Department of Agriculture. Predictive value of USDA beef quality. Disponible en <http://www.usda.gov>. [Consultado en Mayo 2020]

MODELO DE CORRELACIÓN ESPACIAL PARA OPTIMIZACIÓN VÍA SIMULACIÓN DE ACIDULACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS HÚMEDOS

(*SPATIAL CORRELATION MODEL FOR OPTIMIZATION VIA WET ORGANIC
WASTE ACIDULATION SIMULATION*)

Enrique C Ávila, Marlene Brizuela.

Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora” UNELLEZ. Programa Estudios Avanzados. Subprograma Ciencias del Agro y del Mar. San Carlos-Estado Cojedes, Venezuela.

enriqcavila@gmail.com / marlenebrizuela@hotmail.com

Recibido: 07-10-2021/ Aceptado: 15-10-2021

RESUMEN

Esta investigación experimental exploratoria estocástica y determinística, en la modelación de correlación espacial para la optimización predictiva multifactor-multiobjetivo vía simulación de un acidificante-acidulante (mezcla de ácidos orgánicos carboxílicos), de aplicación en la conservación de residuos orgánicos no persistentes con alta humedad (R_{OnoP}-AH) de consumo animal, residuos estandarizado al 2 % de sal (NaCl) consumo animal estándar y 2 % de melaza de caña de azúcar; el acidulante como tecnología de control de variables indicadoras de cambios fisicoquímicos para la estabilización biológica de los R_{OnoP}-AH. El diseño de muestreo estadístico fue un Gaussiano IMSE optimal (GIMSEOp). Las restricciones de variabilidad de las respuestas de calidad en la optimización vía simulación son del tipo funciones de reglas difusas multimétrica: minimizar la acidez iónica (pH: índice de moles H⁺/litro) y la acidez titulable total (ATT: ml NaOH 1N), target el potencial redox (POR: mV) entre +0 y +200 mV y maximizar la capacidad buffer (CB: ml NaOH 1N±1ΔpH); bajo la hipótesis fisiológica de que un POR negativo cercano a cero (alejado de -450 mV) inhibe el metabolismo respiratorio de microorganismos (MRM) anaerobios y un POR cercanos a 0 mV (alejados de +850 mV) inhibe el MRM aerobios. La mezcla óptima operativa de ácidos obtenida fue: 3,54 g de Citrato de Na (~33,43%), 0,63 g de Benzoato de Na (~5,95%), 3,44 ml de Acido Fórmico (~32,48%) y 2,98 ml de Ácido Acético (~28,14%), con una deseabilidad de calidad del acidulante de ATT: 281,6, CB: 174,3 POR: 28,6 y pH: 2,23. Validándose la mezcla óptima acidulante en R_{OnoP}-AH, con excelentes resultados, lográndose estabilizarlos biológicamente y almacenarlos al ambiente sin refrigeración ni biocidas, por periodos de más de 3 meses.

Palabras clave: Diseño experimental, Redox, Modelo, Optimización.

ABSTRACT

This exploratory stochastic and deterministic experimental research in spatial correlation modeling for multifactor-multiobjective predictive optimization via simulation of an acidifying-acidulant (mixture of carboxylic organic acids), for application in the conservation of non-persistent organic waste with high moisture (R_{OnoP}-AH) of animal consumption, waste standardized to 2 % salt (NaCl) standard animal consumption and 2 % sugar cane molasses; acidulant as a technology to control variables indicating physicochemical changes for the biological stabilization of R_{OnoP}-AH. The statistical sampling design was a Gaussian IMSE optimal (GIMSEOp). The variability constraints of the quality responses in the optimization via simulation used multimetric fuzzy rule functions: minimize the ionic acidity (pH: moles H⁺/liter ratio) and total titratable acidity (ATT: ml NaOH 1N), target the redox potential (POR: mV) between +0 and +200 mV and maximize buffer capacity (CB: ml NaOH 1N±1ΔpH); under the physiological hypothesis that a negative POR close to zero (away from -450 mV) inhibits anaerobic microorganism respiratory metabolism (MRM) and a POR close to 0 mV (away from +850 mV) inhibits aerobic MRM. The optimal operational acid mixture obtained was: 3.54 g Na Citrate (~33.43%), 0.63 g Na Benzoate (~5.95%), 3.44 ml Formic Acid (~32.48%) and 2.98 ml Acetic Acid (~28.14%), with an acidulant quality desirability of ATT: 281.6, CB: 174.3 POR: 28.6 and pH: 2.23. The optimal acidulant mixture was validated in R_{OnoP}-AH, with excellent results, being able to stabilize them biologically and store them in the environment without refrigeration or biocides, for periods of more than 3 months.

Keywords: Experimental design, Redox, Model, Optimization.

INTRODUCCIÓN

La contención del crecimiento y desarrollo de microorganismos es fundamentalmente imprescindible en la conservación de productos, subproductos y residuos orgánicos no persistentes en alimentación humana/animal, represión que debe realizarse preferiblemente sin gasto de energía ni uso de biocidas con potencialidades anti nutricional (alteración funcional, física, bioquímica y/o fisiológica) ni teratogénica; por ello es deseado el uso de productos acidificantes-acidulantes comestibles naturales de sistemas biológicos tales como los ácidos orgánicos carboxílicos, que ejercen mayor/menor respuesta inhibitoria a medida que se aumenta/disminuye la cantidad de ácidos agregado; significando esto que allí existe una correlación espacial estadística entre las respuestas a medida que se hacen más/menos distantes las variables independientes (Ávila, 2019).

La ventaja comparativa y competitiva de usar ácidos carboxílicos orgánicos como aditivos en alimentos, es que son acidificantes y a la vez acidulantes; una tecnología de bajo costo, utilidad práctica y fácil adopción.

Acidificantes porque controlan los factores o variables inductoras/inhedoras de cambios fisicoquímicos, bioquímicos y fisiológicos, tales como, acidez iónica (pH), la acidez titulable total (ATT), el potencial redox (POR: mV) y la capacidad buffer (CB); estos manejados y fundamentado en su torre redox (figura 1, anexo), donde la hipótesis es que un POR negativo cercano a cero (alejado de -450 mV) inhibe el metabolismo respiratorio de microorganismos (MRM) anaerobios y un POR cercanos a 0 mV (alejados de +850 mV) inhibe el MRM aerobios (Figura 1); debido fundamentalmente a la inhibición de las enzimas P450 aceptor de O₂ de la cadena respiratoria, en la membrana interna de la mitocondria (Ávila, 2019).

Acidulante, porque mejora características reológicas como la viscosidad, características hedónicas como la cinética emocional del sabor y la palatabilidad y, por otro lado, 1. Mejora la cinética de la funcionalidad del sistema digestivo, es decir de la actividad enzimática natural y la actividad enzimática de la flora microbiana natural y 2. Los ácidos son un nutriente de fuente energética alimentario y de fácil absorción/adsorción intestinal, fundamentalmente los ácidos grasos volátiles como el acético, fórmico, propiónico, butírico, láctico, caprónico, valérico, entre otros (Avila, 2019). Otros ácidos de importancia como acidulante son el ácido glucónico y ácido fosfórico, que además de acidificante, mejoran el rendimiento y morfología de la pared intestinal y microflora de animales jóvenes (3tres.com, 2020).

Por otro lado, lo holístico (multifactor-multiobjetivo) y la complejidad de comportamiento no lineal del fenómeno, supone una dificultad estadística para su modelación debido a las interdependencias multidireccionales que se pueden plantear en el espacio del diseño de muestreo estadístico (Ávila, 2019; SAS JMP Pro 16, 2020).

En este estado de variabilidad de correlación espacial multidireccional a partir de un epicentro, requiere aplicar herramientas estadísticas de modelación especiales que faciliten y tomen en cuenta esta condición de correlación espacial así como la heterogeneidad espacial en los diseños de muestreo estadístico y, para ello, SAS JMP Pro 16 (2020) y ArcGis-Pro (2020), recomiendan modelación de correlación espacial, para lo cual se puede utilizar (probar), bien la estructura de correlación Gaussiana o la Cubica. La gaussiana permite asegurar que la correlación entre dos respuestas sea siempre distinta de cero, independientemente de la distancia entre los puntos y La cúbica permite asegurar que la correlación entre dos respuestas sea nula para los puntos suficientemente alejados.

Para los ácidos utilizados, el epicentro del diseño de muestreo estadístico es el pK de cada ácido, ya que es la referencia donde se asegura que el 50% del producto está en forma de su sal acida y 50% como acido ionizado molecularmente disponible; por qué esto, porque es la sal del ácido quien tiene capacidad de penetrar las membranas biológicas, facilitado adicionalmente por el efecto perturbador del ácido sobre la estructura cuaternaria de la membrana y, luego la sal acida al disociarse dentro de la célula (citoplasma y del citosol), el ácido liberado ejerce el poder regulador de los factores internos celulares que controlan cambios fisicoquímicos, bioquímicas y fisiológicas, factores tales como la acidez iónica (pH), la acidez titulable total (ATT), el potencial redox (POR: mV) y la capacidad buffer (CB) (Ávila, 2019).

Al respecto, conforme el pH en una solución disminuye por debajo del pKa de cada ácido, es mejor como control bacteriostático ya que la forma no disociada (nd) de los ácidos aumenta, donde la estimación de los ácidos en su forma no disociada (sal acida, nd) se estima por la siguiente fórmula.

$$mmol \text{ ácido } nd = \frac{mmol \text{ ácido}}{\frac{10^{-pKa}}{10^{-pH}}} + 1 \quad (\text{Ec-1})$$

Basado en la problemática planteada, la investigación enfocó como objetivo general ajustar con modelo de correlación espacial la creación de un acidificante-acidulante

orgánico y optimizar vía simulación (usando un simulador comercial, con interfaz gráfica interactiva), donde la tecnología de acidificación-acidulación es utilizada para la estabilización de ROnoP-AH.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación es de la forma experimental exploratoria estocástica y determinística, en la modelación para la optimización predictiva multifactor-multiobjetivo vía simulación de un acidificante-acidulante, de aplicación en la conservación de residuos orgánicos no persistentes con alta humedad (ROnoP-AH) de consumo animal, se desarrolló en el Laboratorio de Ingeniería y Tecnología de Alimentos de la UNELLEZ San Carlos.

Para el cumplimiento del objetivo general de la investigación, se desarrollaron las siguientes fases operativas experimentales:

1. Generación de un arreglo de muestreo de tratamientos usando el algoritmo Proceso Gaussiano IMSE Optimal del software SAS JMP 8 (tabla 1).
2. Con los tratamientos de muestreo elaborados (mezclas de CitratoNa, BenzoatoNa, Ácido Fórmico y Ácido Acético), se ejecutó la experimentación y se determinaron las respuestas, acidez iónica (pH: índice moles H⁺/litro), Potencial Redox (PR: mV), Capacidad Buffer (CB: ml de NaOH 0,1N $\pm 1 \Delta$ pH) y Acidez Titulable (ATT: ml de NaOH 0,1N), usando los métodos analíticos de laboratorio estocástico descritos en la A.O.A.C. (2012), adaptados y estandarizados durante las pruebas pilotos.
3. Ajuste de los modelos de correlación espacial (plataforma Modeling Gaussian Process del software SAS JMP 8), bajo estructura de correlación Gaussiana. Se crea un modelo para cada respuesta (un metamodelo de simulación), comprobándose su alta bondad de ajuste.
4. Co-optimización del proceso de creación del acidulante, vía simulación, con el simulador Prediction Profiler con interfaz gráfico interactivo del software SAS JMP 8 (SAS JMP,

2012; 2013), según las recomendaciones de Derringer (1994) y Derringer y Suich (1980), bajo las siguientes restricciones de deseabilidad de calidad (funciones de reglas difusas multimétrica) para las cuatro respuestas medidas, 1. Minimizar la respuesta acidez iónica (pH: índice moles H+/litro), 2. Target el potencial redox entre 0 mV y 200 mV, 3. Minimizar la acidez titulable soluble total (ATT: ml NaOH 0,1 N) y 4. Maximizar la capacidad buffer (CB: ml NaOH 0,1 N $\pm 1\Delta pH$), para cada una de los tratamientos diseñados, con la mezcla de ácido fórmico, ácido acético, cítratoNa y benzoatoNa.

5. Validación de la mezcla óptima del acidulante; aplicándola a residuos orgánicos no persistentes con alta humedad (RONoP-AH), residuos industriales de beneficio animal, estandarizados estos con adición de sal (NaCl) de consumo animal estándar a dosis fija de 2 % y melaza de caña de azúcar a dosis fija de 2 %.

RESULTADOS Y DISCUSION

En lo siguiente apartado se describe los datos, los resultados de su análisis estadístico-matemático, análisis tecnológicos y su discusión. Así, en la tabla 1 siguiente se muestra Matriz “D” de diseño de muestreo y las respuestas medidas (promedio aritmético de tres repeticiones).

Tabla 1. Diseño Proceso Gaussiano IMSE Optimal y respuestas

Tratamientos	Factores experimentales				Respuestas			
	Ácido Fórmico	Ácido Acético	Cítrato de sodio	Benzoato de sodio	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄
	X ₁ [ml]	X ₂ [ml]	X ₃ [g]	X ₃ [g]	pH	POR	CB	ATT
1	2,964	2,464	3,536	0,616	2,11	22,55	145,63	291,22
2	3,461	2,961	3,983	0,867	2,28	29	176,94	276,98
3	2,514	2,947	3,986	0,636	2,38	29,24	145,54	274,26
4	2,517	2,961	3,039	0,633	2,37	29,44	134,7	276,08
5	3,463	2,963	3,037	0,633	2,32	40,07	182,61	275,09

Fuente: Ávila (2021)

Tabla 1. (Cont.)

Tratamientos	Factores experimentales				Respuestas			
	Ácido Fórmico	Ácido Acético	Citrato de sodio	Benzoato de sodio	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄
	X ₁ [ml]	X ₂ [ml]	X ₃ [g]	X ₃ [g]	pH	POR	CB	ATT
6	3,461	2,017	3,039	0,867	2,50	32,85	124,52	264,81
7	2,522	2,022	3,978	0,646	2,38	29,08	111,35	271,80
8	3,447	2,014	3,986	0,864	2,51	35,27	130,05	266,92
9	2,964	2,464	3,536	0,884	2,34	29,55	144,26	276,77
10	2,514	2,014	3,053	0,636	2,13	15,96	112,08	290,01
11	2,514	2,014	3,053	0,864	2,51	30,24	114,44	267,50
12	3,463	2,963	3,037	0,867	2,46	41,78	164,65	251,4
13	2,973	2,473	2,955	0,750	2,48	37,92	151,63	270,01
14	2,973	3,045	3,527	0,750	2,40	34,43	160,87	273,01
15	3,447	2,014	3,986	0,636	2,37	44,77	146,37	273,59
16	2,514	2,947	3,986	0,864	2,40	29,64	141,37	274,24
17	3,461	2,017	3,039	0,633	2,35	32,15	121,81	276,69
18	2,517	2,961	3,039	0,867	2,51	33,5	135,82	264,42
19	3,545	2,473	3,527	0,750	2,36	29,69	115,76	277,01
20	3,461	2,961	3,983	0,633	2,35	42,14	175,1	274,52
21	2,522	2,022	3,978	0,854	2,43	40,52	133,08	271,67

Fuente: Ávila (2021)

En la figura 2 siguiente, el prototipo de la interfaz interactiva del simulador SAS JMP 8, muestra los resultados de la optimización de la mezcla para la deseabilidad optimal del acidulante: 3,54 g de CitratoNa (~33,43%), 0,63 g de BenzoatoNa (~5,95%), 3,44 ml de Acido Fórmico (~32,9348 y 2,98 ml de Ácido Acético (~28,14%), obteniéndose un acidulante con la siguiente deseabilidad optimal (D de Derriger), ATT: 281,6, CB: 174,3 POR: 28,6 y pH: 2,23.

El ajuste de regresión global del metamodelo de correlación espacial es, D = 98,969%, dando un DPMO de 9.950 (~1% no conforme de mezclas elaboradas); sin embargo esto se supera restringiendo la amplitud del rango de la banda de deseabilidad, esto asegura elaborar lotes de producto sin “no conformes”.

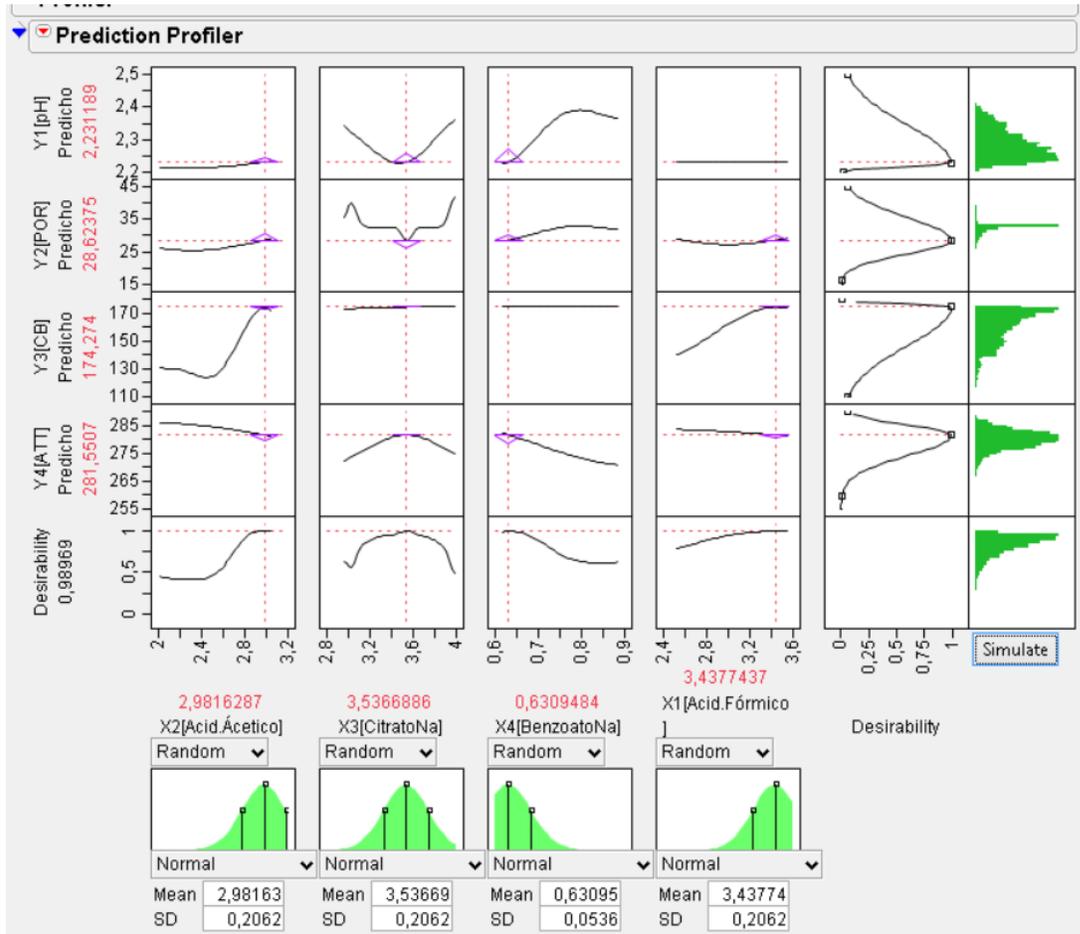


Figura 2. Prototipo de la interfaz del simulador del programa SAS JMP v8
Fuente: Avila (2021)

CONCLUSIONES

Luego de los resultados obtenidos en el desarrollo de la presente investigación se han establecido las siguientes conclusiones:

1. El diseño de muestreo Proceso Gaussiano IMSE Optimal, muestra ser económico para experimentación estocástica y en experimentación determinística y excelente en el ajuste de modelos de correlación espacial con alta bondad de ajuste.

2. El metamodelo no lineal tipo de correlación espacial ajustado, fue excelente en la optimización vía simulación, usando funciones de reglas difusas multimétrica, bajo el algoritmo de Derringer-Suich, implementado en el software SAS JMP 8.

3. El acidulante experimental creado, estabiliza materia orgánica altamente perecedera (rica en nutrientes y alta húmeda) casi instantáneamente, cuando se utilizan las dosis del acidulante experimental, permitiendo su preservación por más de 3 meses en condiciones ambientales sin refrigeración ni uso de biocidas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

A.O.A.C. (2012). "Official methods of analysis of AOAC international. "William Horwitz y George W. Latimer. Ed.19. Washington, DC.

