

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA INGENIERÍA DE ALIMENTOS



**“DETERMINACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DEL CHORIZO
PARRILLERO DEL L.T.A”**

POR:

ZANDI MAGALI OLARTE PRIMENTEL

Trabajo final de grado presentado a consideración de la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería de Alimentos

Mayo, 2018
TARIJA – BOLIVIA

V°B°

.....
M.Sc. Ing Ernesto Álvarez G.

**DECANO
FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA**

.....
M.Sc. Ing. Elizabeth Castro Figueroa

**VICEDECANA
FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA**

.....
Ing. Jesús Zamora Gutiérrez

**DIRECTOR
DPTO. BIOTECNOLOGÍA Y
CIENCIA DE LOS ALIMENTOS**

.....
Ing. Erick Ramírez Ruíz

DOCENTE GUÍA

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el presente trabajo, siendo los mismos únicamente responsabilidad del autor.

DEDICATORIA

A DIOS por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis padres Elena y Reinaldo por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido salir adelante, por su amor.

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A mi familia por apoyarme en cada etapa y decisión durante el tiempo de estudio.

A mi asesor de tesis, Ing. Erick Ramírez Ruiz, por la orientación y ayuda que me brindo, por su apoyo, amistad, por todas las palabras de aliento que me permitieron culminar este proyecto.

Agradecer al laboratorio CEANID, en especial Ing. German Álvarez, Ing. Adalid Aceituno por permitirme realizar los diferentes análisis y toda la buena disposición que siempre tuvo conmigo.

A mis docentes que fueron pilar de mi formación académica: Ing. Jesús Zamora, Ing. Weimar Torrejón, Ing. Luis Zenteno, Ing. Beatriz Sossa, Ing. Johnny Mercado, Ing. Ernesto Caihuara, Dr. Jorge Aramayo les agradezco por todo el apoyo brindado a lo largo de la carrera, por su tiempo, amistad y por los conocimientos que me transmitieron.

PENSAMIENTO

El camino al éxito no es recto. Hay una curva llamada falla, un periférico llamado confusión, luces de precaución llamada familia, y tendrás ponchaduras llamados trabajos.

Pero...sí tienes refracción llamada determinación, un motor llamado perseverancia, un seguro llamado fé, un conductor llamado Jesús, llegarás a un sitio llamado éxito!

Anónimo

ÍNDICE

		Pág.
I.	INTRODUCCIÓN	
1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Justificación.....	2
1.3	Objetivos	2
1.3.1	Objetivo general	3
1.3.2	Objetivos específicos.....	3
1.4	Planteamiento del problema	3
1.5	Formulación del problema.....	4
1.6	Formulación de hipótesis.....	4
II.	MARCO TEÓRICO	
2.1	Vida de anaquel de los alimentos	5
2.2	Alteraciones en los alimentos durante su almacenamiento	6
2.2.1	Alteraciones físicas de los alimentos.....	7
2.2.2	Alteraciones químicas de los alimentos	8
2.2.3	Alteraciones microbiológicas de los alimentos	9
2.3	Factores que influyen en la vida anaquel de los alimentos	10
2.3.1	Control del descenso de pH en los embutidos crudos-curados	11
2.3.2	Temperatura.....	12
2.3.3	Humedad.....	12
2.3.4	Aire y oxígeno	13
2.4	Cinética del deterioro de los alimentos y predicción de la vida útil ...	14
2.4.1	Reacción de orden cero	14
2.4.2	Reacción de primer orden.....	15
2.4.3	Efecto de la temperatura.....	16
2.4.4	Determinación de los parámetros cinéticos.....	19
2.5	Vida media de los alimentos	21
2.6	Microbiología predictiva para la predicción de la vida útil de	
2.7	los alimentos.....	21

