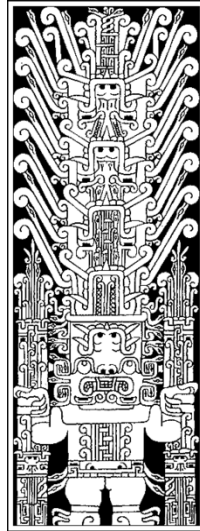


UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



TESIS

**“OPTIMIZACIÓN DEL CONTENIDO DE ÁCIDO ASCÓRBICO EN LA APLICACIÓN
DE MÉTODOS COMBINADOS DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA Y SECADO
CONVECTIVO PARA LA OBTENCIÓN DE AGUAYMANTO (*Physalis peruviana*)
DESHIDRATADO”**

PRESENTADO POR

BACH. HENRY ALCIBIADES OBREGÓN TINOCO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL

ASESOR:

DR. JORGE LÁZARO FRANCO MEDINA

LIMA - PERU

2016

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	3
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	5
1.2.1 Problema Principal	5
1.2.2 Problemas Secundarios	5
1.3 OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN.....	6
1.3.1 Objetivos Generales.....	6
1.3.2 Objetivos Específicos.....	6
1.4 IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN	7
1.4.1 Importancia	7
1.4.2 Justificación	8
1.5 FACTIBILIDAD Y VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	9
CAPÍTULO II	10
MARCO TEÓRICO	10
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	10
2.2 BASES TEÓRICAS	13
2.2.1 Aguaymanto (physalis peruviana)	13
2.2.2 Ácido Ascórbico	21
2.2.3 Deshidratación Osmótica de alimentos	27
2.2.4 Secado Convectivo	33
2.2.5 Método Taguchi	36
2.2.6 Método de Superficie de Respuesta	55
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	60

CAPÍTULO III	62
HIPÓTESIS Y VARIABLES	62
3.1 HIPÓTESIS GENERAL	62
3.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	62
3.3 DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES	63
3.3.1 Variables Independientes	63
3.3.2 Variables Dependientes.	63
3.4 DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES.....	64
CAPÍTULO IV	65
METODOLOGÍA	65
4.1 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	65
4.1.1 Tipo.....	65
4.1.2 Nivel.....	65
4.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	66
4.2.1 Caracterización de la Materia Prima	66
4.2.2 Determinación de factores que influyen en la retención del ácido ascórbico durante el proceso de obtención de aguaymanto deshidratado.	66
4.2.3 Optimización del contenido de ácido ascórbico en la obtención del aguaymanto deshidratado.....	69
4.2.4 Caracterización del Producto Final.....	69
4.3 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	71
4.3.1 Población	71
4.3.2 Muestra.....	71
4.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	72
4.4.1 Descripción de las técnicas e instrumentos.....	72
4.4.2 Validación de los instrumentos.....	74
4.5 TÉCNICAS ESTADÍSTICAS DE ANÁLISIS DE DATOS.....	76

CAPÍTULO V	78
RESULTADOS	78
5.1 RESULTADO DE LA INVESTIGACIÓN.....	78
5.1.1 Análisis Proximal de la Materia Prima	78
5.1.2 Características Físicas de la Materia Prima	79
5.1.3 Análisis Microbiológico de la Materia Prima	79
5.1.4 Determinación de los factores ($p < 0,05$) que influyen en la retención del ácido ascórbico del aguaymanto deshidratado por procesos combinados (Deshidratación Osmótica y Secado Convectivo) aplicando Metodología Taguchi.....	80
5.1.5 Optimización del contenido de ácido ascórbico en la elaboración de aguaymanto deshidratado por métodos combinados (Deshidratación Osmótica y Secado Convectivo)	87
5.1.6 Análisis Físico-Químico del Producto Terminado	93
5.1.7 Análisis Microbiológico.....	94
5.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS	95
5.2.1 Análisis Proximal de la Materia Prima	95
5.2.2 Características Físicas de la Materia Prima	97
5.2.3 Análisis Microbiológico de la Materia Prima	98
5.2.4 Determinación de los factores ($p < 0,05$) que influyen en la retención del ácido ascórbico durante la deshidratación osmótica	98
5.2.5 Optimización del contenido de ácido ascórbico en la elaboración de aguaymanto deshidratado por métodos combinados (Deshidratación Osmótica y Secado Convectivo)	100
5.2.6 Análisis Físico-Químico del Producto Terminado	104
5.2.7 Análisis Microbiológico del Producto Terminado	104
5.3 PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	105
5.4 DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	106