Derringer, G. (1994). A balancing act: Optimizing a product's properties. Make intelligent trade-offs through desirability optimization methodology Quality progress. <http://www.statease.com/pubs/derringer.pdf>

Derringer, G. y Suich, R. (1980). Simultaneous optimization of several response variables. Journal of quality technology. 12:214-219.

SAS JMP. (2012). Software SAS Institute Inc. JMP business unit SAS.JMP: John's macintosh program.

SAS JMP. (2020). SAS Institute Inc. Using JMP 11. Cary, NC: SAS Institute Inc. http://www.jmp.com/support/downloads/pdf/jmp11/Using_JMP.pdf

SAS JMP Pro (2021). Gaussian Processes. Models for Analyzing Computer Experiments. JMP®, Version 16. SAS Institute Inc., Cary, NC, 1989–2021. https://www.jmp.com/en_us/software/how-to-get-jmp.html

ArcGis-pro. (2020). Spatial Statistics Toolbox. Desktop ArcGis-pro. <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/tools/spatial-statistics-toolbox/an-overview-of-the-spatial-statistics-toolbox.htm>

3tres.com. (2020). Efecto del ácido glucónico sobre el rendimiento, morfología de la pared intestinal y microflora de los lechones. https://www.3tres3.com/abstracts/efecto-del-acido-gluconico-sobre-el-rendimiento-morfologia-de-la-pare_20431/

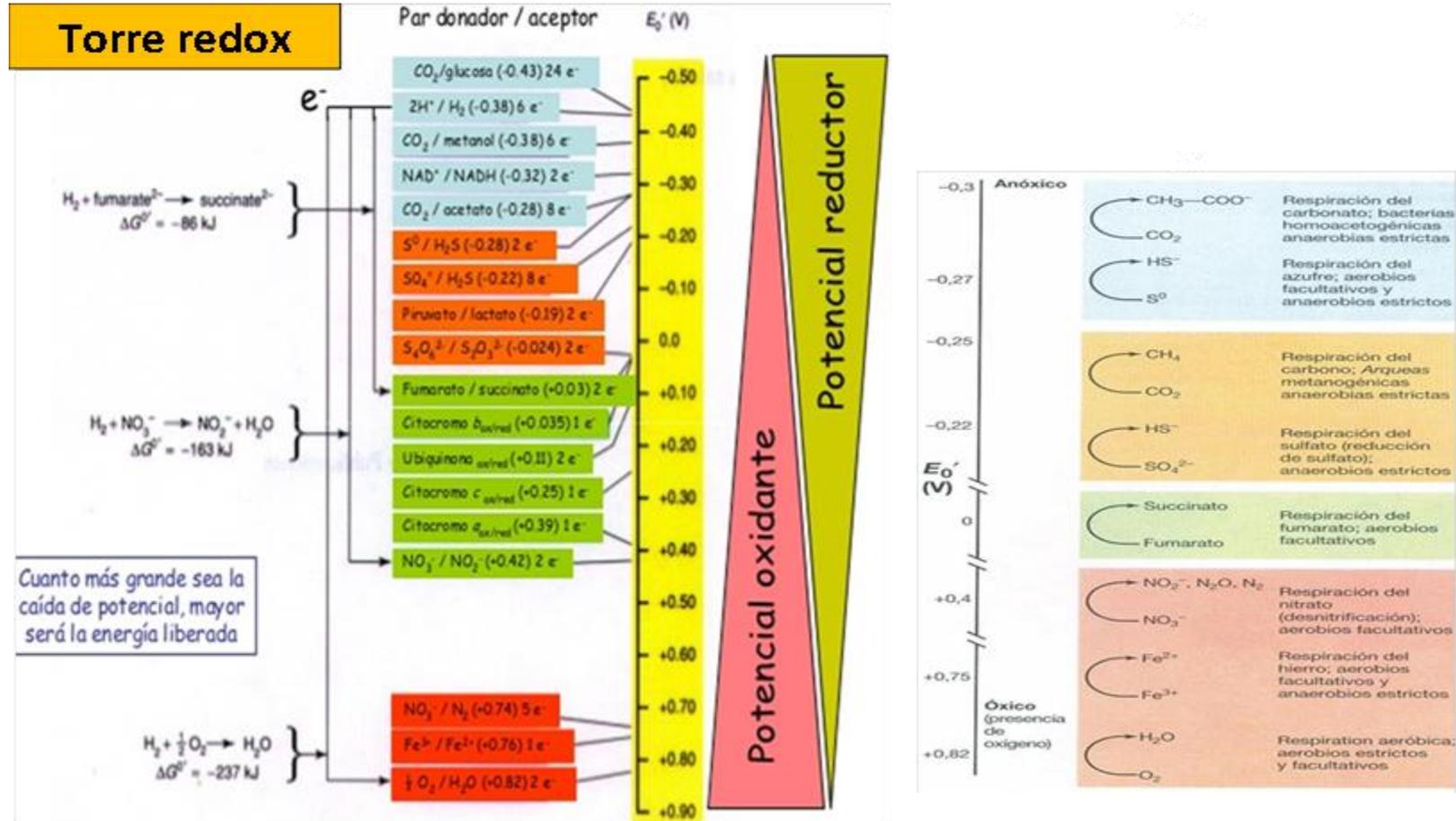


Figura 1. Torre REDOX

Fuente: Ávila (2021)

ANÁLISIS Y CONTROL DE RESIDUOS EN ALIMENTOS

(ANALYSIS AND CONTROL OF FOOD RESIDUES)

Lisette Hidalgo-Farfán.

Instituto Superior Tecnológico ISTECC. Tecnología en Procesamiento de alimentos. Parroquia Santa Cecilia-Sucumbíos, Ecuador

lisettehidalgo1990@gmail.com

Recibido: 23-11-2021/ Aceptado: 18-03-2022

RESUMEN

El ser humano al igual que el resto de seres vivos requiere alimentarse de una fuente sana que aporte nutrientes pero no contaminantes, ya que estos generan efectos adversos en la salud a corto o largo plazo. Con la finalidad de describir los métodos analíticos de determinación de residuos en alimentos se realizó una investigación descriptiva con diseño documental con una revisión de tesis, artículos científicos, normas nacionales e internacionales concluyendo que los métodos para determinar diferentes residuos provenientes de pesticidas, plaguicidas, medicamentos veterinarios o aditivos alimentarios se determinan por diferentes vías como las cromatográficas, espectrofotométricas y colorimétricas según requiera el componente a analizar y el tipo de muestra.

Palabras clave: nitritos, cadmio, plomo, mercurio, medicinas veterinarias.

ABSTRACT

The human being, like the rest of living beings, requires feeding from a healthy source that provides nutrients but not pollutants, since these generate adverse effects on health in the short or long term. In order to describe the analytical methods for determining residues in food, a descriptive investigation with a documentary design was carried out with a review of thesis, scientific articles, national and international standards, concluding that the methods for determining different residues from pesticides, pesticides, drugs Veterinary or food additives are determined by different routes such as chromatographic, spectrophotometric and colorimetric as required by the component to be analyzed and the type of sample.

Keywords: nitrites, cadmium, lead, mercury, veterinary medicines.

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades transmitidas por alimentos pueden ser causadas por contaminantes físicos, químicos o microbiológicos. Los químicos pueden estar presentes en los alimentos de forma natural o por contaminación, pudiendo ser consecuencia de algún residuo del proceso de cultivo o cría o del proceso de transformación. El codex alimentarius define contaminante como "Cualquier sustancia no añadida intencionalmente al alimento, que está presente en dicho alimento como resultado de la producción (incluidas las operaciones realizadas en agricultura, zootecnia y medicina veterinaria), fabricación, elaboración, preparación, tratamiento, envasado, empaquetado, transporte o almacenamiento de dicho alimento o como resultado de contaminación ambiental. Este término no abarca fragmentos de insectos, pelo de roedores y otras materias extrañas. En un alimento pueden encontrarse metales pesados como arsénico, cadmio, plomo, mercurio, metilmercurio, estaño, entre otros (CODEX, 1999).

Con referencia a lo anterior, para la agroindustria es importante garantizar la inocuidad de los productos previniendo además brotes de intoxicaciones o enfermedades que generen caos en la población o en el sistema de salud pública. Por ende, se hace necesaria además de buenas prácticas agrícolas y de manufactura, la realización de análisis que certifiquen que el producto es inocuo. Los métodos de análisis pueden variar según las normativas y avance tecnológico de cada región, sin

embargo, a continuación se describen los métodos de análisis de algunos residuos que pueden contaminar los alimentos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para describir los métodos de análisis de residuos en alimentos se realizó una investigación descriptiva (Hurtado De Barrera, 2010) con diseño documental (Fidias, 2006), utilizando como fuentes de información normas internacionales, nacionales, artículos científicos y tesis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Métodos para residuos múltiples de plaguicidas

Algunas sustancias químicas usadas en agricultura pueden ser cancerígenas, mutagénicas, tumorigénicas o teratogénicas, razón por la cual se han prohibido y las sustancias que se continúan empleando son controladas y existen dosis recomendadas, ya que causan daño al trabajador del campo o queda residuo en el alimento que por ingestión llega a consumo humano. Los pesticidas se clasifican según su estructura química básica en organoclorados, organofosforados, carbamatos, piretroides y organobromados (Pozo., 2013).

Para frutas y hortalizas este método se puede aplicar a los plaguicidas organoclorados, organofosforados y organonitrogenados, así como a unos pocos plaguicidas hidrocarbonados. Los residuos de plaguicidas se extraen con acetona y después de la partición, los plaguicidas organofosforados y organonitrogenados se determinan directamente utilizando un detector Cromatografía Gas Líquido de llama alcalina. Las interferencias se eliminan utilizando Florisil antes de la determinación de los compuestos organoclorados mediante la detección de captura de electrones.

Por otra parte, para leche y semillas oleaginosas: la leche se bate con óxido de aluminio y acetonitrilo/agua. La grasa se adsorbe en el óxido de aluminio y los plaguicidas liposolubles se separan de la grasa directamente en el acetonitrilo. Las semillas oleaginosas se tratan de la misma forma después de ser molidas. El método es aplicable a los plaguicidas organoclorados. Es muy rápido en comparación con otros

procedimientos en donde se extrae la grasa primero y, a continuación, se examinan los residuos.

Cuando los alimentos son secos o con bajo contenido graso. El problema al analizar estos productos ha sido la dificultad de extracción de los residuos de la matriz de la muestra. Esta dificultad se resolvió utilizando una mezcla agua/acetona. El método está concebido para productos alimenticios relativamente poco grasos, pero se puede utilizar para alimentos que contengan hasta un 10% de grasa. El paso del aislamiento con Florisil se debe utilizar cuando el alimento contiene por encima de un 2-3 % de grasa.

Por el contrario, si los alimentos son grasos el método comprende primero la extracción de la grasa, y después aislar los residuos plaguicidas mediante separación y cromatografía de adsorción. Este procedimiento sólo es aplicable a plaguicidas no polares y solubles en grasas (FAO, 1994).

Para la determinación de carbofurán y meta en papas utilizó el método de Quechers y se analizan mediante Alta Cromatografía Líquida de Alta Resolución acoplada a Espectrometría de Masas. La técnica QUECHERS es la abreviación en inglés de las palabras: rápido, fácil, barato, efectivo, robusto y seguro (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged, Safe). Es un proceso rápido mediante Extracción en fase Sólida Dispersiva (Pozo., 2013).

Método de determinación de residuos de triazina

Los herbicidas de triazina se utilizan extensamente en cultivos de consumo para controlar las malas hierbas. Las triazinas se degradan lentamente y pueden persistir en el suelo por períodos superiores a un año. El análisis se realiza con cartuchos en fase sólida, porque proporcionan una preparación de la muestra más sencilla y rápida, con una mayor eliminación de las impurezas que interfieren. La variedad de sorbentes o fases disponibles para cartuchos proporciona al analista los medios adecuados para elaborar métodos a su medida que le permitan hacer frente al amplio espectro de matrices de las muestras (FAO, 1994).

Método de determinación de residuos de ditiocarbamato

Este método se basa en la descomposición del ditiocarbamato con la liberación de disulfuro de carbono. El disulfuro de carbono es barrido a través de una trampa para eliminar todo el ácido sulfhídrico y a través de un tubo de ensayo que contiene una solución de acetato de cobre y una amina. Se forma un complejo de color de ditiocarbamato y su absorbancia se lee como medida del ditiocarbamato original (FAO, 1994).

Método de determinación de residuos múltiples de fumigantes y compuestos orgánicos ligeros

Se realiza con un cromatógrafo de gases con condiciones isotermas y detección de captura de electrones. La temperatura del horno puede requerir que se deje abierta la puerta del horno para lograr la temperatura más baja posible. Este método es aplicable al dibromuro de etileno, tetracloruro de carbono, tricloroetileno, disulfuro de carbono, bromuro de metilo, dicloroetileno, óxido de etileno y cloroformo. Dada la imposibilidad de obtener una buena mezcla compuesta, es aconsejable efectuar determinaciones repetidas y promediar. Se debe poner especial cuidado en no utilizar lotes de acetona que contengan estas impurezas. Todos estos fumigantes pueden ser detectados con este método con ciertas modificaciones de las condiciones.

Método para determinación de residuos de clorofenoxiacidos y el pentaclorofenol

La muestra se acidifica con ácido sulfúrico y los residuos se extraen por varias técnicas dependiendo de la naturaleza de la muestra. El extracto de la muestra se purifica por CPG en una columna de Bio-Beads SX-3 por elución con diclorometano/hexano al 50%. Entonces el extracto concentrado es metilado por extracción con par iónico y alquilación con hidróxido de tetrabutilamonio (TBAH) y yoduro de metilo. En caso necesario, el extracto metilado se purifica en una columna de cromatografía de Florisil. La determinación se lleva a cabo por cromatografía gaseosa con captura de electrones.

El extracto metilado también puede ser determinado mediante cromatografía de gases utilizando otros detectores. Ciertos residuos, que se sabe que son recuperados a

través de los pasos de extracción, purificación y metilación de este método, pueden ser determinados sólo cuando se examinan por CGL con un detector diferente del de captura de electrones (FAO, 1994).

Método de determinación de cadmio y plomo

El cadmio es un elemento relativamente raro que algunas actividades humanas liberan en la atmósfera, la tierra y el agua. En general, las dos fuentes principales de contaminación son la producción y utilización de cadmio y la eliminación de desechos que contienen cadmio. Por tanto, el cadmio puede llegar a alimentos de origen vegetal o animal si estuvieron en contacto directo con suelo contaminado (CODEX, 1999). Moreno et al., (2016) utilizó el método voltametría de onda cuadrada (VOC) para la cuantificación de cadmio y de plomo en tubérculos de papa fresca. Este estudio, se realizó usando: como buffer, solución Britton-Robinson (B-R, pH 4,8); carbono vítreo, como electrodo de trabajo; Ag/AgCl, como electrodo de referencia y platino, como electrodo auxiliar. La norma COVENIN venezolana establece el procedimiento de determinación de plomo por espectrofotometría de absorción atómica (FONDONORMA, 1978) y por el mismo método para cadmio (FONDONORMA, 1978).

Método de determinación de mercurio

El mercurio (Hg) es un metal que en concentraciones de traza es altamente tóxico y dañino para los ecosistemas y para los seres humanos. Para la determinación de mercurio se pueden utilizar diversas técnicas de detección que están actualmente disponibles, como la espectrometría de absorción atómica de vapor frío (CV AAS), plasma acoplado inductivamente espectrometría de emisión óptica (ICP-OES), espectrometría de absorción atómica electrotérmica (ET AAS), Espectrometría de fluorescencia atómica (CV-AFS), Espectrometría de masas (ID-ICP / MS).

La espectrometría de absorción atómica de vapor frío (CV AAS) ha sido el método más utilizado, debido a su velocidad y simplicidad, relativa libertad de interferencias, y alta sensibilidad. Los métodos más utilizados en la determinación del mercurio son los métodos cromatográficos y los métodos espectrométricos; la ventaja de los

cromatográficos es su especificidad, pues tienen la capacidad de distinguir entre diferentes especies de mercurio en las muestra (Ruiz, 2016). La norma venezolana COVENIN utiliza espectrofotometría de absorción atómica para la determinación de mercurio en alimentos (FONDONORMA, 1979).

Método de determinación de residuos veterinarios

La inocuidad de los alimentos de origen animal puede verse afectada por residuos de origen químico, lo que constituye un peligro para la salud pública. Las sustancias químicas están ligadas inevitablemente a las explotaciones ganaderas debido al uso de medicamentos para tratar infecciones, infestaciones parasitarias y en los procesos de limpieza y desinfección de utensilios, así como en el control de arvenses. Los residuos de origen químico en los alimentos de origen pecuario son indeseables puesto que pueden ser nocivos para el consumidor (Lara, 2008). De las diferentes técnicas disponibles para la detección de residuos de fármacos en alimentos de origen animal, las más usadas son las técnicas inmunológicas, cromatográficas y microbiológicas. Las técnicas inmunológicas más utilizadas son ELISA, radioinmunoensayo (RIA) y biosensores. Los principales métodos cromatográficos que se emplean son cromatografía de gases y cromatografía líquida, ambas acopladas a espectroscopía de masas. Las técnicas microbiológicas *in vitro*, particularmente aplicadas a residuos de antibióticos, son primordialmente la incubación de organismos anaerobios provenientes de heces, la determinación en cultivos bacterianos de la concentración mínima inhibitoria y la simulación de modelos intestinales (Lozano A & Arias M, 2008).

Método de determinación de estaño

Los alimentos son la principal fuente de estaño para el hombre. Hay presentes pequeñas cantidades de estaño en la carne fresca, los cereales y las hortalizas. Pueden encontrarse grandes cantidades de estaño en alimentos almacenados en latas simples y, en ocasiones, en alimentos almacenados en latas barnizadas. Algunos alimentos, como los espárragos, los tomates, las frutas y sus jugos, tienden a presentar grandes concentraciones de estaño si se almacenan en latas sin barnizar (CODEX, 1999). Para la determinación de estaño se puede utilizar espectrofotometría de absorción atómica por flama, por horno de grafito o por vapor frío y la espectrofotometría de emisión por

plasma inductivo o por plasma inductivo acoplado a masas (Avilés, 2016). La norma COVENIN establece el procedimiento de determinación para determinación de estaño por absorción atómica (Avilés, 2016).

Método de determinación de sulfitos

Carranza Espinal (2015), realizó una investigación para detectar residuos de sulfitos en camarones tratados con metabisulfitos comparando los métodos de cintas colorimétricas, titulación con iodometría y titulación con Monier-Williams (M-W). El método de cintas colorimétricas no tiene precisión para detectar sulfitos en los camarones, el método M-W detectó más sulfitos que la iodometría ($P < 0.004$). Se encontraron correlaciones altamente significativas con el método M-W entre los sulfitos detectados después de cada tiempo de destilación ($P < 0.001$). Los camarones tratados con MBS mostraron una reducción de sulfitos a lo largo de ocho semanas de almacenamiento ($P < 0.04$). El método M-W mostró ser el más preciso en la detección de sulfitos.

Método de determinación de nitrito

Vindas Angulo et al. (2017) realizaron un estudio del contenido de nitritos en 30 lotes de salchichas de una misma empresa productora en Costa Rica con una misma formulación. Se obtuvo que el promedio de nitrito de sodio fue de 88 ± 6 mg/kg, siendo 121 ± 2 mg/kg el resultado más alto y 38 ± 2 mg/kg el del menor valor para los lotes. El método utilizado fue el establecido por Official Methods of Analysis AOAC 973.31.

La norma COVENIN establece el método colorimétrico para la determinación de nitrito residual, para lo cual se extrae la muestra con agua caliente, se precipitan proteínas y se filtran, se reducen los nitratos a nitritos con cadmio metálico, se desarrolla color rojo por adición de sulfanilamida y N-1-naftiletildiamina dicloruro de hidrógeno y determinación colorimétrica a una longitud de onda de 538 nm (FONDONORMA, 2000).

