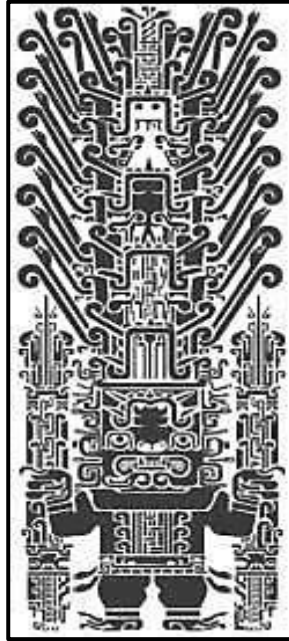


UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL

FACULTAD DE OCEANOGRAFÍA, PESQUERÍA, CIENCIAS
ALIMENTARIAS Y ACUICULTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ALIMENTARIA



TESIS

"APLICACIÓN DEL MÉTODO DE TAGUCHI Y SUPERFICIE DE
RESPUESTA PARA LA OBTENCIÓN DE LA FORMULACIÓN ÓPTIMA DE
UN HOT DOG DE PAVO UTILIZANDO HARINA DE TARWI

(Lupinus mutabilis Sweet)"

Presentado por la bachiller:

EVELIN YESSICA SANTIAGO CHÁVEZ

Para optar al título profesional de:

INGENIERO ALIMENTARIO

**LIMA – PERÚ
2016**

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CONTENIDO	I
ÍNDICE DE TABLAS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE ANEXOS	X
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo General	3
2.2 Objetivos Específicos	3
III. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	3
IV. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
4.1 Antecedentes	5
4.2 Generalidades de los Embutidos	9
4.2.1 Definición de Embutidos	9
4.2.2 Clasificación	10
4.2.2.1 Embutidos crudos	10
4.2.2.2 Embutidos cocidos	11
4.2.2.3 Embutidos escaldados	11
4.3 Generalidades del Producto	12
4.3.1 Definición de Salchicha tipo Viena o Hot dog:.....	12
4.3.2 Emulsión base de los embutidos.....	13
4.3.3 Factores que afectan la estabilidad de la emulsión.....	14
4.3.4 Ingredientes fundamentales en la elaboración de Hot dog	16
4.3.4.1 Carne	16
4.3.4.2 Grasa.....	24
4.3.4.3 Funciones de los ingredientes no cárnicos	25
4.3.4.4 Especias.....	29
4.3.4.5 Tripas naturales y/o artificiales	30
4.3.5 Defectos de los Embutidos Escaldados	32
4.3.5.1 Defectos de coloración	32
4.3.5.2 Defectos de aspectos	33

4.3.5.3	Otros defectos.....	33
4.3.6	Industria de los Embutidos en el Perú	34
4.3.6.1	Producción nacional	34
4.3.6.2	Empresas productoras	34
4.4	Tarwi (<i>Lupinus mutabilis Sweet</i>)	35
4.4.1	Generalidades	35
4.4.2	Clasificación taxonómica y nombres comunes	36
4.4.3	Revisión Genética.....	38
4.4.4	Descripción Botánica.....	39
4.4.5	Ecología – Aspectos agrónomos	43
4.4.5.1	Requerimiento Climático	43
4.4.5.2	Requerimiento de Suelo	44
4.4.5.3	Rotación de cultivo y Siembra	45
4.4.5.4	Fertilización y abonamiento	46
4.4.5.5	Control de plagas.....	46
4.4.5.6	Control de enfermedades.....	48
4.4.6	Composición química y Valor nutricional	49
4.5	Alcaloides del Tarwi	56
4.5.1	Generalidades	56
4.5.2	Características y propiedades	56
4.5.3	Aplicación de los alcaloides	56
4.5.4	Alcaloides quinolizidínicos	57
4.6	Toxicidad de los alcaloides	60
4.7	Eliminación de alcaloides	61
4.7.1	Desamargado tradicional	61
4.8	Propiedades y usos de las semillas de lupinus	63
4.8.1	Consumo humano	63
4.8.2	Usos industrial	64
4.8.3	Uso medicinal	66
4.9	Aspectos comerciales.....	67
4.9.1	Producción y sembrado de Tarwi (<i>Lupinus mutabilis sweet</i>).....	67
4.9.2	Escenario mundial y su potencial para la exportación	73
4.10	Optimización de Procesos.....	75