CAPÍTULO VI	108
CONCLUSIONES	108
CAPÍTULO VI	109
RECOMENDACIONES	109
CAPÍTULO VII	110
BIBLIOGRAFÍA	110

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: Clasificación taxonómica del aguaymanto	14
TABLA 2: Contenido nutricional del aguaymanto por 100g de parte comestible.....	17
TABLA 3: Valor nutricional comparativo del aguaymanto con otras frutas.....	18
TABLA 4: Áreas prioritarias en el Perú	20
TABLA 5: Factor señal/ruido	45
TABLA 6: Factores y sus niveles considerados en un experimento de ensamble de válvula de vacío.....	49
TABLA 7: Arreglo ortogonal L8 (2^7).....	49
TABLA 8: Arreglo ortogonal L12 (2^{12}).....	50
TABLA 9: Arreglo ortogonal L16 (2^{16}).....	51
TABLA 10: Fortalezas y debilidades de los métodos tradicionales y taguchi.....	54
TABLA 11: Definición de variables dependientes e independientes	64
TABLA 12: Factores y niveles en el diseño experimental taguchi L8 (2^5) aplicado a la retención de ácido ascórbico en la deshidratación osmótica.....	67
TABLA 13: Distribución de factores y niveles en el arreglo ortogonal taguchi L8 (2^5)..	77
TABLA 14: Composición físico-química del aguaymanto (physalis peruviana) por 100 g de parte comestible.....	78
TABLA 15: Características físicas de aguaymanto (physalis peruviana) para la obtención de un producto deshidratado	79
TABLA 16: Carga microbiana en el aguaymanto fresco (materia prima).	79
TABLA 17: Tratamientos según diseño experimental taguchi L8(2^5) y resultados de concentración de ácido ascórbico	82
TABLA 18: Análisis de varianza de medias en el diseño experimental taguchi L8(2^5)...	84
TABLA 19: Coeficientes de modelos estimados para medias en el diseño experimental taguchi L8 (2^5)	85
TABLA 20: Tabla de respuesta para medias en el diseño experimental taguchi L8(2^5)	86
TABLA 21: Niveles de factores a variar para la optimización de la retención de ácido ascórbico en el aguaymanto deshidratado.....	88

TABLA 22: Arreglo factorial $3^2 \times 2$ empleado para la metodología de superficie de respuesta.....	88
TABLA 23: Arreglo factorial $3^2 \times 2$ empleado para la metodología de superficie de respuesta.....	89
TABLA 24: Análisis de varianza de la optimización del contenido de ácido ascórbico aplicando superficie de respuesta.....	92
TABLA 25: Optimización de las variables de respuesta – optimización del contenido de ácido ascórbico.....	92
TABLA 26: Niveles óptimos obtenidos mediante superficie de respuesta	92
TABLA 27: Análisis físico-químico del aguaymanto deshidratado	93
TABLA 28: Resultados de análisis microbiológico en el aguaymanto deshidratado	94
TABLA 29: Efectos obtenidos por los factores y sus niveles bajo condiciones óptimas aplicando el diseño de experimental taguchi L8 (2^5)	100
TABLA 30: Tratamientos que optimizan el contenido de ácido ascórbico en el proceso de elaboración de aguaymanto deshidratado aplicando superficie de respuesta.....	102

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Aguaymanto (<i>physalis peruviana</i>).....	15
FIGURA 2: Planta, cáliz y fruto del aguaymanto	15
FIGURA 3: Degradación del ácido ascórbico	23
FIGURA 4: Transferencia de materia en la deshidratación osmótica	28
FIGURA 5: Reducción de la variabilidad utilizando relación no lineal	39
FIGURA 6: Nominal es mejor	44
FIGURA 7: Menor es mejor	44
FIGURA 8: Mayor es mejor	45
FIGURA 9: Análisis de gráficas factoriales	46
FIGURA 10: Superficie de respuesta para los factores temperatura y tiempo y la respuesta rendimiento (modelo lineal)	57
FIGURA 11: Curvas de nivel para los factores temperatura y tiempo y la respuesta rendimiento (modelo lineal).....	57
FIGURA 12: Superficie de respuesta para los factores temperatura y tiempo y la respuesta rendimiento (modelo de segundo orden)	58
FIGURA 13: Curvas de nivel para los factores temperatura y tiempo y la respuesta rendimiento.....	58
FIGURA 14: Diagrama experimental del estudio.....	70
FIGURA 15: Valor señal / ruido de cada factor evaluada para maximizar la retención de ácido ascórbico aplicando taguchi $L_8 (2^5)$	83
FIGURA 16: Superficie de respuesta–optimización del contenido de ácido ascórbico	90
FIGURA 17: Curvas de nivel de la superficie de respuesta - optimización del contenido de ácido ascórbico	91
FIGURA 18: Diagrama de flujo para la elaboración de aguaymanto deshidratado obtenido por deshidratación osmótica y secado convectivo optimizando el contenido de ácido ascórbico.....	103

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Resumen de la norma técnica colombiana NTC 4580	i
ANEXO 2: Características del aguaymanto en diferentes categorías.....	ix
ANEXO 3: Características del aguaymanto con diferentes calibres	x
ANEXO 4: Características del aguaymanto en diferentes estados de madurez	x
ANEXO 5: Diagrama de flujo de las actividades pre-operativas en el desarrollo de la investigación	xi
ANEXO 6: Diagrama de flujo para la obtención de aguaymanto deshidratado.....	xii
ANEXO 7: Cuestionario para selección individual de cada experto.....	xiii
ANEXO 8: Clasificación de expertos para validación	xiv
ANEXO 9: Tabla de matriz de frecuencias para validación	xiv
ANEXO 10: Tabla de matriz de frecuencias acumulativas	xv
ANEXO 11: Tabla de análisis de puntos de corte	xvi
ANEXO 12: Resultados de la categorización para la validación de los instrumentos .	xvii