CONCLUSIONES

Los alimentos son indispensables para la supervivencia humana, razón por la cual se debe garantizar la inocuidad para evitar daños a la salud a corto o largo plazo. Para

garantizar dicha inocuidad se realizan análisis de residuos según el origen del alimento y proceso que haya atravesado en la industria, debido a que aun siendo fresco puede presentar residuos de pesticidas o plaguicidas si es vegetal o si es carne residuos de medicina veterinaria, aunado a esto los camarones pueden presentar residuos de sulfitos y los procesados cárnicos residuos de nitritos que desarrollan nitrosaminas. El método de determinación varía según el componente a analizar y la muestra que lo contiene, sin embargo para residuos en general se emplean métodos cromatográficos, estrofotométricos y colorimétricos, razón por la cual no existe el acceso a estos análisis en todas las industrias o laboratorios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Avilés, U. (2016). *Análisis de la Concentración de Metales Pesados Arsénico, Cobre, Plomo y Estaño Presentes en Jugo Naranja*. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/14153>
- Carranza Espinal, E. O. (2015). Comparación de tres metodologías para la captación de sulfitos en camarones tratados con metabisulfito de sodio. *Revista Ciencia y Tecnología*, 14, 62-76. <https://doi.org/10.5377/rct.v0i14.1796>
- CODEX. (1999). Norma General Del Codex Stan 193-1995, Para Los Contaminantes Y Las Toxinas Presentes En Los Alimentos Y Piensos. *Codex Stan 193_1995*, 1-48. http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/livestockgov/documents/CXS_193s.pdf
- FAO. (1994). *Análisis de residuos de plaguicidas en laboratorios de inspección alimentaria*. <http://www.fao.org/3/a-t0702s.pdf>
- Fidias, A. (2006). El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica. En *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Número 9). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- FONDONORMA. (1978). *Alimentos. Determinación de plomo*. <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/1335-78.pdf>
- FONDONORMA. (1979). *Alimentos. Determinación de mercurio*. <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/1407-79.pdf>
- FONDONORMA. (2000). Carne y productos cárnicos. Determinación de nitritos y nitratos. En *Covenin*. <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/1221-00.pdf>
- Hurtado De Barrera, J. (2010). Guía para la comprensión holística de la ciencia. En *Dirección de investigaciones y posgrado* (Vol. 2). <http://dip.una.edu.ve/mpe/017metodologiaI/paginas/Hurtado>, Guía para la

comprension holistica de la ciencia Unidad III.pdf

- Lara, D. M. (2008). Residuos químicos en alimentos de origen animal: problemas y desafíos para la inocuidad alimentaria en Colombia. *Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 9(1), 124-135. <https://www.redalyc.org/pdf/4499/449945024014.pdf>
- Lozano A, M. C., & Arias M, D. C. (2008). Residuos de fármacos en alimentos de origen animal: panorama actual en Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 21(1), 121-135. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=295023520012>
- Moreno, Y., García, J., & Chaparro, S. (2016). Cuantificación voltamétrica de plomo y cadmio en papa fresca. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 19(1), 97-104. <https://doi.org/10.31910/rudca.v19.n1.2016.114>
- Pozo., A. (2013). Estudio de residuos de carboburán y metamidofos en papa (*Solanum tuberosum*) consumida en la sierra ecuatoriana. *Universidad Central del Ecuador Facultad de Ciencias Químicas Carrera de Química de Alimentos Estudio*, 104.
- Ruiz, I. (2016). Metodologías analíticas utilizadas actualmente para la determinación de mercurio en músculo de pescado. *Pensamiento Actual*, 16(26), 113. <https://doi.org/10.15517/pa.v16i26.25187>
- Vindas Angulo, L., Rodríguez Arce, N., & Araya Quesada, Y. (2017). Variación del contenido de nitrito de sodio residual en diferentes lotes de salchichas de una misma formulación de una empresa productora costarricense. *Pensamiento Actual*, 17(28), 88. <https://doi.org/10.15517/pa.v17i28.29525>

**PLAN DE ANÁLISIS DE PELIGROS-PUNTOS CRÍTICOS DE CONTROL
PARA NUEVA FORMULACIÓN DE JAMÓN COCIDO BAJO LA NORMA
COVENIN 3802:2002**

**(HAZARD ANALYSIS PLAN-CRITICAL CONTROL POINTS FOR THE
DEVELOPMENT OF A NEW FORMULATION OF COOKED HAM UNDER THE
COVENIN 3802:2002 STANDARD)**

Wilfredo Linarez, Eduardo Pinto, Loreidys Sánchez.

Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre” UNEXPO. Departamento de
Ingeniería Electrónica. Vicerrectorado Barquisimeto-Estado Lara, Venezuela.

wilfredo17011064@gmail.com / lore.sanchez.n@gmail.com

Recibido: 14-12-2021/ Aceptado: 07-02-2022

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue aplicar un plan de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control para el desarrollo de una nueva formulación de jamón cocido, bajo las siguientes etapas, Fase I: Análisis de estudio de mercado para determinar el nuevo producto a desarrollar, Fase II: Desarrollo de formulaciones de jamón cocido a base carne de pollo y res mediante un diseño experimental completamente al azar. Fase III: Pruebas de aceptabilidad de las muestras de jamón cocido a base carne de pollo y res Fase IV: Implementación del sistema HACCP en el proceso de elaboración de jamón cocido a base de carne de pollo y res. Los resultados obtenidos mostraron que el producto más factible a desarrollar es el jamón cocido y la formulación de mayor aceptabilidad fue 80% carne de pollo y 20% carne de res, los peligros encontrados en el proceso fueron analizados con el árbol de decisiones resultando como puntos críticos de control (PCC) Recepción de materia prima y cocción, con base a esta información se establecieron los límites de control (LC), se diseñaron las medidas correctivas, de monitoreo, verificación y registro, para conformar en su totalidad el sistema HACCP. Finalmente, se evaluó su efectividad mediante análisis microbiológico y se determinó que las etapas se encuentran dentro de control

Palabras clave: Sistema HACCP, Jamón cocido, Formulación.

ABSTRACT

The objective of this research was to apply a Hazard Analysis and Critical Control Points plan for the development of a new formulation of cooked ham, under the following stages, Phase I: Market study analysis to determine the new product to be developed, Phase II: Development of cooked ham formulations based on chicken and beef through a completely randomized experimental design. Phase III: Acceptability tests of the samples of cooked ham based on chicken and beef. Phase IV: Implementation of the HACCP system in the process of preparing cooked ham based on chicken and beef. The results obtained showed that the most feasible product to develop is cooked ham and the formulation with the highest acceptability was 80% chicken meat and 20% beef, the dangers found in the process were analyzed with the decision tree resulting as points critical control limits (CCP) Reception of raw material and cooking, based on this information the control limits (LC) were established, the corrective, monitoring, verification and registration measures were designed to fully conform the HACCP system. Finally, its effectiveness was evaluated through microbiological analysis and it was determined that the stages are within control.

Keywords: HACCP system, cooked ham, Formulation.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la industria de los alimentos requiere un enfoque integrado y profesional para el desarrollo de la organización, y así asegurar la satisfacción del cliente, la calidad e inocuidad de los productos y procesos. La elaboración de productos alimenticios inocuos necesita que el sistema de garantía de inocuidad se edifique sobre cimientos sólidos. La implementación de un sistema de Análisis de peligros y Puntos de Control Críticos, HACCP por sus siglas en inglés (Hazard Analysis and Critical Control Points), actualmente constituye un sistema fundamental para cumplir con estos requisitos de inocuidad, e idealmente debería vincularse a un sistema de gestión de la calidad y mejoramiento continuo. Un sistema de gestión de calidad son todas aquellas actividades que tienen lugar en una empresa encaminadas a garantizar que la misma cumple con sus objetivos de calidad (Arispe y Tapia, 2007).

Después de evaluar el cumplimiento de los prerrequisitos del sistema HACCP en la línea de producción de jamón cocido y determinar qué tipo de producto cárnico se puede desarrollar según las preferencias del consumidor y las características del mercado surgió la necesidad de aplicar un plan de análisis de peligros y puntos críticos

de control para el desarrollo de una nueva formulación de jamón cocido bajo la norma COVENIN 3802:2002.

MATERIALES Y MÉTODOS

Entrevistas

Se condujeron entrevistas y conversaciones con preguntas cerradas, flexibles y taxativas a personas responsables del nivel administrativo y operativo que permitieron conocer detalles acerca de procedimientos, manejo de materias primas y productos. También permitieron confrontar los niveles de conocimiento y de responsabilidad con la que se asumen las labores de la producción.

Estudio de mercado

Se recabó información del departamento de mercadeo, quienes realizaron 200 entrevistas no estructuradas con una duración de 35 minutos en promedio en donde la duración de todas las entrevistas fue de 7000 minutos aproximadamente, a los clientes en supermercados del municipio Iribarren como: Frigorífico la pollera, Central Madeirense e Hiperlider los cuales fueron seleccionados aleatoriamente para determinar temas sobre el perfil del consumidor, productos, marca, precios entre marcas y competencia, tomando en cuenta únicamente productos del mercado nacional, con el fin de obtener información objetiva en el estudio.

Aplicación de diseño aleatorizado

En el estudio de la formulación, se requirió conocer la forma cómo influyen el % de carne de pollo y res en las características sensoriales del producto, para ello se aplicó un diseño experimental completamente al azar.

Se diseñaron cuatro combinaciones de tratamiento, en la Tabla 1 se visualizan las combinaciones de proteína cárnica en las cuatro formulaciones.

Tabla 1. Combinaciones de proteína cárnica en cuatro formulaciones.

Factores	Muestra "A"	Muestra "B"	Muestra "C"	Marca "D"
% de Carne de Res	12,64	18,96	22,12	31,60
% de Carne de Pollo	50,56	44,24	41,08	31,60

Fuente: Autores, (2021).

Análisis sensorial

El instrumento a través del cual se obtuvo la información fue un cuestionario con la prueba de medición de grado de satisfacción, utilizando una escala hedónica de 7 puntos: Me gusta mucho (7), Me gusta moderadamente (6), Me gusta ligeramente (5), Me es indiferente (4), Me disgusta ligeramente (3), Me disgusta mucho (2), Me disgustas extremadamente (1), donde teniendo un grupo control, el juez o consumidor especificará que tanto le gusta o disgusta las muestras presentadas; ésta prueba se realizó para 40 panelistas no entrenados, de sexos femeninos y masculinos, con edades comprendidas entre 19 y 26 años de edad, estudiantes de ingeniería industrial.

Implementación del sistema HACCP en el proceso de elaboración de jamón cocido a base de carne de pollo y res.

Se realizó un análisis de los prerrequisitos: revisión general a las BPF, programas de capacitación, mantenimiento preventivo de áreas, equipos e instalaciones, calibración de equipos e instrumentos de medición, saneamiento, limpieza y desinfección, abastecimiento de agua, manejo y disposición de desechos sólidos y líquidos; al control de proveedores y materias primas, planes de muestreo y a la trazabilidad de materias primas y producto terminado.

Se elaboró un diagrama de flujo sobre el proceso productivo completo, el cual especifica en forma clara y simple, todo el proceso de fabricación, incluyendo todos los pasos del proceso, que la planta puede controlar directamente, con el propósito de poder tener una base para una identificación de peligros potenciales de cada proceso.

Se determinó para el producto la posibilidad razonable sobre la ocurrencia de peligros biológicos, químicos o físicos, con el propósito de establecer las medidas

preventivas aplicables para controlarlos. Las medidas de control que pueden aplicarse en relación con cada peligro.

Se describieron los puntos de control crítico que pueden afectar la inocuidad, para cada uno de los peligros significativos identificados, incluyendo aquellos fijados para controlar los peligros que pueden originarse tanto al interior de la fábrica, planta o establecimiento, como en el exterior de la misma.

La determinación de los PCC se facilitó con un árbol de decisiones el cual se aplica de manera flexible y con carácter orientador, tomando como base el árbol de decisiones. Los límites críticos corresponden a los límites aceptables para la seguridad del producto y señalan el criterio de aceptabilidad o no del mismo. Estos límites se expresan mediante parámetros observables o medibles los cuales demuestran científicamente el control del punto crítico

Cuantificación de los parámetros microbiológicos del producto desarrollado después de implementar el sistema HACCP

El recuento microbiológico se realizó basado en la norma COVENIN aplicable a cada uno de los análisis, lo cual se observa en la tabla 3.

Tabla 3. Análisis microbiológicos aplicables al producto final

Análisis	n	c	m	M	Método de ensayo
Aerobios mesófilos (ufc/g)	5	2	10 ⁴	10 ⁵	COVENIN 902
Coliformes totales (NMP/g)	5	2	<3	9	COVENIN 1104
Clostridiumperfringens (ufc/g)	5	2	10 ³	10 ⁴	COVENIN 1552
Salmonella en 25g	5	0	0	0	COVENIN 1291
Staphylococcus aureus (ufc/g)	5	2	10 ²	10 ³	COVENIN 1292
Mohos (ufc/g)	5	2	10 ²	10 ³	COVENIN 1337
Levaduras (ufc/g)	5	2	10 ³	10 ⁴	COVENIN 1337

Fuente: COVENIN, (1602).

Análisis estadístico de los datos: Los datos recolectados en este trabajo de investigación mediante los diferentes instrumentos, fueron tabulados y ordenados para calcular frecuencias absolutas, y porcentuales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En relación con el tipo de producto que prefieren consumir (Figura N°1), los resultados de las encuestas revelan que el 24% compra salchichas, seguido muy de cerca por el jamón de pierna que es consumido en un 24% de los casos; 13% adquiere jamón de espalda, 11% mortadela, 10% jamón ahumado, 7% fiambre, 5% jamón de pavo, 3% compra y consume salchichón mientras que tan sólo el 2% de los encuestados consumen salami y bologna. Si se analizan estos resultados, puede observarse que el 52% de los consumidores de embutidos compran jamones.

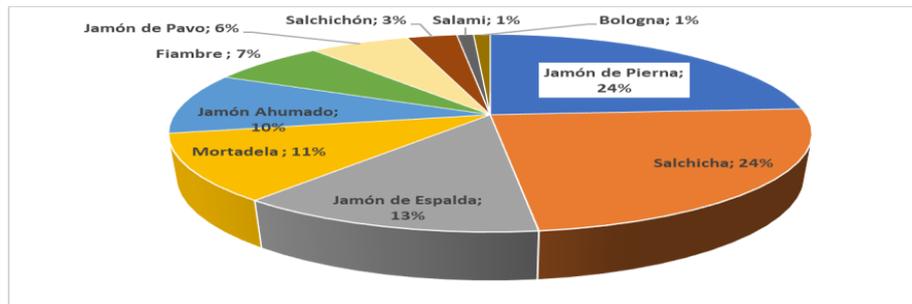


Figura 2. Análisis de la demanda del producto

Posterior al estudio de mercado, se generó cuatro combinaciones de tratamiento para formular un jamón cocido a base de carne de pollo y res que son los que se muestran a continuación: Muestra (A) Formulación 80% carne de pollo y 20% carne de res, Muestra (B) Formulación 70% carne de pollo y 30 % carne de res, Muestra (C) formulación 65% carne de pollo y 35% carne de res y Muestra (D) formulación 50% carne de pollo y 50% carne de res.

Tabla 4. Formulaciones de jamón cocido empleando un diseño aleatorio

Materia prima	A (%)	B (%)	C (%)	D (%)
Carne de res	12,64	18,96	22,12	31,60
Carne de pollo	50,56	44,24	41,08	31,60
Agua	30,83	30,83	30,83	30,83
Azúcar	0,39	0,39	0,39	0,19
Sal de primera	1,58	1,58	1,58	1,58
Almidón de papa	1,38	1,38	1,38	1,38

Fuente: Autores, (2021)

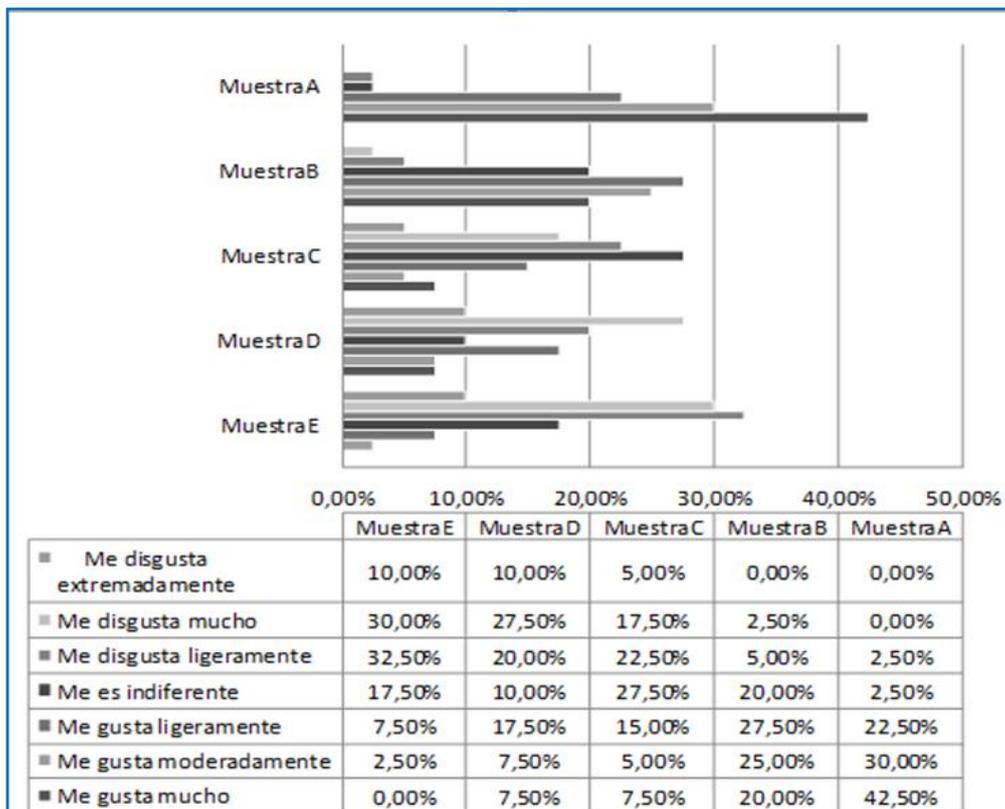
Tabla 4. (Cont.)

Materia prima	A (%)	B (%)	C (%)	D (%)
Proteína soya	1,15	1,15	1,15	1,15
Color carmín	0,01	0,01	0,01	0,01
Eritorbato de sodio	0,08	0,08	0,08	0,08
Tripolifosfato	0,40	0,40	0,40	0,40
Vicasal # 2	0,36	0,36	0,36	0,36
Carragenato	0,62	0,62	0,62	0,62

Fuente: Autores, (2021)

Con respecto al grado de aceptación sensorial del nuevo producto elaborado se obtuvo que la de mayor preferencia fue la muestra A con 80% carne de pollo y 20% carne de res comparado con la muestra E que es la muestra comercial 100% carne de cerdo.

Tabla 5. Determinación del grado de aceptación sensorial del nuevo producto elaborado



Fuente: Autores, (2021)

Luego de formular y desarrollar el nuevo producto se procedió a la identificación de los PCC.