4.10.1	Calidad.....	75
4.10.2	Innovación y Nuevos Productos	76
4.10.3	Planificación, diseño y desarrollo de productos y procesos:	77
4.10.4	Diseño de experimentos (DOE).....	79
4.10.4.1	Definiciones básicas en el Diseño de Experimentos.....	79
4.10.4.2	Aplicaciones típicas del Diseño de Experimentos	81
4.10.4.3	Clasificación y selección de los Diseños Experimentales.....	81
4.10.5	Metodología de Taguchi	83
4.10.5.1	Introducción al Diseño Robusto (Taguchi)	83
4.10.5.2	Filosofía de Taguchi.....	83
4.10.5.3	Concepto de Robustez.....	85
4.10.5.4	Calidad a través del diseño.....	85
4.10.5.5	Factor control, ruido y señal.....	86
4.10.5.6	Función perdida.....	88
4.10.5.7	Arreglos Ortogonales	93
4.10.5.8	Diseño de parámetros	95
4.10.5.9	Aplicación de la metodología de Taguchi.....	96
4.10.6	Comparación entre los Diseños Clásicos y los Métodos de Taguchi	97
	Fuente: Yacuzzi <i>et al.</i> , (2005)	98
4.10.7	Metodología de Superficie de Respuesta.....	98
4.10.7.1	Región experimental y región de operatividad	98
4.10.7.2	Elemento de la Metodología de Superficie de Respuesta	100
4.10.7.3	Diseño de Superficie de Respuesta	101
4.10.7.4	Análisis de una Superficie de Respuesta de Segundo Orden.....	103
4.10.7.5	Diseño de composición central (DCC).....	103
4.11	Análisis sensorial	105
4.11.1	Definición e importancia	105
4.11.2	Funcionamiento de un panel de evaluación sensorial	106
4.11.2.1	Los panelistas	106
4.11.2.2	Procedimiento para la formación de panelistas.....	106
4.11.3	Pruebas sensoriales	109
4.11.3.1	Prueba de comparaciones múltiples	109
4.11.3.2	Clasificación con escalas no estructuradas.....	110

4.11.3.3	Prueba de aceptación	111
V.	METODOLOGÍA.....	112
5.1	Lugar de investigación.....	112
5.2	Materiales y métodos	112
5.2.1	Materia Prima	112
5.2.2	Insumos y/o aditivos.....	112
5.2.3	Materiales	113
5.2.4	Equipos	113
5.3	Métodos de análisis.....	114
5.3.1	Análisis Estadístico	114
5.3.2	Composición Química	114
5.4	Metodología experimental	114
5.4.1	Etapa I: Planificación.....	114
5.4.1.1	Factores dependientes:	115
5.4.1.2	Factores independientes:	115
5.4.1.3	Porcentaje de sustitución de almidón de papa por harina de tarwi	115
5.4.2	Etapa II: Exploración.....	117
5.4.3	Etapa III: Optimización	118
5.4.4	Etapa IV: Prueba de aceptación.....	118
5.4.4.1	Elaboración de la formulación optimizada.....	118
5.4.4.2	Evaluación sensorial de producto optimizado.....	123
5.4.4.3	Composición química.....	124
5.4.4.4	Balance de Materia y Energía	124
5.4.4.5	Evaluación de costos del producto para su comercialización	125
5.5	Diseño experimental	125
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	126
6.1.	Etapa I: Planificación.....	126
6.1.1.	Reconocimiento de los Factores Dependientes	126
6.1.2.	Reconocimiento de los Factores Independientes.....	126
6.1.3.	Porcentaje de sustitución de almidón de papa por harina de tarwi.....	126
6.2.	Etapa II: Exploración	129
6.3.	Etapa III: Optimización	131
6.4.	Etapa IV: Prueba de Aceptación.....	137

6.4.1.	Evaluación sensorial del producto optimizado.....	137
6.4.2.	Composición química.....	139
6.4.3.	Balance de Materia y Energía.....	139
6.4.4.	Determinación de Costos.....	146
VII.	CONCLUSIONES.....	149
VIII.	RECOMENDACIONES.....	151
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	152
X.	ANEXO.....	164

