

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA INGENIERÍA DE ALIMENTOS



**ELABORACIÓN DE PAN MOLDE ENRIQUECIDO CON HARINA DE
AVENA Y ALGARROBA**

POR:

DANIELA CUEVAS MORALES

Trabajo final de grado presentando a consideración de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, como requisito para optar el grado académico de licenciatura en Ingeniería de Alimentos

OCTUBRE, 2021

TARIJA - BOLIVIA

Dedicatoria:

A mis padres Victor Cuevas Salazar y Martha
Morales Graz.

Agradecimientos:

A mis padres; Victor Cuevas Salazar y Martha Morales Graz por estar siempre presente en mi camino universitario y por haberme brindado incondicionalmente su apoyo y amor.

A mi docente guía; Erick Ramírez por haber sido mi guía incondicional durante la elaboración de mi tesis y a todo el plantel docente de la Carrera de Ingeniería de Alimentos por haber sido los formadores de mi carrera universitaria, en especial a mis docentes tribunales; Ing. Luis Fernando Zenteno, Ing. Cecilia Calderón e Ing. Johnny Mercado por haberme brindado su conocimiento y ayuda para la culminación del presente trabajo de investigación.

A mis compañeros de tesis; Mariela Serrano, Fabiana Arellano, Wilfredo López, Grecia Vidaurre y Paola Martínez por su ayuda y colaboración en todo momento.

Pensamiento:

“Todos los triunfos nacen cuando nos atrevemos a comenzar”.

Eugene Ware

INDICE

CAPITULO I - INTRODUCCION

	Pág
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
1.4 Objeto de estudio.....	4
1.5 Campo de acción.....	4
1.5.1 Espacial.....	4
1.5.2 Temporal.....	4
1.5.3 Institucional.....	4
1.6 Situación del problema.....	5
1.7 Formulación del problema.....	5
1.8 Hipótesis.....	5

CAPÍTULO II : MARCO TEÓRICO

	Pág
2.1 Origen del pan.....	6
2.2 Definición del pan.....	6
2.3 Clasificación del pan.....	7
2.4 Tipos de pan.....	7
2.4.1 Productos semielaborados.....	8
2.4.2 Pan común.....	9
2.4.3 Pan especial.....	10
2.5 Propiedades nutricionales del pan molde.....	11
2.6 Caracterización de harina de trigo, avena y algarroba.....	12
2.6.1 Harina de trigo.....	12
2.6.1.1 Composición química de la harina de trigo.....	13
2.6.1.2 Propiedades nutricionales de la harina de trigo.....	14
2.6.2 Harina de avena.....	14

2.6.2.1	Composición química de la harina de avena	15
2.6.2.2	Propiedades nutricionales de la harina de avena.....	17
2.6.3	Harina de algarroba.....	18
2.6.3.1	Composición química de la harina de algarroba.....	18
2.6.3.2	Propiedades nutricionales de la harina de algarroba.....	20
2.7	Caracterización de insumos alimentarios utilizados en la elaboración del producto.....	21
2.7.1	Levadura.....	21
2.7.2	Agua.....	22
2.7.3	Azúcar.....	22
2.7.4	Sal.....	23
2.7.5	Grasas.....	23
2.8	Operaciones en el proceso de elaboración de productos panificados.....	24
2.8.1	Amasado.....	24
2.8.2	Fermentación panaria.....	24
2.8.2.1	Fermentación alcohólica en el pan.....	25
2.8.2.2	Fermentación láctica.....	25
2.8.2.3	Factores que influyen en la fermentación del pan.....	26
2.8.2.3.1	Factores referidos a las materias primas.....	26
2.8.2.3.2	Factores propios de la masa.....	27
2.8.2.3.3	Factores externos en la fermentación del pan.....	28
2.8.3	Horneados y cocción.....	28
2.9	Factores importantes durante el proceso de elaboración de productos panificados.....	29
2.9.1	El gluten.....	29
2.9.2	Hidratación.....	29
2.9.3	Extensibilidad.....	30
2.9.4	Elasticidad.....	30
2.9.5	Tenacidad.....	30
2.9.6	Fuerza.....	30
2.9.7	Humedad.....	30
2.10	Efecto de la formulación sobre la conservación de los productos de panificación.....	31