Tabla 6. Matriz de análisis de peligros y puntos críticos de control

1) Etapa o paso del proceso	2) Riesgos presentes en esta etapa	3) El riesgo es significativo? (si/no)	Razones para su decisión en col. 4)	5) Medidas preventivas aplicable	P1	P2	P3	P4	6) Es esta etapa un PCC? (si/no)	7) # de PCC																																																																																					
Recepción de Materia Prima cárnica (pollo y res)	Biológicos	Si	Contaminación microbiológica proveniente del proceso productivo del proveedor los límites establecidos son los siguientes: Came de Pollo <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Características</th> <th colspan="3">Pollo Congelado Límite</th> <th colspan="3">Pollo Refrigerado Límite</th> </tr> <tr> <th>N</th> <th>C</th> <th>M</th> <th>N</th> <th>C</th> <th>M</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Aerobios Mesófilos (uf/g)</td> <td>5</td> <td>3</td> <td>5x10⁵</td> <td>10⁷</td> <td>5</td> <td>3</td> <td>10⁷</td> </tr> <tr> <td>Salmonella en 25 g</td> <td>5</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> <p>Fuente: Norma Venezolana Conven 2343-86 Pollo beneficiado. Leyenda: n: número de muestras del lote, c: número de muestras defectuosas; m: límite inferior y M: límite superior.</p> Came de Bovino <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Requisito</th> <th rowspan="2">n</th> <th rowspan="2">c</th> <th colspan="2">Límite</th> <th rowspan="2">Método de ensayo</th> </tr> <tr> <th>m</th> <th>M</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Aerobios mesófilos (uf/g) *</td> <td>5</td> <td>2</td> <td>1x10⁶</td> <td>1x10⁸</td> <td>COVENIN 912 COVENIN 1318</td> </tr> <tr> <td>Coliformes Totales (NT/g) *</td> <td>5</td> <td>2</td> <td><3 ***</td> <td>9</td> <td>COVENIN 1334</td> </tr> <tr> <td>Coliformes aerobios (uf/g) *</td> <td>5</td> <td>2</td> <td>1x10⁷</td> <td>1x10⁸</td> <td>COVENIN 1332</td> </tr> <tr> <td>Bacillus cereus (uf/g) *</td> <td>5</td> <td>2</td> <td>1x10⁵</td> <td>1x10⁶</td> <td>COVENIN 1444</td> </tr> <tr> <td>Salmonella en 25 g **</td> <td>5</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>-</td> <td>COVENIN 1261</td> </tr> <tr> <td>Streptococcus enterofaecalis **</td> <td>5</td> <td>2</td> <td>1x10⁵</td> <td>1x10⁶</td> <td>COVENIN 1392</td> </tr> <tr> <td>Mohos (uf/g) *</td> <td>5</td> <td>2</td> <td>1x10⁵</td> <td>1x10⁶</td> <td>COVENIN 1337</td> </tr> <tr> <td>Levaduras (uf/g) *</td> <td>5</td> <td>2</td> <td>1x10⁵</td> <td>1x10⁶</td> <td>COVENIN 1337</td> </tr> </tbody> </table>	Características	Pollo Congelado Límite			Pollo Refrigerado Límite			N	C	M	N	C	M	Aerobios Mesófilos (uf/g)	5	3	5x10 ⁵	10 ⁷	5	3	10 ⁷	Salmonella en 25 g	5	0	0	0	0	0	0	Requisito	n	c	Límite		Método de ensayo	m	M	Aerobios mesófilos (uf/g) *	5	2	1x10 ⁶	1x10 ⁸	COVENIN 912 COVENIN 1318	Coliformes Totales (NT/g) *	5	2	<3 ***	9	COVENIN 1334	Coliformes aerobios (uf/g) *	5	2	1x10 ⁷	1x10 ⁸	COVENIN 1332	Bacillus cereus (uf/g) *	5	2	1x10 ⁵	1x10 ⁶	COVENIN 1444	Salmonella en 25 g **	5	0	0	-	COVENIN 1261	Streptococcus enterofaecalis **	5	2	1x10 ⁵	1x10 ⁶	COVENIN 1392	Mohos (uf/g) *	5	2	1x10 ⁵	1x10 ⁶	COVENIN 1337	Levaduras (uf/g) *	5	2	1x10 ⁵	1x10 ⁶	COVENIN 1337	Control de proveedores mediante Análisis microbiológico obligatorio para la liberación de materia prima	SI	NO	SI	NO	SI	PCC#1
	Características	Pollo Congelado Límite			Pollo Refrigerado Límite																																																																																										
N		C	M	N	C	M																																																																																									
Aerobios Mesófilos (uf/g)	5	3	5x10 ⁵	10 ⁷	5	3	10 ⁷																																																																																								
Salmonella en 25 g	5	0	0	0	0	0	0																																																																																								
Requisito	n	c	Límite		Método de ensayo																																																																																										
			m	M																																																																																											
Aerobios mesófilos (uf/g) *	5	2	1x10 ⁶	1x10 ⁸	COVENIN 912 COVENIN 1318																																																																																										
Coliformes Totales (NT/g) *	5	2	<3 ***	9	COVENIN 1334																																																																																										
Coliformes aerobios (uf/g) *	5	2	1x10 ⁷	1x10 ⁸	COVENIN 1332																																																																																										
Bacillus cereus (uf/g) *	5	2	1x10 ⁵	1x10 ⁶	COVENIN 1444																																																																																										
Salmonella en 25 g **	5	0	0	-	COVENIN 1261																																																																																										
Streptococcus enterofaecalis **	5	2	1x10 ⁵	1x10 ⁶	COVENIN 1392																																																																																										
Mohos (uf/g) *	5	2	1x10 ⁵	1x10 ⁶	COVENIN 1337																																																																																										
Levaduras (uf/g) *	5	2	1x10 ⁵	1x10 ⁶	COVENIN 1337																																																																																										
	Químicos	SI	Presencia de antibióticos en la carne. (-) Residuos de antibióticos (-) Sulfamidas Este riesgo tiene una probabilidad baja provocando una gravedad alta, debido a que al existir antimicrobianos estos hacen que sea una carne no óptima para procesar ya que presentes en los alimentos pueden producir hipersensibilidad al consumidor este peligro es significativo ya que los antibióticos no se eliminan con tratamiento térmico.	Control de proveedores certificados de faenamiento Pruebas de antibióticos	SI	NO	SI	NO	SI																																																																																						
	Físicos	No	Presencia de partículas extrañas en lotes o insumos Este riesgo tiene una probabilidad baja provocando una gravedad baja, debido a que la materia cárnica que ingresa generalmente cumple con los requisitos técnicos para que esta sea sometida a proceso.	POE de recepción de M.P.	SI	NO	NO		NO																																																																																						
Pesaje	Biológicos	No	Se opera bajo BPM y POES	Realizar hisopado en el equipo antes de comenzar corrida de producción	SI	NO	NO		NO	NO																																																																																					
	Químicos	No	Se opera bajo BPM y POES	Programa de limpieza y desinfección	SI	NO	NO		NO																																																																																						
	Físicos	No	Se opera bajo BPM y POES	POE de mantenimiento preventivo y correctivo de equipos y maquinarias.	SI	NO	NO		NO																																																																																						
Molienda	Biológicos	No	Se opera bajo BPM y POES	Realizar hisopado en el equipo antes de comenzar corrida de producción	SI	NO	NO		NO	NO																																																																																					
	Químicos	No	Se opera bajo BPM y POES	Programa de limpieza y desinfección	SI	NO	NO		NO																																																																																						
	Físicos	No	Se opera bajo BPM y POES	POE de mantenimiento preventivo y correctivo de equipos y maquinarias.	SI	NO	NO		NO																																																																																						
Masaje		No		Realizar hisopado en el	SI	NO	NO		NO																																																																																						

Fuente: Autores, (2021)

Tabla 7. Matriz de vigilancia del sistema HACCP

PCC# etapa de proceso	Riesgo significativo identificado	Límites criterios para cada riesgo identificado			Monitoreo				Acciones Correctivas	Registro	Verificaciones
					¿Qué?	¿Cómo?	Frecuencia	Responsable			
PCC# 1 RECEPCION DE MATERIA PRIMA CARNICA	Químico	Antibióticos (-) Sulfamidas (-)			Análisis de antimicrobianos	Control de proveedores certificados de faenamiento	Cada lote de materia prima cárnica que llegue a la planta	Inspector de calidad y analista de microbiología	Rechazar materia prima y enviar no conformidad al proveedor	Formato de Inspección de MP	Revisión de registros y certificados de calidad
PCC# 1 RECEPCION DE MATERIA PRIMA CARNICA	Biológicos	Requisitos	Límite inferior	Límite superior	Microbiología correspondiente según COVENIN	Análisis Microbiológico y fisicoquímicos	Cada lote de materia prima cárnica que llegue a la planta	Inspector de calidad y analista de microbiología	Rechazar Materia Prima y enviar un correo de No Conformidad al proveedor de la misma	Formato de Inspección de materias primas recibidas	Revisión de registros Revisión de certificados de calidad
Aerobios mesófilos (u/25g Coliformes (NM/R) (g))	5,0x10 ²	1,0x10 ⁴									
Lactosa mono/higenes en 25g	0	-									
Staphylococcus aureus (u/1g)	10,0	1,0x10 ²									
Salmonelas en 25g	0	-									
Mohos (u/1g)	1,0x10 ²	1,010 ²									
PCC#2 COCCION	Biológicos	68°C por 6h			Temperatura y tiempo en los intercambiadores de calor	Registrador tiempo y temperatura	Cada hora	Técnico Operario	Revisar sistema de control automático de temperatura	Formato y gráficas de control	Revisión de registros. Calibrar equipo según plan de Mto.

Fuente: Autores, (2021)

Una vez desarrollado y documentado el sistema HACCP, fue necesario probar su efectividad, para ello se decidió realizar una prueba piloto en uno de los 2 PCC identificados por un tiempo de treinta días continuos de producción. El PCC seleccionado fue el número dos (2) correspondiente a la cocción, motivado por el hecho de que es una etapa diseñada para eliminar el peligro o reducirlo a un nivel aceptable, el encargado del área fue participante del equipo, por lo tanto, posee formación y conocimiento en el tema y es una de las etapas del proceso con mayores controles, lo cual facilitará la implementación del sistema.

El estudio realizado evidenció que el tratamiento térmico fue efectivo para destruir la carga microbiana del producto desarrollado. También se observó que se cumple con el tiempo y temperatura establecidos (68°C por 6h). En cuanto a la evaluación general de las BPF se encontró una efectividad higiénica satisfactoria, y los programas pre-requisitos de esta empresa requieren estar siendo implementados, controlados y evaluados.

CONCLUSIONES

Se evaluó qué tipo de producto cárnico se puede desarrollar según las necesidades del consumidor y las características del mercado, obteniendo que el de mayor factibilidad es el jamón cocido.

Se determinó la formulación óptima del nuevo producto cárnico desarrollado basado en un diseño aleatorizado, obteniéndose que la formulación A basada en 80% carne de pollo y 20 % carne de res fue la de mayor aceptación sensorial.

Se aplicó la técnica para el desarrollo e implementación de un sistema HACCP de trece pasos indicados por el Codex Alimentarius y la norma COVENIN 3802-2002, dando como resultados la identificación de dos (2) PCC en el proceso, los cuales son: Recepción de materia prima y cocción. Para dichos puntos se establecieron LC, métodos de monitoreo, verificación y prevención; documentándose en un manuscrito como Sistema HACCP departamento de aseguramiento de la calidad.

Se diseñó de forma efectiva el sistema de análisis de riesgos y puntos críticos de control (HACCP), en el proceso de elaboración de jamón cocido de carne de pollo y res de la empresa de embutidos Arichuna enmarcado en los lineamientos del Codex Alimentarius, la Norma COVENIN 3802:2002.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Arispe, I.; Tapia, MS. (2007). Inocuidad y calidad: requisitos indispensables para la protección de la salud de los consumidores. *Agroalimentaria*, 12(24), 105-118. Recuperado en 08 de diciembre de 2021, de <http://ve.scielo.org>.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, FAO-OMS. 2003. Garantía de la Inocuidad y Calidad de los Alimentos: Directrices para el Fortalecimiento de los Sistemas Nacionales de Control de los Alimentos. Roma: FAO, Estudio FAO Alimentación y Nutrición No. 76.

Comisión del Codex Alimentarius. 1998. Directrices para la aplicación del Sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (HACCP). Higiene de los Alimentos, Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias. Roma, Italia 80 p. Disponible en: https://www.fao.org/2Fagn%2Fagn%2FCDFruits_es%2Fothers%2Fdocs%2FCAC

RCP11969.PDF&ei=sB1vVf7BpPcgwT774Jg&usg=AFQjCNEjxqv5ZhZzVRm5C
qqPSU6buTJLKw. [Consultado: 19 agosto de 2019].

Comisión Venezolana de normas industriales (COVENIN) 1292 – 1989. Aislamiento y recuento de *Staphylococcus aureus* 1era Rev. Fondonorma. Caracas, Venezuela, pp 3-4.

Comisión Venezolana de normas industriales (COVENIN) 1104 – 1996. Determinación del número más probable de coliformes, coliformes fecales y de *Escherichia coli* 2 da Rev. Fondonorma. Caracas, Venezuela, pp 3-5.

Comisión Venezolana de normas industriales (COVENIN) 1077- 1997. Leche y sus derivados determinación de humedad. Fondonorma. Caracas, Venezuela. 1 p

Comisión Venezolana de normas industriales (COVENIN) 3276 – 1997. Recuento de coliformes y de *Escherichia coli* método en placa con películas secas rehidratadas (Petrifilm) Fondonorma. Caracas, Venezuela

Comisión Venezolana de normas industriales (COVENIN) 3338 – 1997. Recuento Aerobios método en placa con películas secas rehidratadas (Petrifilm) Fondonorma. Caracas, Venezuela

Comisión Venezolana de normas industriales (COVENIN) 409 – 1998. Fondonorma. Caracas, Venezuela. Alimentos principios generales para el establecimiento de criterios microbiológicos. Fondonorma. Caracas, Venezuela.

ESTABILIDAD DEL COLOR DEL EXTRACTO ACUOSO DE JUSTICIA SECUNDA BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE PREPARACION O ALMACENAMIENTO DE ALIMENTOS.

(COLOR STABILITY OF THE AQUEOUS EXTRACT OF JUSTICE SECUNDA WITH THE ADDITION OF CITRIC ACID, LIGHT, OXYGEN, SUCROSE AND SODIUM CHLORIDE)

Rafael Barreto-Méndez.

Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales "Ezequiel Zamora" UNELLEZ. Programa Estudios Avanzados. San Carlos-Estado Cojedes, Venezuela.

rafael@barretomendez.com

Recibido: 04-11-2021 / Aceptado: 01-06-2022

RESUMEN

Se evaluó la estabilidad del color extracto acuoso de *Justicia secunda* bajo diferentes condiciones utilizadas comúnmente en la preparación o conservación de alimentos. Para cada condición se determinaron los cambios de color medidos por CIE ΔE^* (Conocido como Delta E, que se define como la diferencia entre dos colores en un espacio de color $L^*a^*b^*$). Los factores experimentales utilizados son: Aire, luz como formas de almacenamiento y los ingredientes de preparación: Azúcar, sal y ácido cítrico. Como respuesta, se encontró que, de todos los factores probados, solo el ácido cítrico provoca un cambio notorio de color al afectar el pH según la siguiente ecuación: $pH = pH_i - 82,74 \times \text{Ácido Cítrico (g)}$ y solo tolera descensos de pH de 6,5 a 6,0, siendo los cambios muy notorios a simple vista al descender de este valor. En relación con los demás ingredientes y factores estudiados, ninguno de estos o sus interacciones tienen un efecto estadísticamente significativo sobre ΔE con un 95,0% de nivel de confianza.

Palabras Clave: Estabilidad del color, aditivo alimentario, colorante natural, Justicia secunda Vahl.

ABSTRACT

The stability of the color aqueous extract of *Justicia secunda* was evaluated under different conditions commonly used in the preparation or preservation of food. For each condition, the color changes measured by CIE ΔE^* (known as Delta E, which is defined as the difference between two colors in an $L^*a^*b^*$ color space) were determined. The experimental factors used are: Air, light as forms of storage and the preparation ingredients: Sugar, salt and citric acid. In response, it was found that, of all the factors tested, only citric acid causes a noticeable change in color by affecting the pH according to the following equation: $pH = pH_i - 82.74 \times \text{Citric Acid (g)}$ and only tolerates decreases in pH from 6.5 to 6.0, the changes being very noticeable to the naked eye when descending from this value. In relation to the other ingredients and factors studied, none of these or their interactions have a statistically significant effect on ΔE with a 95.0% confidence level. **Keywords:** Color stability, food additive, natural colorant, *Justicia secunda* Vahl.

INTRODUCCIÓN

El color está asociado al sabor o al aroma del alimento y viceversa. Un sabor a limón debe darse a un alimento de color amarillo, un sabor a frambuesa debe dársele a un color rojo oscuro” (De Saint Blanquat, 2000). Se señala que, incluso el color está asociado a otras características tales como el dulzor, el salado e interfiere en el juicio sobre la intensidad del sabor o la identificación de un alimento y de acuerdo con el color, se ve afectada la aceptación de un alimento (Ihl et al, 1994).

Debido al hecho de que las fuentes de colorantes rojos naturales existentes presentan cambios de color a variaciones de pH tal como sucede con las antocianinas, extraídas principalmente a partir de la vid (*Vitis vinifera L.*), arándanos (*Vaccinium myrtillus L.*) y las flores de Karkadé (*Hibiscus sabdariffa L.*) (Carrubba, A y Calabrese, 1998; Carrubba et al, 2000), amerita que todo colorante nuevo propuesto para ser usado en la industria alimentaria, sea probado en diferentes condiciones de preparación de alimentos y bebidas.

Un requisito indispensable para que un colorante natural pueda ser usado en la industria de los alimentos, este debe mantener su color en las condiciones de preparación del alimento al cual está destinado a impartirlo.

Habida cuenta de lo anterior, el presente trabajo somete al colorante natural comprobadamente inocuo y obtenido a partir de hoja verdes, maduras del arbusto *Justicia secunda* (Vahl.) que es una planta de la familia *Acanthaceae* distribuida ampliamente en América Central y usada en medicina tradicional con diversos fines. Es un pequeño arbusto perenne de 0,5-1 m de altura, con flores rojo-violeta, Barreto, 2008) a algunas condiciones de preparación y/o almacenamiento para comprobar que es un colorante seguro, estable, reproducible y eficaz para satisfacer las necesidades de la industria (De Saint Blanquat, 2008).

El objetivo de esta investigación es evaluar si la estabilidad del color se ve o no afectada con la adición de ácido cítrico, sacarosa y cloruro de sodio, almacenado con y sin aire y con o sin luz.

METODOLOGÍA

Se procedió a medir el efecto del pH con un Medidor de pH marca OAKTON serie 500 en nueve muestras extraídas según Barreto (2008). Posteriormente, se utilizó un diseño factorial de 3 factores experimentales, con dos niveles de experimentación y 3 bloques o repeticiones para determinar el efecto de los distintos factores sobre el cambio de color según se muestra a continuación en la tabla 1:

Tabla 1. Diseño factorial de 3 factores experimentales, con dos niveles de experimentación y 3 bloques o repeticiones.

Aire	Luz	Ingrediente
0	0	Testigo
1	0	Testigo
0	1	Testigo
1	1	Testigo
0	0	NaCl
1	0	NaCl
0	1	NaCl
1	1	NaCl
0	0	Azúcar
1	0	Azúcar
0	1	Azúcar

Tabla 1. (Cont.)

Aire	Luz	Ingrediente
1	1	Azúcar
0	0	Testigo
1	0	Testigo
0	1	Testigo
1	1	Testigo
0	0	NaCl
1	0	NaCl
0	1	NaCl
1	1	NaCl
0	0	Azúcar
1	0	Azúcar
0	1	Azúcar
1	1	Azúcar
0	0	Testigo
1	0	Testigo
0	1	Testigo
1	1	Testigo
0	0	NaCl
1	0	NaCl
0	1	NaCl
1	1	NaCl
0	0	Azúcar
1	0	Azúcar
0	1	Azúcar
1	1	Azúcar

Se midió el efecto que tiene el pH del extracto acuoso de la planta *J. secunda* en el color del extracto acuoso utilizando los parámetros CIE 1976 (Modelo cromático usado normalmente para describir todos los colores que puede percibir el ojo humano y en lo sucesivo, CIE) L^* a^* b^* C^* Hue a^*b^* y así poder determinar el valor ΔE^* .

La extracción se realizó siguiendo la metodología descrita por Barreto (2008) en cuanto a cantidad de hojas por cantidad agua para lograr la optimización de la extracción del extracto acuoso.

Para cada condición se determinaron los cambios en los parámetros de color CIE L^* a^* b^* según los diferentes ingredientes de preparación y según las diferentes condiciones durante el tiempo de almacenamiento.

- El efecto del Ácido Cítrico sobre el pH.
- Se midió el efecto que tiene el pH del extracto acuoso de la planta J. secunda en el color de este utilizando los parámetros CIE L* a* b* C* Hue a*b*.
- Sal [NaCl] y Sacarosa.
- Exposición al aire [O²].
- Exposición a la luz.

Para demostrar el efecto que tiene el pH del extracto acuoso de la planta J. secunda (Sangría) en el color de dicho extracto, se realizó una extracción siguiendo el protocolo habitual descrito por Barreto (2008). Para medir el color de la muestra del extracto acuoso de J. secunda, se utilizaron los parámetros tristímulus CIE L* a* b* Chroma y Hue a*b*, así como el espectro de absorbancia. Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando StatSoft, Inc. (2001) y STATISTICA (data analysis software system), versión 6.