ÍNDICE DE TABLAS

N° TABLA	TITULO	Pág.
Tabla 1	Composición química de Carnes de varias especies.	18
Tabla 2	Producción nacional de embutidos	34
Tabla 3	Empresas del Mercado de Embutidos	35
Tabla 4	Clasificación Taxonomía del <i>Lupinus Mutabilis Sweet</i> .	36
Tabla 5	Variedad y principales ecotipos de Tarwi (<i>Lupinus mutabilis Sweet</i>).	39
Tabla 6	Principales plagas del chocho y su manejo ecológico.	47
Tabla 7	Principales enfermedades del chocho y sus formas de manejo.	48
Tabla 8	Composición química del chocho amargo y desamargado (g/100g).	50
Tabla 9	Contenido de proteína en diferentes especies de <i>Lupinus</i> .(N x 6,25)	50
Tabla 10	Composición de Ácidos grasos presente en el Chocho amargo y desamargado (% de los ácidos grasos totales) (g/ 100 g)	51
Tabla 11	Contenido de aminoácidos en el <i>Lupinus mutabilis</i> amargo y desamargado (g aa/100 g proteína) (mg/kg de peso/día)-FAO	52
Tabla 12	Contenido de minerales en el chocho (g/100 g).	54
Tabla 13	Parámetros de calidad del chocho desamargado listo para el consumo humano.	63
Tabla 14	Producción del chocho en el Perú (t) Periodo: Enero – Diciembre (2000 – 2014).	69
Tabla 15	Hectáreas sembradas de chocho en el Perú.	69
Tabla 16	Producción de chocho en los principales departamentos del Perú	70
Tabla 17	Producción mensual de Chocho (t) Período: Enero – Diciembre.	71
Tabla 18	Rendimiento de chocho en el Perú (kg/ha).	72
Tabla 19	Precio en chacra de chocho en Perú (s/. /kg).	72
Tabla 20	Puntos de diseño o tratamiento.	80
Tabla 21	Diseño ortogonal de siete factores con dos niveles por factor.	95
Tabla 22	Fortalezas y debilidades de los métodos tradicionales y de Taguchi.	98

Tabla 23	Factores Independientes.	115
Tabla 24	Escala utilizada para la Prueba de Comparaciones Múltiples.	116
Tabla 25	Tabla de significancia para pruebas de dos muestras.	123
Tabla 26	Atributos sensoriales en las diferentes etapas experimentales.	126
Tabla 27	Factores independientes con rangos definidos.	126
Tabla 28	Puntajes obtenidos mediante la Prueba de Comparaciones Múltiples.	127
Tabla 29	Factores independientes con rangos indefinidos.	128
Tabla 30	Niveles mínimos y máximos de los factores que intervienen en el diseño experimental de Taguchi con arreglo ortogonal $L_8(2^5)$.	129
Tabla 31	Formulaciones obtenida por el Diseño de Taguchi.	129
Tabla 32	Resultado de las variables de respuesta aplicando la prueba de escala no estructurada.	130
Tabla 33	Formulaciones del Método de Superficie de Respuesta.	132
Tabla 34	Formulaciones aplicadas para la optimización del producto tomando en cuenta las variables de respuesta.	133
Tabla 35	Formulación optimizada del Hot dog de pavo utilizando harina de tarwi.	137
Tabla 36	Resultados de la Prueba de Aceptación.	137
Tabla 37	Composición química del producto optimizado.	139
Tabla 38	Balance de materia para la etapa de Acondicionamiento de M.P.	141
Tabla 39	Balance de materia para la etapa de Cuterizado.	141
Tabla 40	Balance de materia para la etapa de Embutido.	142
Tabla 41	Balance de energía para la operación de Pesado.	143
Tabla 42	Balance de energía para la operación de Cuterrizado.	143
Tabla 43	Balance de energía para la operación de Enfriado.	144
Tabla 44	Balance de energía para la operación de Escaldado.	144
Tabla 45	Costos de los ingredientes que intervienen en la formulación óptima por presentación de 250 g.	147
Tabla 46	Costos del material de empaque empleados para el envasado.	147
Tabla 47	Costo del Hot dog de pavo utilizando harina de tarwi.	147