	Pág.
2.8	Vida útil sensorial de los alimentos..... 23
2.9	Vida de anaquel de los alimentos envasados..... 23
III. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	
3.1	Ubicación del estudio de vida útil del chorizo parrillero 25
3.2	Equipos, instrumentos y materiales de laboratorio necesarios para la determinación de vida útil..... 25
3.2.1	Equipos de laboratorio..... 25
3.2.1.1	Freezer 25
3.2.1.2	Heladera..... 26
3.2.1.3	Cúter pequeña 26
3.2.2	Instrumentos de laboratorio..... 27
3.2.2.1	Estufa eléctrica 27
3.2.2.2	Balanza analítica digital 27
3.2.2.3	pH-metro digital 28
3.2.2.4	Balanza de humedad..... 29
3.2.2.5	Psicrómetro 29
3.2.3	Materiales de laboratorio 29
3.2.4	Material complementario..... 30
3.3	Reactivos químicos de laboratorio 31
3.4	Esquema lógico para determinar vida útil en chorizo parrillero 31
3.4.1	Descripción del esquema lógico 32
3.4.1.1	Toma de muestra 32
3.4.1.2	Tratamiento de la muestra 32
3.4.1.3	Primera etapa..... 32
3.4.1.4	Segunda etapa..... 32
3.4.1.5	Tercera etapa 33
3.4.1.6	Interpretación de los resultados 33
3.4.1.7	Estimación de vida útil 33

	Pág.
3.5	Metodología para la obtención de resultados 33
3.5.1	Condiciones de almacenamiento del chorizo parrillero 33
3.5.1	Análisis físico del chorizo parrillero 34
3.5.2	Análisis fisicoquímico del chorizo parrillero al comienzo del almacenamiento..... 34
3.5.3	Análisis fisicoquímico del chorizo parrillero en el almacenamiento .. 35
3.5.3.1	Análisis de humedad del chorizo parrillero en el almacenamiento 35
3.5.3.2	Análisis de acidez del chorizo parrillero en el almacenamiento 36
3.5.3.3	Análisis de pH del chorizo parrillero en el almacenamiento..... 37
3.5.3.4	Análisis de rancidez del chorizo parrillero al comienzo y final del almacenamiento 37
3.5.4	Análisis de proteína y grasa del chorizo parrillero 37
3.6	Diseño experimental 37
3.6.1	Diseño de bloques completamente al azar aplicado en el almacenamiento del chorizo parrillero..... 38
3.7	Análisis microbiológico del chorizo parrillero al comienzo del almacenamiento 39
3.7.1	Análisis de bacterias aerobias mesófilas y <i>escherichia coli</i> del chorizo parrillero a 20 días del almacenamiento..... 40
3.7.2	Análisis de <i>Staphylococcus aureus</i> , mohos y levaduras del chorizo parrillero 20 días del almacenamiento..... 40
3.8	Análisis organolépticos del chorizo parrillero..... 40
3.8.1	Prueba de Friedman aplicado en la evaluación sensorial del chorizo parrillero 41
3.8.2	Prueba de X^2 Chi-cuadrado aplicado en los atributos sensoriales del chorizo parrillero 41
IV.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS
4.1	Tratamiento de la muestra chorizo parrillero para el estudio de vida útil 43

	Pág.
4.1.1	Condiciones de almacenamiento del chorizo parrillero..... 43
4.2	Análisis físico del chorizo parrillero 44
4.3	Análisis fisicoquímico del chorizo parrillero 44
4.3.1	Análisis fisicoquímico del chorizo parrillero al comienzo del almacenamiento..... 45
4.3.2	Análisis de humedad del chorizo parrillero en el almacenamiento 46
4.3.2.1	Análisis de humedad del chorizo parrillero almacenado en el freezer 2 47
4.3.2.2	Análisis de humedad del chorizo parrillero almacenado en la heladera..... 47
4.3.2.3	Análisis de humedad del chorizo parrillero almacenado en el freezer 3 48
4.3.2.4	Análisis de humedad del chorizo parrillero almacenado en el freezer 1 49
4.3.3	Análisis de pH del chorizo parrillero en el almacenamiento..... 51
4.3.3.1	Análisis de pH del chorizo parrillero almacenado en el freezer 2..... 52
4.3.3.2	Análisis de pH del chorizo parrillero almacenado en la heladera 53
4.3.3.3	Análisis de pH del chorizo parrillero almacenado en el freezer 3..... 53
4.3.3.4	Análisis de pH del chorizo parrillero almacenado en el freezer 1..... 54
4.3.4	Análisis de acidez del chorizo parrillero en el almacenamiento 56
4.3.4.1	Análisis de acidez del chorizo parrillero almacenado en el freezer 2 . 57
4.3.4.2	Análisis de acidez del chorizo parrillero almacenado en la heladera .. 58
4.3.4.3	Análisis de acidez del chorizo parrillero almacenado en el freezer 3 . 58
4.3.4.4	Análisis de acidez del chorizo parrillero almacenado en el freezer 1 . 59
4.3.5	Análisis de proteína y grasa del chorizo parrillero al final del almacenamiento..... 61
4.3.5.1	Análisis de proteína del chorizo parrillero al final del almacenamiento 61
4.3.5.2	Análisis de grasa del chorizo parrillero al final del almacenamiento.. 63