Comprobado que el ácido cítrico provoca un descenso bien definido por la ecuación 1 y un coeficiente de regresión R² satisfactorio obtenido, se preparó una muestra, a la cual se le añadió paulatinamente cantidades muy pequeñas de agua destilada con ácido cítrico disuelto por muestras triplicadas.

$$\text{pH} = \text{pHi} - 82,75 \times \text{Ácido Cítrico (g)} \quad (\text{Ec-1})$$

Una vez que se estabilizó el pH seleccionado, se procedió a medir el espectro de absorbancia en el rango de 380 nm hasta 780 nm, utilizando cubetas de 10 mm de cuarzo en un Espectrofotómetro Milton Roy Spectronic 21 DUV UV/VIS. Los parámetros CIE L*a*b* fueron calculados a partir de los espectros y a partir de ellos se calculó el Chroma y el Hue a*b*.

Por último, para determinar el pH del extracto “Sangría” en el tiempo y con la finalidad de evaluar su estabilidad en los alimentos que utilicen Ácido Cítrico y con esto el uso de compuestos búfer, se tomó una muestra del extracto “Sangría” y se midió por triplicado el

pH de extracción (pHi). Posteriormente se fueron acidificando muestras en grupos de tres para un total de 9 muestras, y se les fue bajando el pH utilizando el mismo procedimiento.

Asimismo, tanto las muestras sin acidificar como a las que se le añadió el Ácido Cítrico se almacenaron en tubos de ensayo con tapa plástica de rosca en el laboratorio de Ingeniería y Tecnología de Alimentos (L.I.T.A.) (De la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora” (UNELLEZ), Vicerrectorado de Infraestructura y Procesos Industriales, San Carlos, Estado Cojedes, Venezuela) a temperatura de 21 °C y con luz proveniente de lámparas fluorescentes de 34 vatios (watts) por 4,5 y 21,5 horas. Al final de cada período, se midió nuevamente el pH de todas las muestras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación Del Ácido Cítrico:

No se encontró en la literatura ningún trabajo con el cual se pudiera comparar los resultados obtenidos (Tabla 2).

Con el fin de comprobar si el ácido cítrico era apropiado para conducir este ensayo, se procedió a añadir cantidades iguales de ácido cítrico a tres muestras del extracto “sangría”. El valor promedio del pH inicial (pHi) de las tres muestras fue de 8,43 y el mismo fue disminuyendo a medida que se le añadía el ácido cítrico, hasta llegar a un valor de pH de 5,94 con 0,0311g de ácido cítrico (todos los valores representados en estos resultados promedian las lecturas hechas a cada una de las tres muestras independientes). En la figura 1 se puede apreciar el descenso observado del pH y que se produjo de acuerdo con la ecuación N° 1.

$pHi = pH$ del extracto acuoso medido al iniciar la prueba (8,43) .

$$\alpha = 0,05 \quad R^2 = 0,9953.$$

Tabla 2. Representación de pH en las muestras de sangría

pH inicial	pH 4,5 horas	pH 21,5 horas
7,65	7,48	6,06
7,00	7,29	5,95
6,00	6,22	5,35
5,50	5,51	5,1
5,00	5,01	4,49
4,50	4,45	4,48
4,00	3,88	3,98
2,75	2,70	2,77

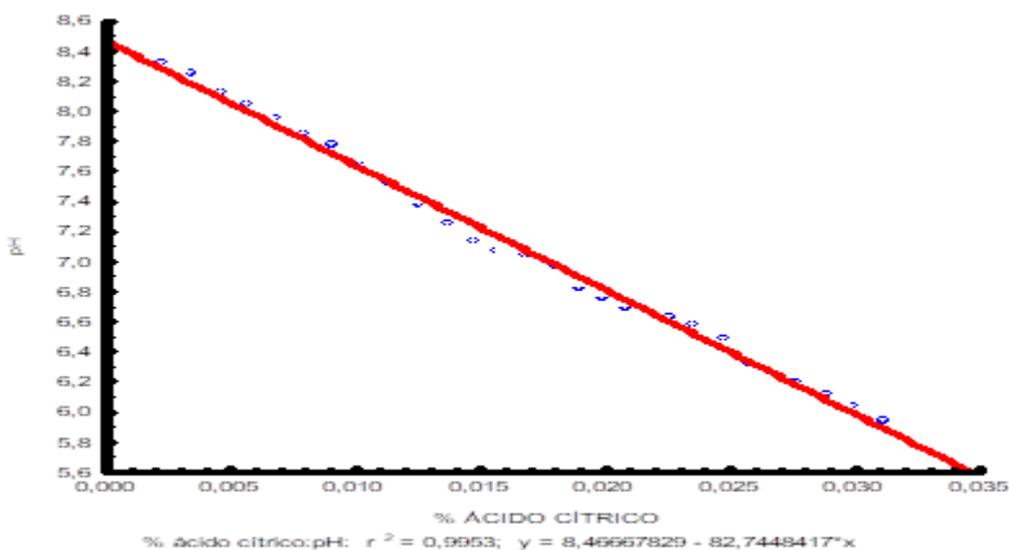


Figura 1. Efecto del ácido cítrico en los cambios de pH de muestras de sangría.

El resultado es que el cambio de pH de las muestras no cambia en forma significativa ($p = 0,705$), por lo que, una vez llevada una muestra a un valor de pH, este se mantiene con pocas variaciones en el lapso de tiempo estudiado.

El ácido cítrico, aún en pequeñas cantidades, provoca una marcada disminución en el pH del extracto “Sangría” (Figura 1). La disminución del pH según la cantidad de Ácido

Cítrico puede ser predicha bastante bien con la siguiente ecuación: $\text{pH} = 8,4667 - 82,74 * \% \text{ ácido cítrico (g/100mL)}$ $R^2 = 0,9976$ $p = 0,000000$.

Efecto del pH sobre el espectro:

Como se ha descrito en Barreto (2008), el extracto acuoso de la planta *J. secunda*, presenta un punto máximo de absorbancia ($\lambda_{\text{máx.}}$) que ha sido variable, estando entre 565nm a 580nm en la mayoría de los casos. La muestra N° 1 (pH= 6,5) mostró un espectro de absorbancia típico, con una absorbancia máxima ($\lambda_{\text{máx.}}$) de 575nm. Presentó un pico secundario de absorbancia (también típico) en los 410nm. A medida que desciende el valor de pH, desde su nivel inicial o de extracción hasta un pH de 2,5; ambos picos de absorbancia ven disminuido su nivel. Desde 4,00 hasta 2,50, las variaciones son pocas en la disminución del $\lambda_{\text{máx}}$ del primer rango. Por otro lado, en un valle que se aprecia en el espectro de pH de extracción, con el punto más bajo a 460nm, comienza a aumentar el valor de absorbancia. La línea del espectro se va suavizando hasta hacerse una línea ondulada sin picos pronunciados como puede observarse en la figura 2.

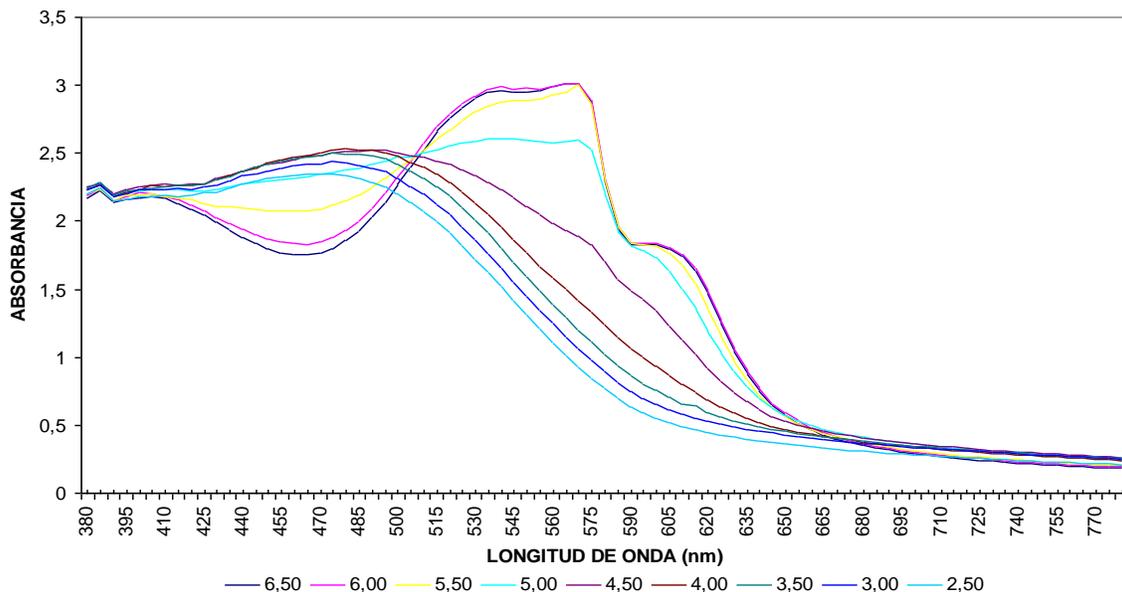


Figura 2. Efecto del pH en los espectros de absorbancia de 3 muestras del extracto acuoso de *j. secunda* (cada valor de absorbancia corresponde al promedio de las 3 muestras)

Efecto del pH sobre el parámetro CIE Δ^* :

Los cambios observados en los espectros, como es de esperarse, provocan un cambio de color del extracto acuoso a medida que este se va acidificando. En el Tabla 3 se puede apreciar los diferentes parámetros CIE $L^*a^*b^*$, Chroma, Hue a^*b^* que exhiben muestras del extracto acuoso de *J. secunda* (Sangría) a medida que se incrementa la acidez de estos. Cada valor corresponde al promedio de tres (3) muestras de Sangría independientes. Los cambios observados en los diferentes parámetros CIE, son expresados en términos de cambios de color o ΔE según la siguiente Ecuación CIE: $\Delta E = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2}$

Tabla 3. Valores de pH y Parámetros CIE $L^*a^*b^*$, Chroma, Hue a^*b^* y ΔE

Muestra	pH	L*	A*	b*	Chroma	Hue a^*b^*	ΔE
1	6,50	13,0	37,4	2,4	37,5	3,6	
2	6,00	12,6	37,0	3,8	37,3	5,9	1,53
3	5,50	13,2	38,2	10,9	39,8	15,9	8,56
4	5,00	14,3	38,2	18,0	42,2	25,2	15,70
5	4,50	19,6	39,5	29,8	49,5	37,0	28,27
6	4,00	27,5	41,8	43,3	60,2	45,9	43,62
7	3,50	32,2	42,2	51,1	66,3	50,3	52,57
8	3,00	30,9	41,1	56,1	70,3	52,9	56,73
9	2,50	40,1	43,5	61,5	75,4	54,6	65,31

Se procedió a medir la diferencia existente entre los colores (Muestra N vs Muestra N-1) utilizando el error delta o ΔE para saber cuánta desviación hay entre un valor de pH y otro. Comparando los valores ΔE válidos universalmente según la norma ISO 12647-2 (Biedma, 2019) notamos que solo tolera descensos de pH de 6,5 a 6,0; siendo los cambios muy notorios al ojo al descender de este valor.

En este sentido, la ecuación del modelo ajustado es de la forma:

$$\Delta E = 116,331 - 19,3636 * \text{pH} \quad (\text{Ec-2})$$

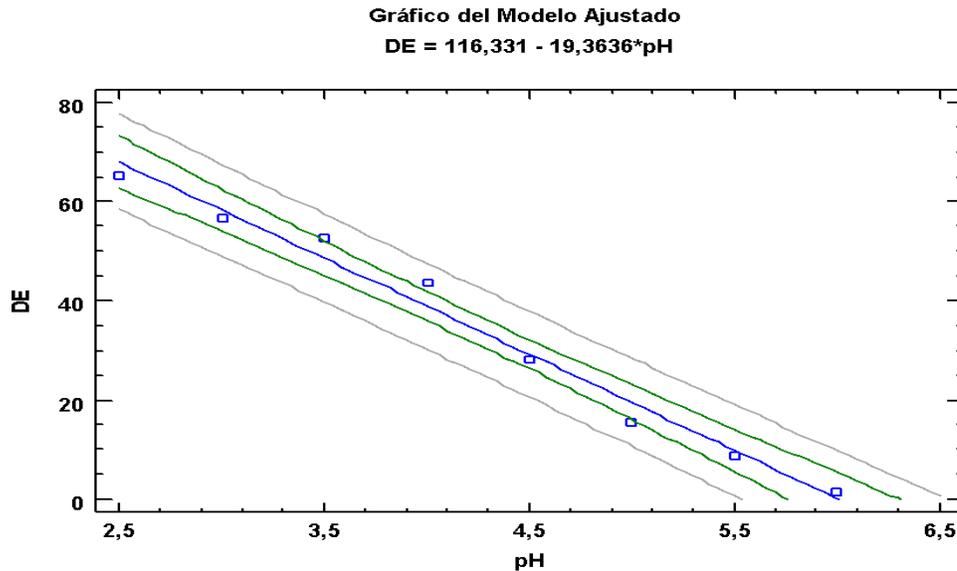


Figura 3. Modelo ajustado $\Delta E = 116,331 - 19,3636 \cdot pH$

Existe una relación estadísticamente significativa entre ΔE y pH con un nivel de confianza del 95,0%. Hay indicación de una posible correlación serial con un nivel de confianza del 95,0% evidenciado en la figura 3 y tabla 4.

El coeficiente de correlación es igual a -0,991646, indicando una relación relativamente fuerte entre las variables.

Tabla 4. Análisis de la varianza para Regresión Simple para ΔE vs. pH

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	3936,95	1	3936,95	354,62	0,0000
Residuo	66,6123	6	11,102		
Total (Corr.)	4003,57	7			

Por lo que el:

- Coeficiente de Correlación = -0,991646.
- $R^2 = 98,3362$ por ciento.

- R^2 (ajustado para g.l.) = 98,0589 por ciento.
- Error estándar del est. = 3,33197.
- Error absoluto medio = 2,53348.
- Estadístico Durbin-Watson = 1,2941 (P=0,0458).
- Autocorrelación de residuos en retraso 1 = 0,287427.

Por su parte, en la tabla 5 se muestran los resultados obtenidos según el diseño seguido en donde los factores de almacenamientos están representados de manera binaria con ceros y unos, mientras que los factores de preparación se indican nominalmente. La tabla 6 o Tabla ANOVA descompone la variabilidad obtenida de ΔE en contribuciones debidas a las distintas preparaciones. La contribución de cada preparación se mide eliminando los efectos de los demás. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores y se puede concluir de la tabla 6 que ninguno de los preparados ó interacciones de estos tiene un efecto estadísticamente significativo sobre ΔE con un 95,0% de nivel de confianza.

Tabla 5. Efecto de diferentes condiciones estudiadas en el parámetro CIE ΔE^*

Aire	Luz	Ingrediente	ΔE
0	0	testigo	8,07
1	0	testigo	10,65
0	1	testigo	14,97
1	1	testigo	9,63
0	0	NaCl	13,35
1	0	NaCl	12,28
0	1	NaCl	16,03
1	1	NaCl	19,41
0	0	Azúcar	12,66
1	0	Azúcar	11,42
0	1	Azúcar	13,67
1	1	Azúcar	12,70
0	0	testigo	16,38
1	0	testigo	11,19
0	1	testigo	8,54
1	1	testigo	11,67
0	0	NaCl	14,46
1	0	NaCl	11,11
0	1	NaCl	13,54
1	1	NaCl	10,70

Tabla 5. (Cont.)

Aire	Luz	Ingrediente	ΔE
0	0	Azúcar	13,31
1	0	Azúcar	11,10
0	1	Azúcar	13,47
1	1	Azúcar	11,61
0	0	testigo	19,98
1	0	testigo	15,49
0	1	testigo	16,85
1	1	testigo	16,44
0	0	NaCl	18,12
1	0	NaCl	18,78
0	1	NaCl	18,48
1	1	NaCl	18,50
0	0	Azúcar	17,08
1	0	Azúcar	17,94
0	1	Azúcar	16,67
1	1	Azúcar	17,24

Tabla 6. Análisis de Varianza para DE - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
COVARIABLES					
Aire	8,77147	1	8,77147	0,82	0,3729
Luz	1,26563	1	1,26563	0,12	0,7336
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Ingrediente	26,4912	2	13,2456	1,23	0,3049
RESIDUOS	332,598	31	10,729		
TOTAL (CORREGIDO)	369,126	35			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

CONCLUSIONES

La estabilidad del color del extracto acuoso de Justicia secunda se ve afectada por el pH, mostrando variaciones hacia la acidez. El ácido cítrico, ingrediente común presente en los alimentos provoca una marcada disminución en el pH del extracto “Sangría” (Figura N° 1) la cual puede ser predicha la ecuación: $pH = 8,4667 - 82,74 * \% \text{ ácido cítrico (g/100mL)}$ $R^2 = 0,9976$ $p = 0,000000$.

Comparando los valores ΔE válidos universalmente según la norma ISO 12647-2 (Biedma, 2019) notamos que no se observan cambios de color con rango de pH de 6,5 a 6,0, siendo los cambios muy notorios al ojo al descender de este valor, ya que se comprobó

una relación estadísticamente significativa entre ΔE y pH con un nivel de confianza del 95,0%.

En relación con los demás ingredientes y factores estudiados, ninguno de estos o sus interacciones tienen un efecto estadísticamente significativo sobre ΔE con un 95,0% de nivel de confianza, por lo que se concluye que el color del extracto acuoso se mantiene estable con la adición de sacarosa o sal y que la luz, así como el oxígeno tampoco afectan al color al almacenarlos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Barreto, R. (2008). Obtención y caracterización de un colorante natural a partir del extracto acuoso de la planta Justicia secunda Vahl. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Experimental De Los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora.
- Biedma González, M. (2020). Discriminación visual del color. (Trabajo Fin de Grado Inédito). Universidad de Sevilla, Sevilla.
- Carrubba, A and Calabrese I. (1998) Vegetable Extracts as Natural Sources of Dyes. En Ed. S. Scannerini, et al. Proc. Plant Biotechnology as a tool for the Exploitation of Mountain Lands. Acta Hort. 457, ISHS.
- Carrubba, A. Calabresse, I. y Matranga, A. (2000). Coloranti Alimentari di origine vegetale. Tai del Convengo Internazionale e qualità della vita. Sassari. Italia. II Volume.
- De Saint Blanquat (2000). Colorantes Alimentarios en: Multon, J.L (Coordinador). Aditivos y Auxiliares de Fabricación en las industrias agroalimentarias. 2ª Edición. Zaragoza: Acribia p 343.
- Ihl, M., Shene, C, Scheuermann, E. and Bifani, V.. (1994) Correlation for Pigment Content through Colour Determination using Tristimulus Values in a Green Leafy Vegetable, Swiss Chard. J. Sci. Food Agric. 66, 527-531.

**SUSTRATOS NO CONVENCIONALES Y SU APLICABILIDAD EN LA
PRODUCCIÓN DE *Lactobacillus casei***

**(UNCONVENTIONAL SUBSTRATES AND THEIR APPLICABILITY IN THE
PRODUCTION OF *Lactobacillus casei*)**

Gabriel Cravo, Llelysmar Crespo.

Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora” UNELLEZ. Programa
Ciencias del Agro y del Mar. San Carlos-Estado Cojedes, Venezuela.

cravo50@gmail.com / llely.crespo@gmail.com.

Recibido: 29-12-2021/ Aceptado: 09-04-2022

RESUMEN

Los microorganismos para su desarrollo presentan algunos requerimientos nutricionales básicos entre los que resaltan las fuentes de carbono y energía, pero no son suficientes para garantizar su crecimiento, por lo que dependiendo de la especie pueden emplearse otros compuestos más complejos como aminoácidos, vitaminas y nucleótidos, con la finalidad de obtener un medio de cultivo que emule a los caldos comerciales. Con esta motivación a través de la presente investigación se pretendió determinar la aplicabilidad de algunos sustratos no convencionales en la producción de *Lactobacillus casei*. Para ello se diagnosticó la situación actual para el proceso de producción de *Lactobacillus casei*, posteriormente se establecieron los parámetros de experimentación para la producción semicontinua de *Lactobacillus casei* y por último se valoró la aplicabilidad de los sustratos lactosuero, mango (*Mangifera indica L.*), fresa (*Fragaria vesca*) y *Garcinia madruno*, logrando demostrar que aunque estos sustratos no convencionales presentan un buen rendimiento durante el proceso metabólico del microorganismo, el lactosuero se presenta como la alternativa más efectiva por dos razones principales, en primer lugar por ser una fuente de nutrientes (proteínas solubles, lípidos, sales minerales, entre otros) a bajo costo y en segundo lugar por reflejar la mayor producción de biomasa al ubicarse en $1,19 \times 10^9$ Ufc/ml en un lapso de 9 horas.