ÍNDICE DE FIGURAS

N° FIGURA	TITULO	Pág.
Figura 1	Proceso de elaboración de productos cárnicos finamente troceados.	13
Figura 2	Diagrama esquemático de los principales factores que afectan a la estabilidad de la emulsión.	14
Figura 3	Ingredientes no Cárnicos.	29
Figura 4	Tarwi (<i>Lupinus mutabilis</i> Sweet).	38
Figura 5	Semillas de Tarwi.	40
Figura 6	Tallos de Tarwi.	41
Figura 7	Vistas inflorescencias de chocho en el eje central.	42
Figura 8	Hojas de Tarwi.	42
Figura 9	Daño causado por las heladas a cultivos de chocho.	44
Figura 10	Tierra arrada y surcada para sembrar lupino.	45
Figura 11	Polilla y el daño causado al grano de lupino.	47
Figura 12	Grano afectado por antracnosis.	49
Figura 13	Composición de alcaloides en el grano crudo de chocho.	58
Figura 14	Alcaloides Quinolizidínicos – Lupanina y Esparteina.	59
Figura 15	Alcaloides Quinolizidínicos – Hidroxilupanina.	60
Figura 16	Desamargado de chocho.	62
Figura 17	Harina de Tarwi.	65
Figura 18	Galletas a base de Tarwi.	65
Figura 19	Grano entero de chocho, envasado con su cáscara, solo o con ají.	66
Figura 20	Producción de chocho en los principales departamentos del Perú.	71
Figura 21	Etapas de la implantación de la calidad y sus técnicas.	78
Figura 22	Variables de un proceso.	79
Figura 23	Clasificación de los Diseños Experimentales.	82
Figura 24	Reducción de la Variabilidad Utilizando Relaciones No Lineales.	87
Figura 25	Función pérdida de Taguchi.	89

Figura 26	Interpretación de la Función Pérdida.	89
Figura 27	Diferentes funciones de perdida $L(y)$ en función del tipo de característica.	90
Figura 28	Factor Señal/Ruido (S/R).	91
Figura 29	Análisis de Graficas Factoriales.	92
Figura 30	Ejemplo de regiones de operabilidad (cubo mayor) y experimental.	99
Figura 31	Superficies de respuesta: a) descrita por un modelo de primer orden; b), c) y d) descritas por modelos de segundo orden.	103
Figura 32	Representación y construcción de los DCC para $k = 2$ y 3 factores.	104
Figura 33	Clasificación de pruebas sensoriales.	109
Figura 34	Diagrama de flujo del proceso de elaboración del Hot dog de pavo utilizando harina de tarwi.	122
Figura 35	ICs de Tukey para las diferencias de las medias.	128
Figura 36	Valores señal/ruido (ETA) de cada factor evaluado.	131
Figura 37	Superficie de Respuesta – Optimización de sabor.	134
Figura 38	Superficie de Respuesta – Optimización de Textura.	135
Figura 39	Superficie de Respuesta – Optimización de Apariencia.	135
Figura 40	Optimización de las variables de respuesta y factores significativos utilizando la MSR.	136
Figura 41	Prueba de Aceptación.	139
Figura 42	Balance de Materia para la Elaboracion de hot dog de pavo utilizando harina de tarwi.	140
Figura 43	Balance de Energia para la Elaboracion de hot dog de pavo utilizando harina de tarwi.	145
Figura 44	Modelo de empaque proyectado para el Hot dog de pavo utilizando harina de tarwi. Presentación x 250 g.	148

ÍNDICE DE ANEXOS

N° ANEXO	TITULO	Pág.
Anexo 1	Fichas de Evaluación Sensorial.	164
Anexo 1A	Prueba de Comparaciones Múltiples.	165
Anexo 1B	Clasificación con escala no estructurada.	166
Anexo 1C	Prueba de Aceptación.	168
Anexo 2	Análisis de Varianza (ANOVA) para Tukey.	169
Anexo 3	Resultado de las variables de respuesta del Hot dog de pavo utilizando harina de tarwi - Diseño de Taguchi.	170
Anexo 3A	Resultado de la evaluación sensorial de la variable “Sabor”.	170
Anexo 3B	Resultado de la evaluación sensorial de la variable “Textura”.	171
Anexo 3C	Resultado de la evaluación sensorial de la variable “Apariencia”.	172
Anexo 4	Análisis de Varianza (ANOVA) del Diseño Experimental Taguchi $L_8(25)$.	173
Anexo 5	Resultado de las variables de respuesta del Hot dog de pavo utilizando harina de tarwi - MSR.	174
Anexo 5A	Resultado de la evaluación sensorial de la variable “Sabor”.	174
Anexo 5B	Resultado de la evaluación sensorial de la variable “Textura”.	175
Anexo 5C	Resultado de la evaluación sensorial de la variable “Apariencia”.	176
Anexo 6	ANOVA de las variables de respuesta utilizando la Metodología de Superficie de Respuesta.	177
Anexo 7	Descripción gráfica del diagrama de flujo del Hot dog de pavo utilizando harina de tarwi.	179
Anexo 8	Informe de Ensayo	183