	Pág.
4.3.6	Análisis de rancidez del chorizo parrillero al final del almacenamiento 64
4.4	Diseño de bloques completamente al azar aplicado en el almacenamiento del chorizo parrillero..... 65
4.4.1	Análisis de varianza para el factor acidez aplicado en el almacenamiento del chorizo parrillero..... 66
4.4.2	Diferencia mínima significativa para el factor acidez en el almacenamiento del chorizo parrillero 67
4.4.3	Variación del factor acidez para los bloques en función del tiempo de almacenamiento..... 68
4.5	Análisis microbiológico del chorizo parrillero 69
4.5.1	Análisis microbiológico del chorizo parrillero al comienzo del almacenamiento 69
4.5.2	Análisis de bacterias aerobias mesófilas y <i>escherichia coli</i> realizado a los 20 días del almacenamiento..... 70
4.5.3	Análisis de <i>Staphylococcus aureus</i> , mohos y levaduras a los 20 días del almacenamiento 71
4.5.4	Análisis de <i>Staphylococcus aureus</i> del chorizo parrillero a los 20 días del almacenamiento 72
4.5.5	Análisis de mohos y levaduras del chorizo parrillero a los 20 días del almacenamiento 73
4.6	Análisis organolépticos del chorizo parrillero..... 74
4.6.1	Evaluación sensorial del chorizo parrillero al inicio del almacenamiento 75
4.6.1.1	Evaluación sensorial para el atributo color del chorizo parrillero crudo..... 75

	Pág.
4.6.1.2	Evaluación sensorial para el atributo olor del chorizo parrillero crudo..... 76
4.6.1.3	Evaluación sensorial para el atributo olor del chorizo parrillero cocido..... 77
4.6.1.4	Evaluación sensorial para el atributo textura del chorizo parrillero cocido..... 77
4.6.1.5	Evaluación sensorial para el atributo sabor del chorizo parrillero cocido..... 78
4.6.2	Evaluación sensorial en el almacenamiento 79
4.6.2.1	Evaluación sensorial para el atributo color del chorizo parrillero crudo en el almacenamiento 80
4.6.2.2	Evaluación sensorial para el atributo olor de chorizo parrillero crudo en el almacenamiento 82
4.6.2.3	Evaluación sensorial para el atributo olor de chorizo parrillero cocido en el almacenamiento 84
4.6.2.4	Evaluación sensorial para el atributo textura del chorizo parrillero cocido en el almacenamiento 85
4.6.2.5	Evaluación sensorial para el atributo sabor de chorizo parrillero cocido..... 87
4.7	Análisis estadístico de la evaluación sensorial 89
4.7.1	Prueba estadística de Friedman aplicada en la evaluación sensorial del chorizo parrillero en el almacenamiento 89
4.7.2	Prueba estadística de Friedman para la evaluación sensorial del chorizo parrillero a los 18 días del almacenamiento 91
4.7.3	Prueba de X^2 (Chi-cuadrado) aplicado en las características de los atributos sensoriales del chorizo parrillero 92
4.8	Cinética del deterioro y predicción de la vida útil del chorizo parrillero 93
4.8.1	Determinación de los parámetros cinéticos 94