Palabras clave: *Lactobacillus casei*, lactosuero, mango, fresa y *Garcinia madruno*

ABSTRACT

Microorganisms have some basic nutritional requirements for their development, among which carbon and energy sources stand out, but they are not enough to guarantee their growth, so depending on the species, other more complex compounds such as amino acids, vitamins and nucleotides can be used. In order to obtain a culture medium that emulates commercial broths. With this motivation, through the present investigation, it was intended to determine the applicability of some unconventional substrates in the production of *Lactobacillus casei*. To this end, the current situation for the production process of *Lactobacillus casei* was diagnosed, subsequently the experimental parameters for the semi-continuous production of *Lactobacillus casei* were established and finally the applicability of the substrates whey, mango (*Mangifera indica* L.), strawberry (*Fragaria vesca*) and *Garcinia madruno*, managing to demonstrate that although these unconventional substrates have a good performance during the metabolic process of the microorganism, whey is presented as the most effective alternative for two main reasons, firstly because it is a source of nutrients (soluble proteins, lipids, mineral salts, among others) at a low cost and secondly because it reflects the highest biomass production, being located at 1.19×10^9 Ufc/ml in a period of 9 hours.

Keywords: *Lactobacillus casei*, whey, mango, strawberry and *Garcinia madruno*.

INTRODUCCIÓN

Los microorganismos entre ellos las bacterias, han sido claves en el enfrentamiento y solución de problemas en la agricultura, alimentación, salud, y como nuevas fuentes de energía y conservación del medio ambiente (González *et al.*, 2002). Dentro de este grupo, se encuentran las “bacterias lácticas” que producen lactato por la fermentación de azúcares simples a un pH ácido y a un tiempo definido, liberando productos que dan sabor a algunos alimentos.

Por su parte, los lactobacilos presentan particularidades para cada especie respecto a los requerimientos nutricionales complejos para los aminoácidos, péptidos, derivados de ácidos nucleicos, vitaminas, sales, ácidos grasos o ésteres de ácidos grasos y carbohidratos fermentables. Requieren no sólo carbohidratos como fuentes de Carbono y energía, sino también: aminoácidos, vitaminas y nucleótidos. Generalmente estos requerimientos variados suelen suplirse cuando el medio de cultivo de los lactobacilos contiene carbohidratos

fermentables, peptona, extracto de carne y extracto de levadura, aunque una suplementación con jugo de tomate, manganeso, acetato y ésteres del ácido oleico, especialmente Tween 80, resulta estimulador y hasta esencial para muchas especies. Por eso, estos compuestos se incluyen en el medio MRS. Existen especies que se adaptan a sustratos muy particulares y necesitan factores de crecimiento especiales (Bergey y Holt, 1994).

Asimismo, requieren de micronutrientes en pequeñas cantidades en primer lugar porque influyen en el crecimiento celular, además de que funcionan como cofactores y sirven de estructura para varias enzimas, por ejemplo, el manganeso, es un cofactor de crecimiento esencial para el *Lactobacillus casei* debido a su función como constituyente de la enzima lactosa deshidrogenasa por consiguiente debe ser añadido al medio de cultivo en forma de $MnSO_4 \cdot H_2O$. Esto es necesario junto con la suplementación de extracto de levadura para mejorar la productividad de ácido láctico y el consumo de lactosa (Madigan *et al.*, 2004).

En este sentido, a través de la presente investigación se pretende determinar la aplicabilidad de algunos sustratos no convencionales en la producción de *Lactobacillus casei*, tomando en consideración la premisa de González *et al.*, (2008) que indica que un sustrato debe suplir no solo los requerimientos nutricionales característicos de la especie, sino también garantizar que carezca de compuestos que puedan inhibir al probiótico o que las cantidades de estas sustancias inhibitorias permitan el crecimiento del microorganismo a utilizar.

MATERIALES Y MÉTODOS

En atención a las características que presenta esta investigación y a sus objetivos, la misma se encuentra enmarcada dentro de la modalidad exploratoria, debido a que centra su atención en indagar sobre nuevos problemas, identificar variables promisorias y establecer prioridades para investigaciones futuras (Hernández *et al.*, 2014), como es el caso del empleo de sustratos no convencionales en la producción de biomasa de *Lactobacillus casei*.

En ese mismo sentido, la investigación hace énfasis en la recolección de la información en el contexto, porque permiten generar un conocimiento nuevo y para ello se vale de

instrumentos como la observación directa. En este sentido, la población estuvo constituida por 1500 ml y con una muestra representativa de 25 ml del sustrato inoculado cada hora por un lapso de 10 a 12 horas.

Hechas las consideraciones anteriores, la investigación se desarrolló mediante las siguientes fases:

Fase I. Diagnóstico de la situación actual para el proceso de producción de *Lactobacillus casei*. Durante esta fase se realizó una revisión bibliográfica extensa sobre los equipos empleados en el control de cultivos de *Lactobacillus casei*, específicamente biorreactores y sus dispositivos auxiliares (agitación, pH, entre otros); así como lo relacionado con los caldos de cultivo comerciales y los medios no convencionales, que presentan nutrientes que pueden ser aprovechados en la producción de este tipo de microorganismo, lo cual permitió seleccionar para el estudio cuatro tipos de sustratos entre ellos lactosuero, mango (*Mangifera indica L.*), fresa (*Fragaria vesca*) y *Garcinia madruno*.

Fase II. Establecimiento de los parámetros de experimentación para la producción semicontinua de *Lactobacillus casei*. Esta fase de la investigación centró su atención en el estudio de las condiciones habituales de ejecución del proceso de producción de *Lactobacillus casei*, a fin de aumentar la probabilidad de detectar cambios significativos en las respuestas (biomasa) y obtener un mayor conocimiento del comportamiento del proceso. Para ello, se caracterizó física, química y microbiológicamente los sustratos empleados tomando en consideración lo establecido en las normas COVENIN 370:1997, COVENIN 658-1997 y COVENIN 1104:1996. Posteriormente, se acondicionaron los diferentes sustratos (mango, fresa, lactosuero, *Garcinia madruno*) para ser utilizados en el proceso de crecimiento del microorganismo. Asimismo, reactivos y aditivos se prepararon de acuerdo a las concentraciones de sustrato para cada corrida y se agregaron en el recipiente del biorreactor para la producción de biomasa, donde se proporcionaron las condiciones óptimas de crecimiento al microorganismo. En relación con este último, se emplearon las técnicas del laboratorio de microbiología de la UNELLEZ – SAN CARLOS, y lo

establecido en las normas COVENIN 1337-90. A su vez, se procedió a preparar los medios de cultivo necesarios para la siembra en placas del microorganismo, siguiendo el procedimiento descrito por Cravo (2013) para la preparación de agar, agua peptonada, sustrato, inóculo y proceso de fermentación. Una vez iniciado y estabilizado el proceso se midieron los sólidos solubles totales (° Brix) de inicio y se procedió a la toma de las muestras, las cuales se realizaron en intervalos de tiempo de 1 hora, desde la hora de inicio (h_0) hasta la hora final (h_{12}).

Fase III. Valoración de la aplicabilidad de los sustratos no convencionales. En esta etapa del estudio, se procedió a comparar los rendimientos de producción de *Lactobacillus casei* (mayor cantidad de biomasa en el menor tiempo posible) en los diferentes sustratos empleados, a fin de determinar el grado en que estos pueden ser empleados para garantizar el crecimiento microbiano.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 1, se muestran las principales características de los sustratos empleados en la investigación entre los que destaca, el lactosuero con un valor promedio de los sólidos solubles totales (6,65 °Brix) muy similar a los obtenidos por Guerrero *et al.*, (2010) y Escobar *et al.*, (2010) indicando la presencia de los azúcares de la leche. Asimismo, la pulpa de mango mostró una media de 7,4 °Brix acorde con su madurez fisiológica, en este sentido para frutos maduros los valores de los SST tienden a incrementarse debido a la acumulación de azúcares libres durante la maduración, producto de la hidrólisis del almidón por la acción de las amilasas (Cárdenas-Coronel *et al.*, 2012; Maldonado-Astudillo *et al.*, 2016).

Por su parte, el *Garcinia madruno* reportó un contenido de azúcares totales similares a los reportados por Cravo (2020) y un poco bajo (7,9 ° Brix) comparado con el obtenido por Ruíz (2014), esta discrepancia puede deberse en gran medida al nivel de incidencia de la luz solar, la condición geográfica (altitud menor a 300 m sobre el nivel del mar) y la acidez de los suelos propias de la zona del Alto Apure (Región Llanera Venezolana). En lo que

respecta a la fresa refleja un valor promedio (5,5 ° Brix), el cual es un poco bajo comparado con el descrito por Martínez *et al.* (2008) quien evaluó distintas variedades de esta fruta (7,78 ° Brix), por lo que dicha variación puede atribuirse a factores meteorológicos, el tipo de suelo, además de que las fresas presentan la peculiaridad de que luego de su recolección, sus reacciones metabólicas básicas continúan, entre ellas la respiración, utilizando como sustrato los azúcares resultantes de la hidrólisis de la sacarosa, disminuyendo con ello los sólidos solubles del fruto, proceso que resulta activo durante todo el periodo de post recolección (Almenar, 2005; Escalante, 2015), no obstante la cantidad presente de azúcares tanto en este sustrato como en el resto de los estudiados se considera suficiente para contribuir con el desarrollo del microorganismo.

Tabla 1. Características físicas, químicas y microbiológicas de los sustratos

Parámetros	Sustratos			
	Lactosuero	Fresa	Mango	<i>Garcinia madruno</i>
Acidez (%)	1,09	0,82	0,15	19,07
SST (°Brix)	6,65	5,5	7,4	7,9
Cenizas (%)	-	0,52	0,44	2,06
Grasa (%)	-	0,48	0,39	1,48
Humedad (%)	-	84,90	85,44	89,40
pH	6,35	4,10	3,02	3,86
Densidad (g/ml)	1,03	-	-	-
Proteína (%)	0,91	0,72	0,78	6,66
Nitrógeno total (%)	-	-	-	2,32
Coliformes total (ufc)	0	0	0	0
Coliformes fecal (ufc)	0	0	0	0

Con respecto al contenido de proteínas en el caso de la fresa reflejó un valor cercano al mostrado por Martínez *et al.*, (2008), esta variación puede atribuirse a factores de tipo de cultivar, meteorológicos, suelo, entre otros. Además, según lo descrito por Crisosto y Mitchell (2007) su contenido es inferior al 1%, lo cual es un indicativo de que la mayor parte está representada por enzimas que participan en el proceso de maduración.

Por su parte, el mango muestra que aunque no representa una fuente rica en proteína, posee varios péptidos reguladores metabólicos, de transcripción y de transporte (Wall-Medrano *et al.*, 2015). Asimismo, el lactosuero reflejó un valor (0,91 %) muy similar al descrito por Crespo (2020) (0,92 %), Linares *et al.*, (2015) (0,6 % - 1 %), Miranda *et al.*, (2007) (0,93%) y Londoño *et al.*, (2008) (0,95%), demostrando con ello que es una fuente nutritiva rica en aminoácidos esenciales (Ha y Zemel, 2003; Ibrahim *et al.*, 2005), que si es utilizada como sustrato favorece el crecimiento del *Lactobacillus casei*.

Por otra parte, en lo que se refiere a la humedad la fresa presenta un valor (84,90 %) cercano al reflejado por Escalante (2015). Al mismo tiempo que, el mango muestra el 85,44 %, valor que se encuentra dentro del rango descrito por Olivas-Aguirre (2014) y Wall-Medrano *et al.*, (2015), indicando en ambos casos que dichas frutas poseen un elevado un contenido de agua y un moderado porcentaje de carbohidratos.

A su vez, la humedad presente en la pulpa de *Garcinia madruno* es muy similar al reportado por Cravo (2020) y Chávez *et al.*, (2012) (82,1 %) y ligeramente mayor comparado con el indicado por Ruíz (2014) en frutos procedentes de España (71,9 %), sin embargo esta diferencia en cuanto a su contenido acuoso, podría deberse en gran medida de las condiciones climáticas así como lo describe Cravo (2020) y su presencia en el sustrato afecta de forma significativa el crecimiento del *Lactobacillus casei*, debido a que la mayoría de los microorganismos necesitan gran cantidad de agua libre para desarrollar en mejor condición sus actividades.

En lo que se refiere a los minerales presentes en los sustratos, el que presenta mayor cantidad es el *Garcinia madruno*, representando una fuente de nutrientes importante junto a

las vitaminas, que es aprovechada por el microorganismo para mantener un buen crecimiento, debido a que la velocidad de incremento de la población bacteriana depende en gran medida de la composición y concentración del medio de sustrato, así como de presencia de inhibidores, temperatura y pH (Barrazueta-Rojas *et al.*, 2019).

Por otra parte, en lo que respecta a la cinética de crecimiento del microorganismo para el sustrato fresa, la máxima cantidad de biomasa obtenida al emplear una concentración del 15% se ubicó en un rango cercano a 5×10^7 Ufc/ml en un tiempo de 12 h (figura 1), con una fase de adaptación de 0 a 2 horas, para luego pasar a la fase de crecimiento exponencial la cual se extendió hasta la hora 7, a fin de dar inicio a las actividades metabólicas captando enseguida los nutrientes presentes en el sustrato, así como el oxígeno necesario para su reproducción, a su vez presentó una fase estacionaria muy corta, para de allí pasar entre la hora 7,5 y 12 a la fase de declive, en la misma el microorganismo consumió en su totalidad todos los nutrientes presentes en el proceso de reproducción de biomasa.

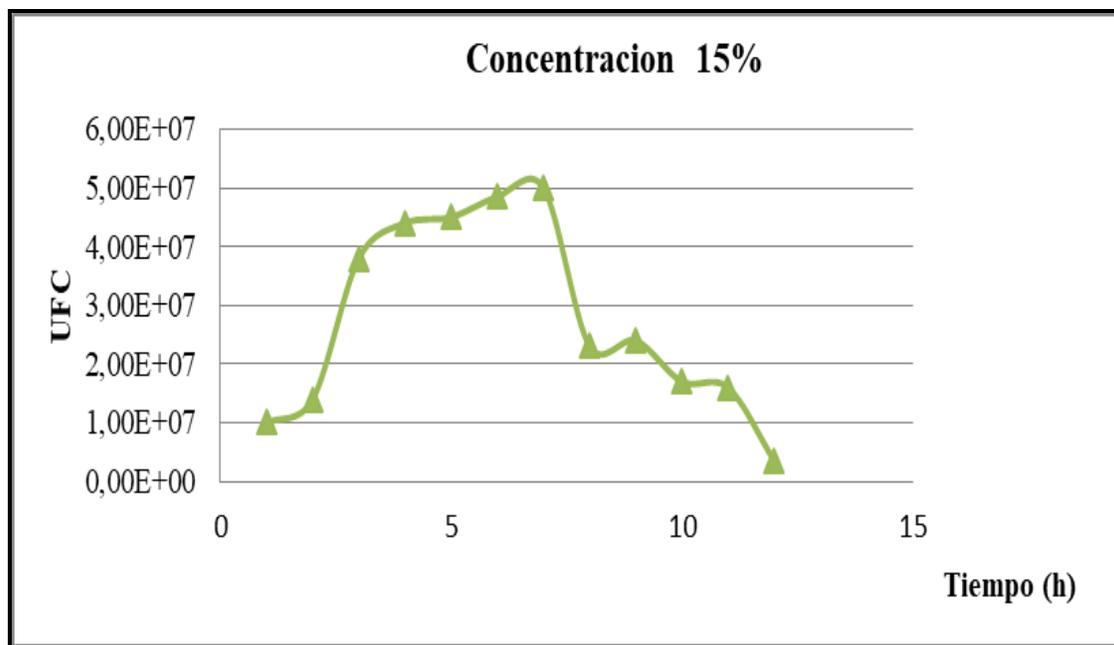


Figura 1. Concentración de Biomasa de *Lactobacillus casei* al 15% fresa (Ufc/ml) vs. Tiempo (h).

Asimismo, en la figura 2 se observa que la máxima concentración de biomasa usando como sustrato mango al 15% y al 20%, se lograron en un tiempo de 11 h con un rango cercano a $3,20 \times 10^7$ Ufc/ml. En este sentido, en la corrida experimental de 15%, la fase de adaptación se mantiene hasta la hora 2, para luego pasar a la fase de crecimiento exponencial hasta la hora 10 aproximadamente y la fase estacionaria se ubica entre la hora 10 y 11, mientras que para la concentración de 20% la fase de adaptación se acorta hasta la primera hora y la fase de crecimiento exponencial y estacionaria se ubican aproximadamente en el mismo rango que la corrida de 15%.

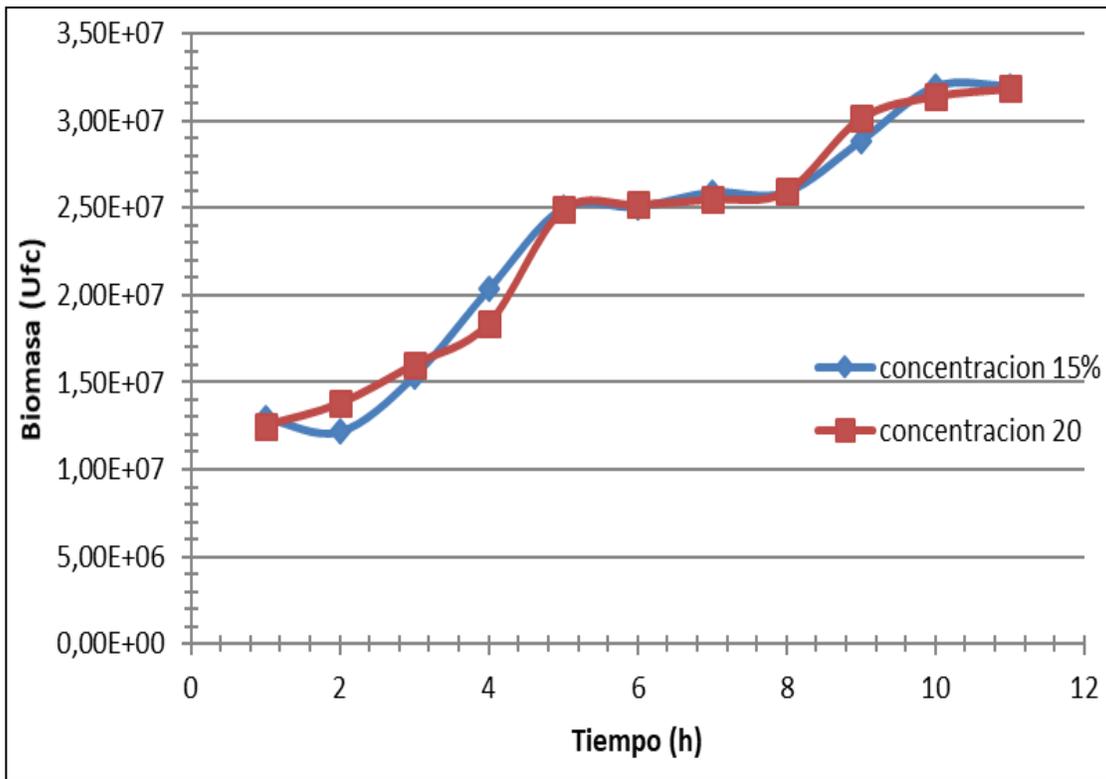


Figura 2. Concentración de Biomasa de *Lactobacillus casei* empleando el sustrato mango (15 y 20 %) (Ufc/ml) vs. Tiempo (h)

En lo que se refiere, al desarrollo del microorganismo en el sustrato lactosuero en la figura 3, se observa que la fase de adaptación se encuentra entre la hora 0 y 2 aproximadamente, con una fase de crecimiento exponencial entre las horas 2 y 9 reflejando para esta ultima una máxima producción de biomasa de $1,19 \times 10^9$ Ufc/ml, para luego dar inicio a la fase de declive o muerte entre la hora 9 y 12.