CAPÍTULO III - DISEÑO METODOLÓGICO

	Pág
3.1	Desarrollo de la parte experimental 32
3.2	Equipos de proceso..... 32
3.2.1	Horno semi-industrial a gas natural 32
3.2.2	Cocina industrial..... 32
3.2.3	Incubadora..... 33
3.2.4	Balanza digital 33
3.3	Instrumentos y materiales de laboratorio..... 34
3.3.1	pH-metro digital..... 35
3.3.2	Bureta digital o titulador 35
3.3.3	Termobalanza..... 36
3.3.4	Agitador magnético..... 36
3.3.5	Material de laboratorio..... 36
3.4	Utensilios de cocina..... 36
3.5	Materias primas..... 37
3.6	Insumos alimenticios 37
3.7	Reactivos químicos de laboratorio..... 38
3.8	Metodología para la obtención de resultados 38
3.8.1	Caracterización de las harinas de trigo, avena y algarroba..... 38
3.8.1.1	Análisis fisicoquímico de la harina de trigo y avena..... 38
3.8.1.2	Análisis fisicoquímico de la harina de algarroba..... 39
3.8.1.3	Análisis microbiológico de la harina de trigo, avena y algarroba..... 39
3.9	Diagrama de flujo del proceso de elaboración de pan molde enriquecido con harina de avena y algarroba 40
3.9.1	Descripción del diagrama del proceso de elaboración de pan molde enriquecido con harina de avena y algarroba..... 41
3.9.1.1	Dosificación..... 41
3.9.1.2	Pre-mezclado..... 41
3.9.1.3	Mezclado..... 41
3.9.1.4	Amasado..... 42
3.9.1.5	Moldeado..... 42

3.9.1.6	Fermentado.....	42
3.9.1.7	Horneado.....	42
3.9.1.8	Enfriado.....	42
3.9.1.9	Envasado.....	43
3.10	Caracterización del producto terminado.....	43
3.10.1	Análisis fisicoquímico del pan molde enriquecido con harina de avena y algarroba	43
3.10.2	Análisis microbiológico del pan molde enriquecido con harina de avena y algarroba.....	43
3.11	Análisis sensorial de los alimentos.....	44
3.12	Diseño experimental.....	44
3.12.1	Diseño factorial 2 ³	45
3.12.1.1	Diseño factorial 2 ³ en la etapa de dosificación en la elaboración de pan molde enriquecido con harina de avena y algarroba.....	46
3.12.2	Diseño factorial 2 ²	47
3.12.2.1	Diseño factorial 2 ² en la etapa de horneado en la elaboración de pan molde enriquecido con harina de avena y algarroba.....	48
3.13	Operacionalización de variables para la elaboración de pan molde enriquecido con harina de avena y algarroba.....	49

CAPITULO IV – RESULTADOS Y DISCUSIÓN

	Pág	
4.1	Caracterización de las harinas de trigo, avena y algarroba.....	50
4.1.1	Análisis fisicoquímico de la harina de trigo.....	50
4.1.2	Análisis microbiológico de la harina de trigo.....	50
4.1.3	Análisis fisicoquímico de la harina de avena.....	51
4.1.4	Análisis microbiológico de la harina de avena.....	51
4.1.5	Análisis fisicoquímico de la harina de algarroba.....	52
4.1.6	Análisis microbiológico de la harina de algarroba.....	52
4.2	Caracterización de las variables de proceso de elaboración de pan molde	53
4.2.1	Pruebas preliminares para la elaboración de pan común.....	53
4.2.1.1	Selección final de muestra preliminar de pan común.....	55
4.2.1.1.1	Estadístico de caja y bigote para pruebas preliminares finales de pan común.....	55

4.2.2	Incorporación de harina de avena y algarroba en la muestra preliminar...	57
4.2.3	Pruebas iniciales para la elaboración de pan molde.....	59
4.2.3.1	Estadístico de caja y bigote para las pruebas iniciales de pan molde.....	60
4.2.3.1.1	Estadístico de Tukey para atributo color de pruebas iniciales de pan molde.....	61
4.2.3.1.2	Estadístico de Tukey para atributo olor de pruebas iniciales de pan molde.....	61
4.2.3.1.3	Estadístico de Tukey para atributo sabor de pruebas iniciales de pan molde.....	62
4.2.3.1.4	Estadístico de Tukey para atributo alveolado de pruebas iniciales de pan molde.....	63
4.2.3.1.5	Estadístico de Tukey para atributo adhesividad de las pruebas iniciales de pan de molde.....	63
4.2.3.2	Control de pH, acidez y humedad en las pruebas iniciales de pan molde	64
4.2.3.2.1	Control de contenido de humedad en muestras de pan molde	64
4.2.4.2	Control de pH en muestras de pan molde.....	66
4.2.4.3	Control de acidez (ácido láctico) en muestras de pan molde.....	67
4.3	Diseño factorial 2^3 en la etapa de dosificación para la elaboración de pan molde.....	68
4.3.1	Variable respuesta de contenido de humedad en la etapa de dosificación del pan molde.....	69
4.3.2	Variable respuesta pH en la etapa de dosificación del pan molde.....	72
4.3.3	Variable respuesta acidez (ácido láctico) en la etapa de dosificación del pan molde.....	75
4.4	Estadístico de caja y bigote para comparar muestra experimental e ideal de pan molde enriquecido con harina de avena y algarroba.....	79
4.5	Diseño factorial 2^2 en la etapa de horneado para la elaboración de pan molde.....	80
4.6	Estadístico de caja y bigote para muestra final de pan molde enriquecido con harina de avena y algarroba.....	84
4.7	Caracterización del producto terminado.....	84
4.7.1	Análisis fisicoquímico del pan molde enriquecido con harina de avena y algarroba.....	84