	Pág.
4.8.1.1	Reacción de orden cero para el factor pH..... 94
4.8.1.2	Reacción de primer orden para el factor pH..... 95
4.8.1.3	Reacción de orden cero para el factor acidez 97
4.8.1.4	Reacción de orden uno para el factor acidez 98
4.8.2	Orden de reacción y constante de velocidad 100
4.8.3	Cálculo de la vida útil del chorizo parrillero en función al orden de reacción..... 101
4.8.4	Cálculo de la energía de activación y el factor pre-exponencial 103
4.8.5	Vida de anaquel para el chorizo parrillero a condiciones normales de almacenamiento 106
4.8.6	Cálculo del parámetro Q_{10} 106
4.8.7	Determinación del modelo matemático que relaciona la cinética con las condiciones de almacenamiento 108
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
5.1	Conclusiones 110
5.2	Recomendaciones 112
VI.	BIBLIOGRAFÍA
VII.	ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 2.1	Principales causas de alteración de los alimentos	7
Tabla 2.2	Valores límite de pH para el crecimiento microbiano	9
Tabla 2.3	Relación entre el número de células bacterianas y su descomposición	10
Tabla 3.1	Materiales de laboratorio.....	30
Tabla 3.2	Material complementario	30
Tabla 3.3	Reactivos químicos de laboratorio	31
Tabla 3.4	Condiciones de almacenamiento del chorizo parrillero.....	34
Tabla 3.5	Parámetros físicos del chorizo parrillero.....	34
Tabla 3.6	Análisis fisicoquímicos del chorizo parrillero al comienzo del almacenamiento.....	35
Tabla 3.7	Análisis fisicoquímicos del chorizo parrillero en el almacenamiento.	35
Tabla 3.8	Análisis de proteína y grasa del chorizo parrillero al final del almacenamiento	37
Tabla 3.9	Diseño aplicado en el almacenamiento del chorizo parrillero	39
Tabla 3.10	Análisis microbiológico del chorizo parrillero al comienzo del almacenamiento	39
Tabla 3.11	Análisis de aerobios mesófilos y <i>escherichia coli</i> del chorizo parrillero a 20 días del almacenamiento	40
Tabla 3.12	Análisis de <i>Staphylococcus aureus</i> , Mohos y levaduras del chorizo parrillero a 20 días del almacenamiento	40
Tabla 4.1	Condiciones de almacenamiento del chorizo parrillero.....	43
Tabla 4.2	Características físicas del chorizo parrillero	44
Tabla 4.3	Análisis fisicoquímico del chorizo parrillero al comienzo del almacenamiento	45
Tabla 4.4	Análisis de humedad del chorizo parrillero en el almacenamiento	46
Tabla 4.5	Análisis de pH en el chorizo parrillero en el almacenamiento.....	51
Tabla 4.6	Análisis de acidez del chorizo parrillero en el almacenamiento.....	56

	Pág.
Tabla 4.7 Análisis de proteína y materia grasa del chorizo parrillero al final del almacenamiento	61
Tabla 4.8 Diseño de bloques completamente al azar aplicado en el almacenamiento para el factor acidez del chorizo parrillero.....	66
Tabla 4.9 Análisis de varianza para el factor acidez en la etapa de almacenamiento del chorizo parrillero	66
Tabla 4.10 Diferencia mínima significativa para el factor acidez de los bloques .	67
Tabla 4.11 Análisis microbiológico del chorizo parrillero al comienzo del almacenamiento.....	70
Tabla 4.12 Análisis de bacterias aerobias mesófilas y <i>escherichia coli</i> del chorizo parrillero a 20 días del almacenamiento	70
Tabla 4.13 Análisis de <i>Staphylococcus aureus</i> , mohos y levaduras del chorizo parrillero a 20 días del almacenamiento	71
Tabla 4.14 Atributo color del chorizo parrillero crudo en el almacenamiento.....	80
Tabla 4.15 Atributo olor del chorizo parrillero crudo en el almacenamiento.....	82
Tabla 4.16 Atributo olor del chorizo parrillero cocido en el almacenamiento	84
Tabla 4.17 Atributo textura del chorizo parrillero cocido en el almacenamiento .	86
Tabla 4.18 Atributo sabor del chorizo parrillero cocido en el almacenamiento....	87
Tabla 4.19 Prueba de Friedman aplicada en la evaluación sensorial del chorizo parrillero en el almacenamiento	90
Tabla 4.20 Prueba de Friedman a los 18 días del almacenamiento	91
Tabla 4.21 Prueba de X^2 aplicado en las características de los atributos sensoriales del chorizo parrillero.....	92
Tabla 4.22 Logaritmo natural del pH.....	96
Tabla 4.23 Logaritmo natural de la acidez	99
Tabla 4.24 Orden de reacción y constante de velocidad	101
Tabla 4.25 Vida útil del chorizo parrillero	102
Tabla 4.26 Velocidad de reacción en función al pH y acidez	103
Tabla 4.27 Energía de activación y factor pre- exponencial.....	105