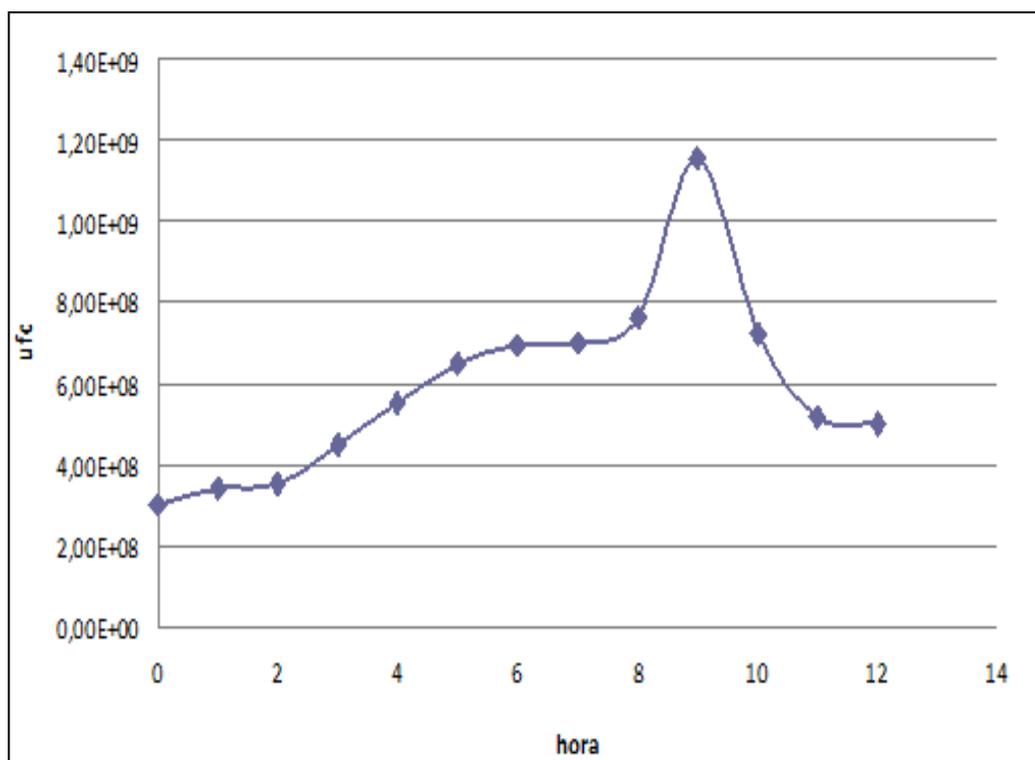


Figura 3. Concentración de Biomasa de *Lactobacillus casei* empleando lactosuero y 20% de sacarosa (Ufc/ml) vs. Tiempo (h)

Por su parte, en lo que respecta al crecimiento microbiano empleando *Garcinia madruno* se tomó como referencia lo descrito en Cravo (2020) donde al comparar 4 tratamientos a diferentes concentraciones observó que el tratamiento 9 que contenía 75 %

del sustrato enriquecido con 16 % de lactosa fue el que mostró la máxima concentración de biomasa con un valor de $1,30 \times 10^8$ Ufc/ml en un tiempo de 6 h.

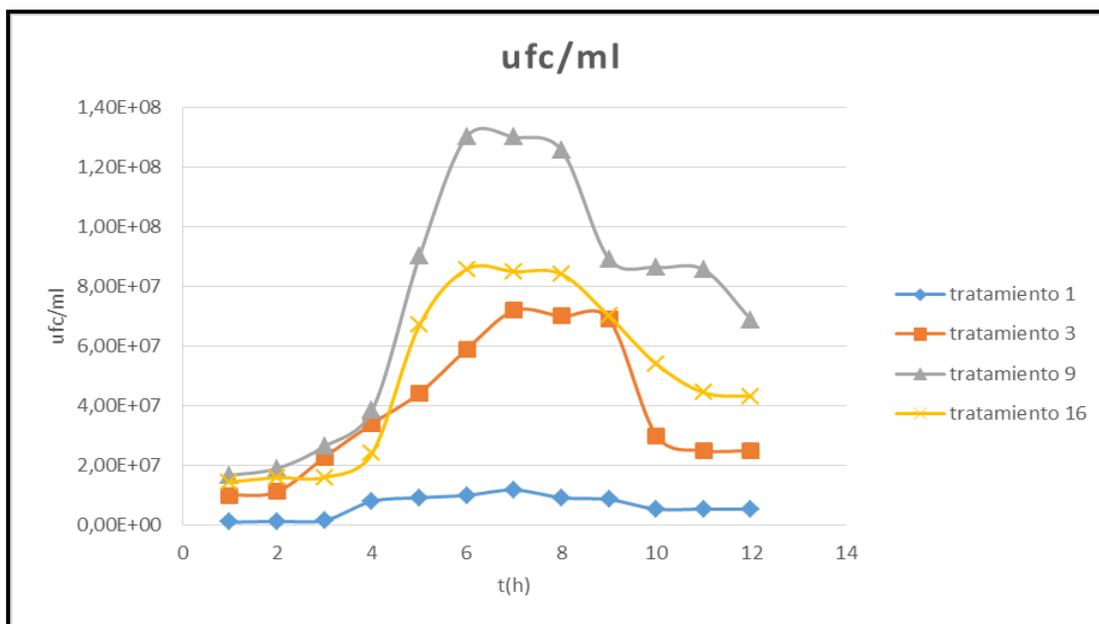


Figura 4. Concentración de Biomasa de *Lactobacillus casei* (Ufc/ml) con *Garcinia madruno* vs. Tiempo (h) para los tratamientos 1, 3, 9 y 16.

CONCLUSIONES

Luego de los resultados obtenidos se llegó a la conclusión de que todos los sustratos empleados mostraron evidencias significativas de su alta aplicabilidad dentro de proceso metabólico que realiza el *Lactobacillus casei*. Sin embargo, el lactosuero representa la mejor alternativa para el proceso de producción de este tipo de microorganismo, debido a que este subproducto de la industria láctea se encuentra en grandes cantidades luego del proceso de elaboración del queso y en la mayoría de los casos se desecha al ambiente provocando graves daños ambientales, pero que a lo largo de la investigación ha demostrado ser una fuente de nutrientes (proteínas solubles, lípidos, sales minerales, entre

otros) a bajo costo altamente aprovechable durante el desarrollo del *Lactobacillus casei* al reflejar la mayor producción de biomasa por el orden de $1,19 \times 10^9$ Ufc/ml en un lapso de 9 horas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Almenar, E. (2005). Envasado activo de fresas silvestres [Tesis doctoral]. Valencia-España: Universidad de Valencia. 286 p.
- Bergey, D.; Holt, J. (1994). Bergey's manual of determinative bacteriology. Ninth edition. Editorial Baltimore: Williams & Wilkins. 787 p.
- Barrazueta-Rojas, SG.; Yáñez-Tisalema, GD.; Mendoza-Zurita, GX.; Lara-Freire, ML. (2019). Uso y análisis químicos de distintos sustratos para el desarrollo de biomasa bacteriana. *Revista Ciencia Digital* 3(3.4): 152-166.
- Cárdenas-Coronel W. G., R. Vélez-dela Rocha, J. H. Siller-Cepeda, T. Osuna-Enciso, M. D. Muy-Rangel y J. A. Sañudo-Barajas (2012) Cambios en la composición de almidón, pectinas y hemicelulosa durante la maduración de mango (*Mangifera indica* cv. 'Kent'). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 18(1): 5-19.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) Norma 1337-90. (1990). Métodos para recuento de mohos y levaduras. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Ministerio de Fomento. Caracas, Venezuela. 1990. 6 p.
- COVENIN 1104:1996. (1996). Norma Venezolana 1104. Determinación de número más probable de coliformes, coliformes fecales y de *Echerichia coli*. 2da Revisión. Ministerio de Fomento. Caracas. Venezuela. p. 1 – 15.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) Norma 658-97. (1997). Determinación de Acidez Titulable para Leche y sus derivados. Pp: 1-2.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) Norma 370-97. (1997). Determinación de Proteínas para Leche y sus Derivados, Pp: 3-5.
- Cravo, G. (2013). Plan de calidad para la producción de biomasa de *Lactobacillus casei* usando como sustrato *Garcinia madruno*. Memorias de las XX Jornadas Técnicas de Creación Intelectual y IV de Postgrado. San Carlos, Venezuela. Octubre. Pp: 138-144.
- Cravo, G. (2020). Eficiencia del *Garcinia madruno* como sustrato en la producción efectiva de biomasa de *Lactobacillus casei*. Tesis Doctoral. Barquisimeto, Venezuela. 159 p.

- Crespo, LL. (2020). Contribución de la lógica difusa en la producción eficiente, eficaz y efectiva de levaduras del género *Saccharomyces boulardii*. Tesis Doctoral. Barquisimeto, Venezuela. 167 p
- Crisosto, C.; Mitchell, F. (2007). Factores pre cosecha que afectan la calidad de frutas y hortalizas, 3ra. Ed. California: University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. Pp. 55-62.
- Escobar, L.; Rojas, C.; Giraldo, G.; Sanabria, P. (2010). Evaluación del crecimiento de *Lactobacillus casei* y producción de ácido láctico usando como sustrato el suero de leche de vacuno. Rev. Invest. Univ, Vol. 20. Quindío. Armenia, Colombia. Pp: 42 - 49.
- Escalante, AV. "Influencia de un recubrimiento comestible a base de goma de tara (*Caesalpinia spinosa*) sobre la calidad de fresas (*Fragaria ananassa* cv. *Aromas*) [Tesis Ingeniería]. Lima-Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Industrias Alimentarias. 154 p.
- González, C.; Becerra, M.; Cháfer, M.; Albors, A.; Carot, Chiralt, A. (2002). Influence of substituting milk powder for whey powder on yoghurt quality. *Trends in Food Science y Technology*, Vol. 13, N°. 9-10. Pp: 334-340.
- González, B.A.; Domínguez-Espinosa, R.; Alcocer, B.R. (2008). Aloe vera como sustrato para el crecimiento de *Lactobacillus plantarum* y *L. casei*. *Revista Ciencia y Tecnología Alimentaria* (6)2: 152-157.
- Guerrero, W.; Gómez, C.; Castro, R.; González, C.; Santos, E. (2010). Caracterización fisicoquímica del lactosuero en El Valle de Tulancingo. XII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos, México. Guanajuato, México, Universidad de Guanajuato. Pp: 321-328.
- Ha, E.; Zemel, M. (2003). Functional properties of whey, whey components, and essential amino acids: mechanisms underlying health benefits for active people. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, Vol. 14. N°. 5. Pp: 251- 258.
- Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P. (2014). Metodología de la Investigación. Sexta Edición. D.F, México. Editorial McGraw-Hill. Pp: 196-214.
- Ibrahim, F.; Babiker, E.; Yousif, N.; Tinay, A. (2005). Effect of fermentation on biochemical and sensory characteristics of sorghum flour supplemented with whey protein. *Food Chemistry*, Vol. 92. N°. 2. Pp: 285-292.
- Linares, G.; Díaz, L.; Haro, R.; Puelles, J.; Arana, L.; Retto, P.; Ricce, C. (2015). Efecto de las diferentes proporciones de pulpa de frutas cítricas en la aceptabilidad sensorial de una bebida fermentada y proteica elaborada a partir de lactosuero residual. *Agroindustr. Sci.* Vol. 4. N°. 2. Pp: 65-73.

- Londoño, M.; Sepúlveda, J.; Hernández, A.; Parra, J. (2008). Bebida fermentada de suero de queso fresco inoculada con *Lactobacillus casei*. *Revista Facultad Nacional Agronomía Medellín*. Vol. 61. N°. 1. Pp: 4409-4421.
- Maldonado-Astudillo, YI.; Navarrete-García, HA.; Ortiz-Morales, ÓD.; Jiménez-Hernández, J.; Salazar-López, R.; Alia-Tejacal, I.; Álvarez-Fitz, P. (2016). Propiedades físicas, químicas y antioxidantes de variedades de mango crecidas en la Costa de Guerrero. *Revista Fitotecnia Mexicana* (39)3: 207-214.
- Madigan, M.; Martinko, J.; Parker, J. (2004). *Biología de los Microorganismos*. Prentice Hall, Madrid.
- Martínez, M.; Nieto, D.; Téliz, D.; Rodríguez, J.; Martínez, Ma.; Vaquera, H. y Carillo, O. (2008). Comparación Cualitativa de Fresas (*Fragaria ananassa Duch.*) de Cultivares Mexicanos y Estadounidenses. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 14(2): 113-119.
- Miranda, O.; Fonseca, P.; Ponce, I.; Cedeño, C.; Rivro, L.; Marti, L. (2007). Elaboración de una bebida fermentada a partir del suero de queso. Características Distintivas y Control de Calidad. *Rev. Cub. Alim. Nutr*, Vol. 17, N°. 2. Pp: 103-108.
- Olivas-Aguirre, F.J. (2014). Capacidad antioxidante, antiproliferativa y bioaccesibilidad de los compuestos fenólicos del mango (*Mangifera indica L. var. "Ataulfo"*): Estudios in vitro. Tesis de Maestría en Ciencias Químico Biológicas. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México. 99.
- Wall-Medrano, A.; Olivas-Aguirre, FJ.; Velderrain-Rodríguez, GR.; González-Aguilar, A.; De la Rosa, LA.; López-Díaz, JA.; Álvarez-Parrilla, E. (2015). *Revista Nutr Hosp.* 31(1): 67-75.

EFFECTOS DE LA HARINA DE AUYAMA COMO SUSTITUTO PARCIAL DE LA HARINA DE TRIGO EN UN ALIMENTO TIPO MASA REFRIGERADA

(EFFECTS OF AUYAMA FLOUR AS A PARTIAL SUBSTITUTE FOR WHEAT FLOUR IN A REFRIGERATED DOUGH-TYPE FOOD)

Tania Fuenmayor, William Zambrano-Herrera.

Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora” UNELLEZ. Programa Ciencias del Agro y del Mar. San Carlos-Estado Cojedes, Venezuela.

tania260295@gmail.com / williamz@unellez.edu.ve

Recibido: 31-01-2022/ Aceptado: 24-06-2022

RESUMEN

Esta investigación tuvo como propósito evaluar el efecto de la harina de auyama (HA) (*Cucúrbita moschata*) como sustituto parcial de la harina de trigo (HT) en la formulación de un producto tipo masa refrigerada (masa para pastelitos, masa para tequeños). Se empleó un diseño de tipo simplex rejilla, con dos factores experimentales X_1 : HT (%) y X_2 : HA (%) y 3 puntos centrales para un total de 11 tratamientos con 3 variables de respuesta Y_1 : Extensibilidad, Y_2 : Acidez Titulable Total, Y_3 : Cenizas. En los análisis de varianza de las respuestas medidas se encontraron efectos significativos y altamente significativos con un nivel de confianza de 95%. Los coeficientes de determinación R^2 explican que más del 80% de la variabilidad en Y_1 , Y_2 y Y_3 , del producto tipo masa refrigerada es afectado por los factores experimentales estudiados con los 3 niveles utilizados bajo las condiciones de control en que se realizó el experimento. Del estudio se concluye que, pese a que la HA es un ingrediente excelente para aportar color, la HT es determinante en las propiedades de extensibilidad, esponjosidad, viscoelasticidad y cohesividad de la masa.

Palabras clave: masa refrigerada, extensibilidad, harina de auyama.

ABSTRACT

The purpose of this research was to evaluate the effect of pumpkin flour (HA) (*Cucurbita moschata*) as a partial substitute for wheat flour (HT) in the formulation of a refrigerated dough-type product (dough for small cake, dough for small cheese pancake). A simplex grid type design was used, with two experimental factors X_1 : HT (%) and X_2 : HA (%) and 3 central points for a total of 11 treatments with 3 response variables Y_1 : Extensibility, Y_2 : Titratable Acidity Total, Y_3 : Ashes. In the analysis of variance of the measured responses, significant and highly significant effects were found with a confidence level of 95%. The determination coefficients R^2 explain that more than 80% of the variability in Y_1 , Y_2 and Y_3 of the refrigerated mass-type product is affected by the experimental factors studied with the 3 levels used under the control conditions in which the experiment was set up. The study concludes that, although HA is an excellent ingredient to add color, HT is decisive in the properties of extensibility, sponginess, viscoelasticity and cohesiveness of the dough, obtaining a desirability profile of 99.53% when it combines amounts of 71% HT and 29% HA, showing a maximum extensibility of 24 cm, acidity 0.45% and ash 2.38% in the refrigerated mass.

Keywords: refrigerated dough, extensibility, pumpkin flour.

INTRODUCCIÓN

En América Latina se dispone de una gran variedad de frutos, raíces y tubérculos utilizables como fuentes de nutrientes, los cuales actualmente no están siendo explotados con fines industriales, entre estos se encuentra la auyama (*Cucurbita moschata*), conocida también como calabaza, pertenece a la familia botánica de las cucurbitáceas. Las variedades de esta familia son múltiples y presenta diferencias en cuanto a tamaño, forma y color de fruto, grosor y textura de la pulpa, color y tamaño de la semilla y distintos beneficios desde el punto de vista nutricional.

Por su parte, las denominadas masas refrigeradas consisten en una masa que después se lamina y corta según la forma final del producto. Por su contenido de agua son productos frescos, perecederos, que deben conservarse bajo cadena de frío. Según la tecnología que se utilice para su elaboración se presentan como tapas de masa hojaldradas o tapas de masa tipo caseras o criollas. En ambos casos, a su vez, puede tratarse de discos (para pascualinas, empanadas o fatay) o de formas rectangulares (para hacer pastelitos o lasaña) o de rollos de

masa (usos varios). Por otra parte, la formulación de la masa, además de harina de trigo, y agua, puede contener salvado, materia grasa vegetal y aditivos (Lezcano, 2010).

En Venezuela, este tipo de masas está regulada de acuerdo a la Norma COVENIN 3191 (1995), se trata de una mezcla de harina de trigo, agua, grasa vegetal o animal, huevo (opcional) y cualquier otro aditivo de uso legal, sometida a procesos de amasado, laminado, corte y posteriormente congelada o refrigerada.

En este sentido, la investigación se enfocó en la utilización de la harina de auyama como materia prima alternativa en la formulación de ese tipo de producto masa refrigerada con la finalidad de diversificar el uso de este rubro como materia prima autóctona, y también disminuir costos de fabricación al emplear menor cantidad de harina de trigo por incorporación de harina de auyama obteniéndose un producto de igual o mejor calidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

La Tabla 1 muestra los equipos, instrumentos e implementos utilizados para elaborar el producto tipo masa refrigerada:

Tabla 1. Equipos, instrumentos e implementos

Balanza de precisión 0,1 mg	Cortadores de metal	Rodillo de madera
Cocina y olla (para calentar el agua).	Colador de plástico.	Bandeja de acero inoxidable.
Cuchillo de acero inoxidable.	Tijeras de acero inoxidable para cortar las bolsas plásticas.	Cucharas de acero inoxidable.
Bolsas plásticas.	Cilindro graduado plástico de 250 ml	Mesón de acero inoxidable.

Diseño, tipo, nivel de investigación.

La investigación desarrollada fue de tipo experimental, de campo, de nivel exploratorio (Palella y Martins, 2012), realizada bajo condiciones controladas; en el Laboratorio de Ingeniería y Tecnología de Alimentos (LITA) de la UNELLEZ San Carlos, Venezuela. Se trabajó con un diseño experimental simplex rejilla de tipo cuadrático, empleando como factores experimentales X_1 : Harina de Trigo (HT) y X_2 : Harina de Auyama (HA), midiendo tres respuestas: Y_1 : Extensibilidad de la masa, Y_2 : Acidez y Y_3 : Cenizas, generando una matriz con 10 tratamientos (Tabla 3).

Población

La población de la investigación estuvo formada por la HA (elaborada en el LITA) y la HT para la obtención del producto tipo masa refrigerada, los cuales fueron recolectados en el municipio San Rafael de Onoto, Estado Portuguesa, así como los demás ingredientes (agua, margarina, azúcar y sal).

Muestra

Las muestras son todas las porciones de masa refrigerada para un total de 200 g, que fueron sometidas a análisis en el laboratorio (LITA- UNELLEZ). Siendo esta la unidad experimental que indicó la matriz de tratamientos del diseño estadístico establecido.

Metodología de obtención de la harina de auyama (HA)

La HA se preparó según esquema tecnológico (Figura 1), en el LITA específicamente en el laboratorio de Agroindustria Vegetal II de la UNELLEZ, San Carlos estado Cojedes.

