

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**“ESTIMACION DEL TIEMPO DE VIDA SENSORIAL DE  
MIXTURA DE FRUTAS SECAS MEDIANTE EL METODO DE  
SUPERVIVENCIA”**

**Presentado por:**

**Maité Luciana Cornejo Saldarriaga**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO EN  
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**Lima –Perú**

**2012**

# INDICE

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCION</b>	1
<b>II.</b>	<b>REVISION BIBLIOGRAFICA</b>	3
<b>2.1.</b>	<b>ASPECTOS GENERALES SOBRE LOS FRUTOS SECOS Y FRUTAS DESECADAS</b>	3
	• Uvas pasas	4
	• Maní	5
	• Almendras	7
	• Pecanas	8
	• Nueces del Brasil	9
<b>2.2.</b>	<b>TIEMPO DE VIDA ÚTIL</b>	11
<b>2.2.1.</b>	<b>DEFINICIÓN</b>	11
<b>2.2.2.</b>	<b>TIPOS DE DETERMINACIÓN DE TIEMPO DE VIDA ÚTIL</b>	12
<b>2.2.3.</b>	<b>FACTORES QUE AFECTAN EL TIEMPO DE VIDA ÚTIL</b>	13
	2.2.3.1. DETERIORO MICROBIOLÓGICOS	16
	2.2.3.2. DETERIORO QUÍMICOS	20
	2.2.3.3. DETERIORO FÍSICOS	22
	2.2.3.4. DETERIORO RELACIONADOS CON LA TEMPERATURA	26
	2.2.3.5. APLICACIÓN DE LA ECUACIÓN DE ARRHENIUS	31
<b>2.2.4.</b>	<b>CRITERIOS PARA LA MEDICIÓN DEL TIEMPO DE VIDA ÚTIL</b>	32
<b>2.2.5.</b>	<b>PRUEBAS ACELERADAS DEL TIEMPO VIDA ÚTIL</b>	40
<b>2.2.6.</b>	<b>METODOLOGÍA ESTADÍSTICA DE SUPERVIVENCIA</b>	43

• Distribución de Weibull	44
<b>III. MATERIALES Y METODOS</b>	49
<b>3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN</b>	49
<b>3.2. MATERIALES Y EQUIPOS</b>	49
<b>3.2.1. PRODUCTO</b>	49
<b>3.2.2. EQUIPOS</b>	50
<b>3.2.3. MATERIALES</b>	50
<b>3.2.4. REACTIVOS</b>	51
<b>3.3. MÉTODOS DE ANÁLISIS</b>	51
<b>3.3.1. MÉTODOS PARA EL ANÁLISIS FISCOQUÍMICO</b>	51
<b>3.3.2. MÉTODOS PARA EL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO</b>	54
<b>3.3.3. MÉTODOS PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL</b>	55
<b>3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL PARA LA ESTIMACIÓN DEL TIEMPO DE VIDA ÚTIL</b>	56
<b>3.4.1. ACONDICIONAMIENTO DE LAS MUESTRAS A CONDICIONES ACCELERADAS</b>	57
<b>3.4.2. CINÉTICAS DE ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS</b>	58
<b>3.4.3. PRUEBAS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO</b>	59
<b>3.4.4. OBTENCIÓN DEL MODELO DE WEIBULL</b>	60
<b>3.4.5. OBTENCIÓN DE LOS TIEMPOS SENSORIALES</b>	61
<b>3.4.6. DETERMINACIÓN DEL PARÁMETRO MÁS SIGNIFICATIVO</b>	62
3.4.6.1. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EQUIVALENTE	62
3.4.6.2. DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE $K$ (CONSTANTE DE VELOCIDAD)	63
<b>3.4.7. OBTENCIÓN DE HUMEDAD CRÍTICA</b>	63
<b>3.4.8. ESTIMACIÓN DE LA VIDA ÚTIL</b>	63
<b>3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO</b>	64

<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES</b>	65
<b>4.1. CINÉTICAS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS</b>	65
• Índice de Peróxido	65
• Actividad de Agua	68
• Humedad	71
• Recuento Mohos y Levaduras	75
<b>4.2. PRUEBAS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO</b>	76
<b>4.3. OBTENCIÓN DEL MODELO DE WEIBULL</b>	79
<b>4.4. OBTENCIÓN DE LOS TIEMPOS SENSORIALES</b>	83
<b>4.5. OBTENCIÓN DE HUMEDAD CRÍTICA</b>	85
<b>4.5.1. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EQUIVALENTE</b>	85
<b>4.5.2. DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE <math>K</math> (CONSTANTE DE VELOCIDAD)</b>	87
<b>4.6. ESTIMACIÓN DE LA VIDA ÚTIL</b>	88
<b>V. CONCLUSIONES</b>	90
<b>VI. RECOMENDACIONES</b>	91
<b>VII. BIBLIOGRAFIA</b>	92
<b>VIII. ANEXOS</b>	98