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 2.1	Disminución de un atributo de calidad de un alimento siguiendo dos órdenes de reacciones distintos.....	16
Figura 2.2	Influencia de la temperatura en una reacción de deterioro de orden cero	17
Figura 2.3	Influencia de la temperatura en una reacción de deterioro de primer orden.....	18
Figura 2.4	Relación entre la vida útil y la temperatura.....	20
Figura 3.1	Especificaciones técnicas del freezer.....	25
Figura 3.2	Especificaciones técnicas de la heladera	26
Figura 3.3	Especificaciones técnicas de la cútter	26
Figura 3.4	Especificaciones técnicas de la estufa eléctrica	27
Figura 3.5	Especificaciones técnicas de la balanza analítica digital	28
Figura 3.6	Especificaciones técnicas del pH-metro	28
Figura 3.7	Especificaciones técnicas de la balanza de humedad.....	29
Figura 3.8	Esquema lógico para determinación de vida útil de chorizo parrillero del LTA	31
Figura 4.1	Humedad del chorizo parrillero almacenado en el freezer 2.....	47
Figura 4.2	Humedad del chorizo parrillero almacenado en la heladera	48
Figura 4.3	Humedad del chorizo parrillero almacenado en el freezer 3.....	49
Figura 4.4	Humedad del chorizo parrillero almacenado en el freezer 1	50
Figura 4.5	pH del chorizo parrillero almacenado en el freezer 2	52
Figura 4.6	pH del chorizo parrillero almacenado en la heladera.....	53
Figura 4.7	pH del chorizo parrillero almacenado en el freezer 3	54
Figura 4.8	pH del chorizo parrillero almacenado en el freezer 1	55
Figura 4.9	Acidez del chorizo parrillero almacenado en el freezer 2	57
Figura 4.10	Acidez del chorizo parrillero almacenado en la heladera	58
Figura 4.11	Acidez del chorizo parrillero almacenado en el freezer 3	59
Figura 4.12	Acidez del chorizo parrillero almacenado en el freezer 1	60

	Pág.
Figura 4.13	Variación de proteína vs tiempo en el chorizo parrillero..... 62
Figura 4.14	Variación de grasa vs tiempo en el chorizo parrillero..... 63
Figura 4.15	Análisis de rancidez del chorizo parrillero al final del almacenamiento..... 64
Figura 4.16	Variación del factor acidez para los bloques en función del tiempo... 68
Figura 4.17	Análisis de <i>Staphylococcus aureus</i> en el chorizo parrillero a 20 días del almacenamiento 72
Figura 4.18	Análisis de mohos y levaduras en el chorizo parrillero a 20 días del almacenamiento..... 73
Figura 4.19	Atributo color en el chorizo parrillero crudo 75
Figura 4.20	Atributo olor en el chorizo parrillero crudo 76
Figura 4.21	Atributo olor en el chorizo parrillero cocido..... 77
Figura 4.22	Atributo textura en el chorizo parrillero cocido..... 78
Figura 4.23	Atributo sabor en el chorizo parrillero cocido 79
Figura 4.24	Atributo color del chorizo parrillero crudo en el almacenamiento 81
Figura 4.25	Atributo olor del chorizo parrillero crudo en el almacenamiento..... 83
Figura 4.26	Atributo olor del chorizo parrillero cocido en el almacenamiento 85
Figura 4.27	Atributo textura del chorizo parrillero cocido en el almacenamiento. 86
Figura 4.28	Atributo sabor del chorizo parrillero cocido en el almacenamiento.... 88
Figura 4.29	Tiempo vs pH (reacción de orden cero) 95
Figura 4.30	Tiempo vs pH (reacción de primer orden) 96
Figura 4.31	Tiempo vs acidez (reacción de orden cero)..... 98
Figura 4.32	Tiempo vs acidez (reacción primer orden)..... 99
Figura 4.33	Velocidad de reacción en función de la temperatura (pH) 104
Figura 4.34	Velocidad de reacción en función de la temperatura (acidez) 105
Figura 4.35	Tiempo de vida útil en función de la temperatura (pH)..... 107
Figura 4.36	Tiempo de vida útil en función de la temperatura (acidez) 107
Figura 4.37	Variación de la constante de velocidad con la temperatura 108