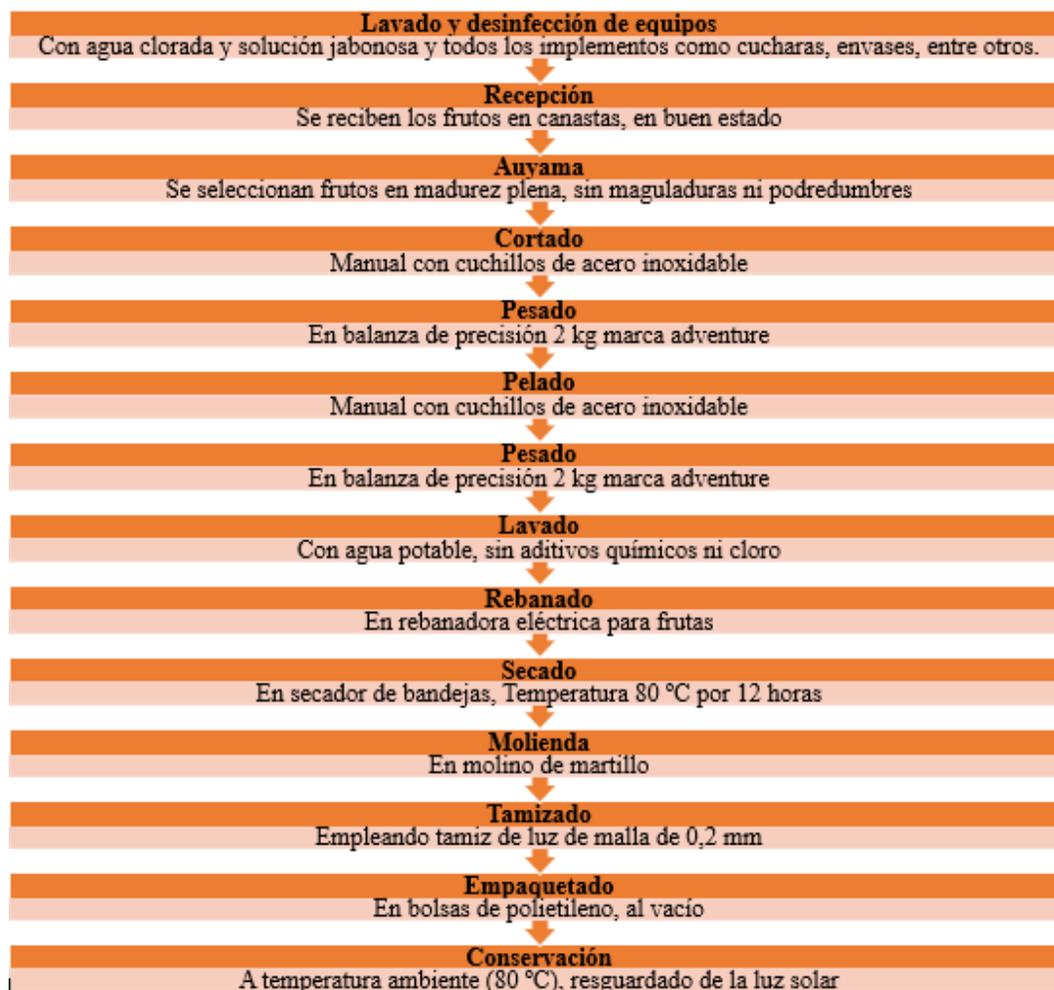


Figura 1. Esquema tecnológico de elaboración de harina de auyama.

Fuente: Autores (2019)

Metodología para la elaboración del producto tipo masa refrigerada.

La figura 2 muestra el esquema tecnológico para la elaboración del producto tipo masa refrigerada

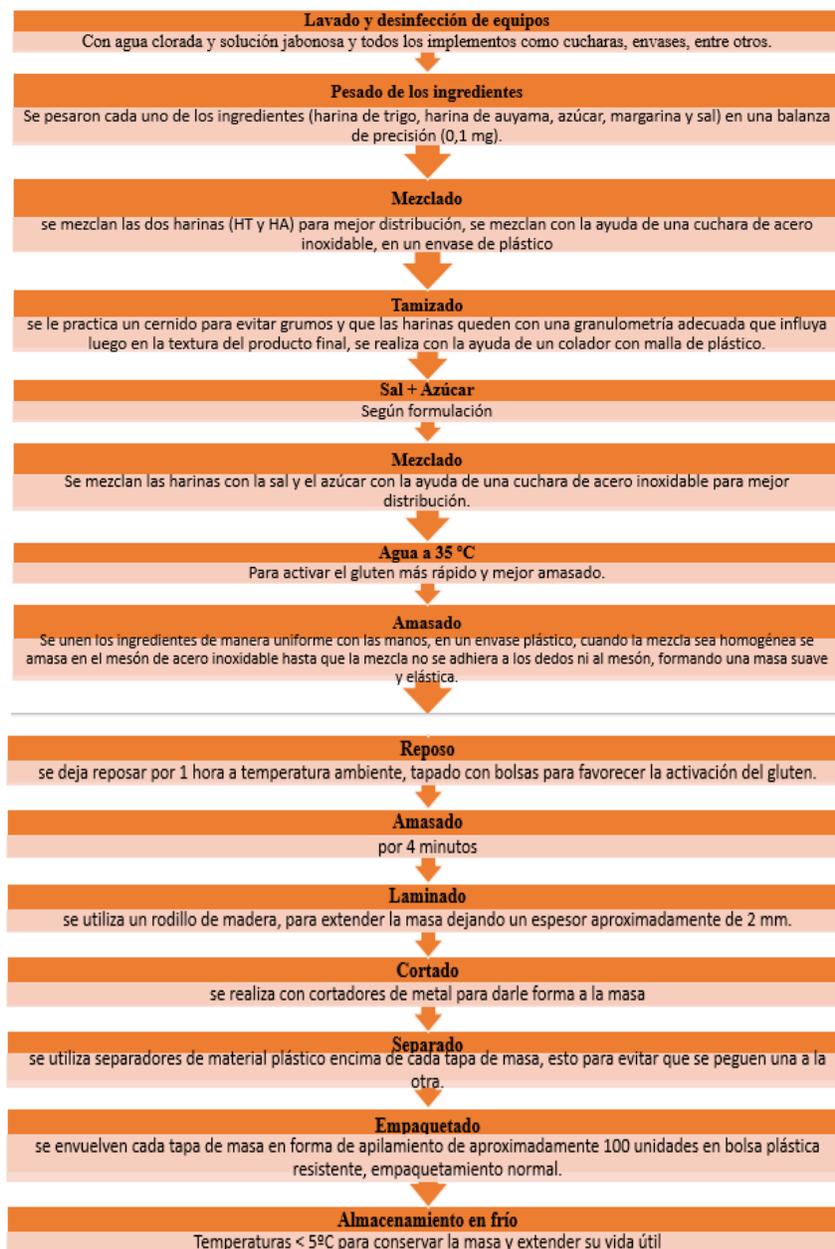


Figura 2. Esquema tecnológico de elaboración del producto tipo masa refrigerada.

Fuente: Autores (2019)

Formulación del producto tipo masa refrigerada

La Tabla 2 muestra las formulaciones establecidas en cada una de ellas, adaptando la mezcla de HT y HA al diseño experimental propuesto en la Tabla 1.

Tabla 2. Formulación de las masas refrigeradas

Ingredientes		%
Harinas	Trigo (HT)	72,10
	Auyama (HA)	
Margarina		3,60
Azúcar		1,80
Sal		0,87
Agua		21,63
		100%

Técnicas de recolección de datos

La evaluación tecnológica de las masas refrigeradas se analizó según los siguientes parámetros:

1. **Acidez Titulable Total:** Se determinó por el método de la norma COVENIN 1787 (1981) productos de cereales y leguminosas que consiste en pesar 5 gramos de la muestra y transferirlos a un matraz Erlenmeyer de 100 mililitros y agregarle 25 mililitros de alcohol etílico al 90% neutralizado, dejándose en reposo por 24 horas. Luego se toma una alícuota de 10 mililitros del líquido claro sobrenadante y se coloca en un matraz Erlenmeyer de 50 mililitros, se titula con la solución de hidróxido de sodio al 0,05 N, usando como indicador la solución de fenoltaleína.
2. **Cenizas:** Se determinó por el método de la norma COVENIN 1783-81, consiste en utilizar crisoles previamente secado y tarado, se pesan de 3 a 5 gramos de la muestra, se carboniza y se coloca en la mufla a una temperatura de 550°C, hasta obtener cenizas de un color gris claro o peso constante, aproximadamente de 16 a 18 horas. Evitando que la ceniza se funda, el crisol con la muestra se saca de la mufla, se transfiere al desecador y se pesa tan pronto haya alcanzado la temperatura ambiente.
3. **Extensibilidad de la masa:** Se determinó por un método inédito en esta investigación, que consiste en tomar 10 grs de masa, generando una forma

redondeada y colocarlo sobre una superficie plana y lisa, extendiéndola con un rodillo hasta que la masa alcance su límite elástico (cuando ya no muestre extensibilidad alguna) y se procede a medir con una regla o cinta métrica la longitud total de la extensión en cm.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 3 se muestra la matriz de diseño con los resultados de los análisis del diseño experimental de las propiedades tecnológicas del producto tipo masa refrigerada en cuanto a extensibilidad, cenizas y acidez.

Tabla 3. Matriz de diseño experimental, de mezclas simplex rejilla, de tipo cuadrático con 10 unidades experimentales a 3 niveles cada variable de estudio.

Trat.	X ₁ : Harina de trigo		X ₂ : Harina de auyama (%)		Y ₁ : Extensibilida d (cm)	Y ₂ : Acidez (%)	Y ₃ : Cenizas (%)
	Cod.	Nat (%)	Cod.	Nat (%)			
1	0,5	70	0,5	30	24,2	0,47	2,40
2	1	80	0	20	26,9	0,36	2,31
3	0	60	1	40	21,1	0,58	2,97
4	1	80	0	20	25,8	0,37	2,05
5	0,5	70	0,5	30	23,3	0,45	2,51
6	0	60	1	40	21,7	0,55	2,99
7	1	80	0	20	26,3	0,31	2,13
8	0,5	70	0,5	30	23,8	0,48	2,37
9	0	60	1	40	20,9	0,49	2,92
10	1	80	0	20	26,5	0,34	2,20

Fuente: Autores (2019).

Los resultados relevantes vienen dados por la máxima extensibilidad (26,9 cm) que se obtuvo en el tratamiento número 2 representados por las cantidades (80% HT y 20% HA), Esto se debe a las propiedades elásticas de la harina de trigo que se las confiere las proteínas del gluten (glutenina y las prolaminas), es por ello que mientras más harina de trigo se agregue mejor será el efecto elástico y el comportamiento extensible de la masa refrigerada, es por ello que en el tratamiento número 9 representado por las cantidades

(60% HT y 40% HA), puede evidenciarse que mientras disminuye la harina de trigo y aumenta las cantidades de harina de auyama la extensibilidad es mínima (20,9 cm), lo que es indicativo que el mayor efecto extensible es provocado por la harina de trigo.

En cuanto a la acidez los mejores resultados obtenidos de los tratamientos arrojaron el menor valor en el tratamiento numero 2 representado por las cantidades (80% HT y 20% HA) siendo este 0,36%, y el mayor valor se presentó en el tratamiento numero 3 representado por las cantidades (60% HT y 40% HA) siendo este de 0,58%, debido principalmente al ácido málico contenido en la HA (Zaccari *et al.*, 2014), por tanto, mientras mayor sea la proporción de esta en la mezcla, la acidez también irá en aumento.

Por otra parte, el contenido total de minerales se expresa como porcentaje en cenizas. La proporción de cenizas se ubica generalmente entre el 0,1% hasta un 5% sobre peso fresco. En este estudio se obtuvieron valores comprendidos entre el 2,05% y el 2,99%, según las diferentes de HT y HA añadidos. Los resultados favorables para las cenizas vienen dados por el tratamiento numero 6 representado por las cantidades (60% HT y 40% HA), siendo este 2,99%. Lo que es indicativo que el alto contenido de materia mineral en esta muestra viene dado en gran parte por los minerales predominantes en la auyama siendo estos K, Ca, Mg, P entre otros, mientras que el nivel más bajo en el contenido de cenizas se presentó en el tratamiento numero 4 representado por las cantidades de 80% HT y 20% HA. La HT es rica en minerales como K, P, Mg y Ca (Demodaran *et. al.*, 2010). Se concluye entonces que mientras más cantidad de HA en la mezcla mayor será el contenido de cenizas.

Efectos sobre la extensibilidad de la masa.

En la Tabla 4 se muestra el análisis de varianza (ANAVAR) para la extensibilidad de la masa, el análisis de varianza para la respuesta extensibilidad en el producto tipo masa refrigerada, observándose que entre los términos de la regresión solo se observa efecto altamente significativo en X_1 , indicando que a medida que se aumenta la cantidad de HT aumenta los efectos positivos sobre la extensibilidad del producto, mientras que la variable

independiente X_2 no tuvo efecto significativo en la extensibilidad de la masa. Este comportamiento era esperado, porque las gluteninas presentes en el trigo junto con los lípidos y el agua forman el llamado gluten, responsable de las propiedades de cohesividad y de viscoelasticidad de la masa (Badui, 2006). Por su parte, el coeficiente de determinación R^2 explica que el 97,06% de la variabilidad en la respuesta extensibilidad es afectada por los factores experimentales X_1 y X_2 , con los tres niveles utilizados, bajo las condiciones en que se montó el experimento. Según Chacín (2000), un coeficiente R^2 mayor o igual al 80% se considera con buen ajuste del modelo.

Tabla 4. Análisis de varianza (ANOVA) de la respuesta extensibilidad.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	F-Ratio	P-Valor
Modelo Cuadrático	45,6642	2	22,8321	115,75	0,00001**
Error total	1,38083	7	0,197262		

Estimaciones de parámetros para extensibilidad.

termino	Estimaciones	Error std	T- Ratio	p-valor
X_1	0,3150129	0,005152	61,14	<.0001**
X_2	0,0571796	0,013295	4,30	0,0036*
$X_1 * X_1$	0,000375	0,003074	0,12	0,9063n.s
$X_1 * X_2$	0	0	.	
$X_2 * X_2$	0	0		

Total (corr.) 47,0459

$R^2 = 97,06 \%$

$R^2(\text{ajustado para g.l.}) = 96,22\%$

Efectos sobre la ATT

La Tabla 5 muestra el ANOVA de la respuesta acidez, donde la regresión y los tratamientos tienen valores de p inferiores 0,05 y 0,01 respectivamente, indicando que los factores experimentales X_1 y X_2 tienen efecto significativo sobre la acidez, con un nivel de confianza de 95%. En cuanto a los términos de la regresión X_2 es altamente significativo y X_1 es poco significativo, por lo tanto el factor X_2 , indica que es el responsable en gran

medida de la alta o baja acidez según la proporción en la que se emplee. El coeficiente de determinación R^2 explica que el 90,97% de la variabilidad en la respuesta acidez es afectada por los factores experimentales X_1 y X_2 , con los tres niveles utilizados, bajo las condiciones en que se montó el experimento.

Tabla 5. Análisis de varianza (ANOVA) de la respuesta acidez.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	F-Ratio	P-Valor
Modelo Cuadrático	0,0682333	2	0,0341167	35,29	0,00002*
Error total	0,00676667	7	0,000966667		

Total (corr.)0,0759
 $R^2 = 90,97\%$
 R^2 (ajustado para g.l.) = 88,4 %
 Estimaciones de parámetros para acidez.

termino	Estimaciones	Error std	T- Ratio	p-valor
X_1	0,0015991	0,000361	4,43	0,0030*
X_2	0,0118324	0,000931	12,71	<0,0001**
$X_1 * X_1$	-0,000242	0,000215	-1,12	0,2985
$X_1 * X_2$	0	0		
$X_2 * X_2$	0	0		

Efectos sobre el contenido de cenizas de la masa.

En la Tabla 6 se presenta el ANOVA de la respuesta cenizas donde la regresión y los tratamientos tienen valores de p inferiores a 0,01 y 0,05, indicando que los factores experimentales X_1 y X_2 tienen efecto altamente significativo sobre la variabilidad de cenizas en la masa, con un nivel de confianza de 95%. En cuanto a los términos de la regresión se observa que tanto la HA como la HT tienen efectos estadísticos altamente significativos con $p < 0,01$. Por otra parte, el R^2 explica que el 95,57% de la variabilidad en la respuesta cenizas, es afectada por los factores experimentales HT(%) y HA(%), con los 3 niveles utilizados, bajo las condiciones de control local en que se montó el experimento, según

Chacín (2000) los modelos que predicen más de un 80% se consideran con buena bondad de ajuste.

Tabla 6. Análisis de varianza (ANOVA) de la respuesta ceniza.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	F-Ratio	P-Valor
Modelo Cuadrático	1,07771	2	0,538854	75,53	0,00001**
Error total	0,0499417	7	0,00713452		
Total (corr.) 1,12765 9					
$R^2 = 95,57\%$					
R^2 (ajustado para g.l.) = 94,31%					
Estimaciones de parámetros para ceniza.					
termino	Estimaciones	Error std	T- Ratio	p-valor	
X ₁	0,0132777	0,00098	13,55	<.0001**	
X ₂	0,049861	0,002528	19,72	<.0001**	
X ₁ *X ₁	0,0013958	0,000585	2,39	0,0484*	
X ₁ *X ₂	0	0		.	
X ₂ *X ₂	0	0			

CONCLUSIONES

La incorporación de la harina experimental (HA) mostró muy poca incidencia en todas las etapas de preparación del producto tipo masa refrigerada en comparación con el producto estándar. Asimismo, el modelo seleccionado presentó un buen ajuste para las tres respuestas; extensibilidad, acidez y cenizas. La respuesta extensibilidad presentó un efecto altamente significativo en la variable X₁(HT), lo cual indicó que a medida que se incrementa la cantidad de dicho factor también se incrementan los efectos positivos sobre la extensibilidad del producto, mientras que el factor (HA) no tuvo efecto significativo en la variabilidad de la respuesta Y₁.

Por su parte, para la respuesta acidez en cuanto a los términos de la regresión X₂ (HA) es altamente significativo y X₁ (HT) es poco significativo, indicando que la HA incrementa

el contenido de ácido en la masa, lo cual no resulta adecuado sensorialmente en un producto de este tipo. Finalmente, ambos factores presentan efecto sobre el contenido de cenizas de la masa, siendo satisfactorio por el contenido de minerales que pueda aportar a la dieta. Por su parte, dado el comportamiento de todos los factores estudiados, resulta conveniente mantener una alta proporción de HT en la mezcla y una baja proporción de HA, esto con el fin de favorecer la extensibilidad de la masa y el contenido de cenizas y en detrimento de la acidez que aporte la HA.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Badui, S. (2006). *Química de los Alimentos*. Cuarta Edición. México: Pearson Educacion.
- Chacín, F, (2000). *Diseño y análisis de experimentos*. Ediciones del Vicerrectorado académico. Universidad Central de Venezuela. Caracas; Venezuela.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales, COVENIN (1981). *Productos de cereales y leguminosas: Determinación de acidez titulable*. Norma venezolana. Covenin 1781:1981. Fondonorma. Caracas.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales, COVENIN (1981). *Productos de cereales y leguminosas: Determinación de cenizas*. Norma venezolana. Covenin 1783:1981. Fondonorma. Caracas.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales, COVENIN (1995). *Masa congelada o refrigerada a base de harina de trigo*. Norma venezolana. Covenin 3191:1995. Fondonorma. Caracas.
- Damodaran, S., Parkin, K. y Fennema, O. (2010). *Fennema Química de los Alimentos*. 3^a Edición. México: Acribia
- Lezcano, E. 2010. *Discos de masa*. *Alimentos Argentinos* [artículo en línea]. En: http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/revista/ediciones/50/productos/r50_03_DiscosMasa.pdf
- Zaccari, F. , Galeazzi, D. y Rahi, V. 2015. Efecto del tiempo de almacenamiento en condiciones controladas de Temperatura sobre atributos físicos y químicos de zapallos “tipo Kabutia” (cucurbita maximax cucúrbita moschata). *Revista iberoamericana de tecnología postcosecha*, vol. 16, núm. 1, 2015, pp. 114-120. Asociación iberoamericana de tecnología postcosecha, s.c. Hermosillo, México