## INDICE DE CUADROS

Cuadro N°	Título	Pag.
1	Valor nutritivo de las pasas (mg/100gramos).	5
2	Análisis fisicoquímicos de las diez muestras de maní.	6
3	Composición nutricional de las almendras.	8
4	Características nutricionales de la nuez de la pecano.	9
5	Composición nutricional de la nuez del Brasil.	11
6	Mecanismos del deterioro/descomposición y variables críticas para los diferentes productos alimenticios.	15
7	Actividad microbiana según su Actividad de agua para diferentes tipos de alimentos.	19
8	Trazabilidad del producto "Frutas Secas".	50
9	Diseño Experimental para la Estimación de la Vida Útil Sensorial del producto "Frutas Secas".	57
10	Frecuencia de muestreo según la temperatura utilizada.	58
11	Clasificación de muestras del producto "Frutas Secas" para el análisis microbiológico.	59
12	Variación del Índice de Peróxido en el tiempo realizado al maní frito para cada temperatura de almacenamiento.	65
13	Valores de Actividad de agua realizados al producto por temperatura de tratamiento.	69
14	Valores de Humedad (expresados en base seca y base húmeda) realizados al producto para el tratamiento a 35°C.	71
15	Valores de Humedad (expresados en base seca y base húmeda) realizados al producto para el tratamiento a 45°C.	72

16	Valores de Humedad (expresados en base seca y base húmeda) realizados al producto para el tratamiento a 55°C.	72
17	Resultados de Recuento de mohos y levaduras para las muestras del producto "Frutas Secas".	75
18	Recuento de la evaluación sensorial del tratamiento a 35°C.	77
19	Recuento de la evaluación sensorial del tratamiento a 45°C.	77
20	Recuento de la evaluación sensorial del tratamiento a 55°C.	77
21	Determinación de los parámetros de Weibull ( $\alpha$ y $\beta$ ) para los tres tratamientos.	82
22	Estimación del Tiempo de vida Sensorial ( $T_{vs}$ ) para una Fracción de Rechazo (F) del 0.5.	84
23	Determinación de Humedad Equivalente (M/M0), en base húmeda por temperatura de tratamiento.	85
24	Valores obtenidos para la determinación de la Humedad Crítica	87
25	Valores de Tiempo y K para la construcción de la gráfica de Arrhenius.	87

## INDICE DE FIGURAS

Nº	Título	Pag.
1	Ejemplares de uvas pasas rubias y morenas.	4
2	Ejemplares de maní sin vaina frito.	6
3	Ejemplares de almendras.	7
4	Ejemplares de la nuez del pecano (pecanas).	8
5	Ejemplares de la nuez del Brasil.	10
6	Estabilidad de los alimentos en función de la Actividad de agua.	24
7	Distribuciones de Weibull con diferentes valores de $\beta$ ( $\alpha=1$ y $\gamma=0$ ).	45
8	Distribuciones de Weibull con diferentes valores de $\alpha$ ( $\beta=2$ y $\gamma=0$ ).	46
9	Distribuciones de Weibull con diferentes valores de $\gamma$ ( $\alpha=1$ ; $\beta=2$ ).	46
10	Ejemplar del producto "Frutas Secas".	49
11	Procedimientos para la Estimación del Tiempo de Vida Útil.	56
12	Tendencias de los valores de Índice de Peróxido a través del tiempo para los tres tratamientos de temperatura.	67
13	Relación de los valores de Actividad de Agua a través del tiempo para las tres temperaturas de tratamiento.	69
14	Evaluación del contenido de humedad (en base húmeda) del producto a través del tiempo para los tres tratamientos de evaluación.	73
15	Función Linearizada de Weibull para el tratamiento a 35°C.	80

16	Función Linearizada de Weibull para el tratamiento a 45°C.	80
17	Función Linearizada de Weibull para el tratamiento a 55°C.	81
18	Función de Distribución Acumulativa o Función de Rechazo.	83
19	Relación Tiempo de Vida Sensorial ( $T_{vs}$ ) - Temperatura.	84
20	Relación de Humedad Equivalente a través del tiempo para las tres temperaturas de tratamiento.	86
21	Gráfica de Arrhenius.	88



## INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1.	Pag.
Cuadro 1: Resumen Estadístico del Índice de Peróxido para 35°C de almacenamiento.	98
Figura 1: Media y Límites de Confianza (95%) de la prueba de Tukey para el Índice de Peróxido a 35°C de almacenamiento.	98
Cuadro 2: Resumen Estadístico del Índice de Peróxido para 45°C de almacenamiento.	99
Figura 2: Media y Límites de Confianza (95%) de la prueba de Tukey para el Índice de Peróxido a 45°C de almacenamiento.	99
Cuadro 3: Resumen Estadístico del Índice de Peróxido para 55°C de almacenamiento.	100
Figura 3: Media y Límites de Confianza (95%) de la prueba de Tukey para el Índice de Peróxido a 55°C de almacenamiento.	100
Cuadro 4: Resumen Estadístico de la Actividad de Agua para 35°C de almacenamiento.	101
Figura 4: Media y Límites de Confianza (95%) de la prueba de Tukey para la Actividad de Agua a 35°C de almacenamiento.	101
Cuadro 5: Resumen Estadístico de la Actividad de Agua para 45°C de almacenamiento.	102
Figura 5: Media y Límites de Confianza (95%) de la prueba de Tukey para la Actividad de Agua a 45°C de almacenamiento.	102
Cuadro 6: Resumen Estadístico de la Actividad de Agua para 55°C de almacenamiento.	103
Figura 6: Media y Límites de Confianza (95%) de la prueba de Tukey para la Actividad de Agua a 55°C de almacenamiento.	103
Cuadro 7: Resumen Estadístico del Porcentaje de Humedad en Base Húmeda (HBH) para 35°C de almacenamiento.	104
Figura 7: Media y Límites de Confianza (95%) de la prueba de Tukey para la Humedad en Base Húmeda a 35°C.	104

Cuadro 8: Resumen Estadístico del Porcentaje de Humedad en Base Húmeda (HBH) para 45°C de almacenamiento.	105
Figura 8: Media y Límites de Confianza (95%) de la prueba de Tukey para la Humedad en Base Húmeda a 45°C.	105
Cuadro 9: Resumen Estadístico del Porcentaje de Humedad en Base Húmeda (HBH) para 55°C de almacenamiento.	106
Figura 9: Media y Límites de Confianza (95%) de la prueba de Tukey para la Humedad en Base Húmeda a 55°C.	106
Cuadro 10: Resumen Estadístico del Porcentaje de Humedad en Base Seca (HBS) para 35°C de almacenamiento.	107
Figura 10: Media y Límites de Confianza (95%) de la prueba de Tukey para la Humedad en Base Seca (HBS) a 35°C.	107
Cuadro 11: Resumen Estadístico del Porcentaje de Humedad en Base Seca (HBS) para 45°C de almacenamiento.	108
Figura 11: Media y Límites de Confianza (95%) de la prueba de Tukey para la Humedad en Base Seca (HBS) a 45°C.	108
Cuadro 12: Resumen Estadístico del Porcentaje de Humedad en Base Seca (HBS) para 55°C de almacenamiento.	109
Figura 12: Media y Límites de Confianza (95%) de la prueba de Tukey para la Humedad en Base Seca a 55°C.	109

## **ANEXO 2.**

Cuadro 1: Presentación de resultados de la evaluación sensorial realizada al maní a 35°C – 90% HR.	110
Cuadro 2: Presentación de resultados de la evaluación sensorial realizada al maní a 45°C – 90% HR.	113
Cuadro 3: Presentación de resultados de la evaluación sensorial realizada al maní a 55°C – 90% HR.	116

## **ANEXO 3.**

Cuadro 1: Datos para la construcción de las curvas de Supervivencia o Rechazo para las tres temperaturas de almacenamiento.	119
---	-----

Cuadro 2: Análisis de Varianza de las probabilidades de Rechazo (F) para cada temperatura de almacenamiento.	120
Cuadro 3: Límites de confianza para cada parámetro del modelo de Weibull de las curvas de Probabilidad de Rechazo (F) para cada temperatura de almacenamiento.	120
Figura 1: Curva de Probabilidad de Rechazo (F) o Supervivencia para 35°C de almacenamiento.	121
Figura 2: Curva de Probabilidad de Rechazo (F) o Supervivencia para 45°C de almacenamiento.	121
Figura 3: Curva de Probabilidad de Rechazo (F) o Supervivencia para 55°C de almacenamiento.	121