4.7.2	Análisis microbiológico del pan molde enriquecido con harina de avena y algarroba.....	85
4.8	Control de pH, acidez y contenido de humedad en pan molde enriquecido con harina de avena y algarroba durante el almacenamiento.....	86
4.8.1	Control de (pH) en el pan molde durante el almacenamiento.....	86
4.8.2	Control de acidez (ácido láctico) en el pan molde durante el almacenamiento.....	88
4.8.3	Control de contenido de humedad en el pan molde durante el almacenamiento.....	89
4.9	Balance de materia en el proceso de elaboración de pan molde enriquecido con harina de avena y algarroba.....	91
4.9.1	Balance de materia para la activación de la levadura.....	94
4.9.2	Balance de materia para preparar la solución de salmuera.....	95
4.9.3	Balance de materia en la etapa de pre-mezclado.....	95
4.9.4	Balance de materia en la etapa de mezclado.....	96
4.9.5	Balance de materia en la etapa de amasado.....	97
4.9.6	Balance de materia parcial en la etapa de horneado.....	98
4.9.7	Balance de materia en la etapa de enfriado.....	99
4.9.8	Balance de materia en la etapa de envasado.....	101
4.10	Resumen general del balance de materia para el proceso de elaboración de pan molde enriquecido con harina de avena y algarroba.....	102
4.11	Balance de energía para el calentamiento del agua para solución de salmuera	103
4.12	Balance de energía para la etapa de fermentación de la masa de pan molde	105
4.13	Balance de energía para el horneado del pan molde.....	106
4.13.1	Balance de energía para calentar el horno	107
4.13.2	Balance de energía para calentar el molde del pan.....	108
4.13.3	Balance de energía para cocción de la masa de pan.....	109
4.13.4	Balance de energía para evaporar el agua de la masa del pan molde.....	111
4.14	Balance de energía para determinar la cantidad de calor necesario en la elaboración del pan molde.....	112

CAPÍTULO V - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

		Pág
5.1	Conclusiones.....	113
5.2	Recomendaciones.....	115
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

INDICE DE TABLAS

	Pág
Tabla 2.1	Valor nutricional de panes molde..... 12
Tabla 2.2	Composición químico-nutricional de la harina de trigo..... 13
Tabla 2.3	Composición química de la harina de avena..... 15
Tabla 2.4	Composición químico-nutricional de harina de algarroba..... 19
Tabla 3.1	Material de laboratorio..... 36
Tabla 3.2	Utensilios de cocina para la elaboración de pan tipo enriquecido con harina de avena y algarroba..... 37
Tabla 3.3	Materias primas..... 37
Tabla 3.4	Insumos y aditivos utilizados en la elaboración de pan molde enriquecido con harina de avena y algarroba..... 38
Tabla 3.5	Reactivos químicos utilizados en la determinación de acidez... 38
Tabla 3.6	Análisis fisicoquímico de la harina de trigo y avena..... 39
Tabla 3.7	Análisis fisicoquímico de la harina de algarroba..... 39
Tabla 3.8	Análisis microbiológico de la harina de trigo, avena y algarroba..... 40
Tabla 3.9	Análisis fisicoquímico de pan molde enriquecido con harina de avena y algarroba..... 43
Tabla 3.10	Análisis microbiológico de pan molde enriquecido con harina de avena y algarroba..... 43
Tabla 3.11	Matriz de diseño factorial aplicado en la etapa de dosificación para elaboración de pan molde enriquecido con harina de avena y algarroba..... 46
Tabla 3.12	Niveles de variación de los factores en la etapa de dosificación..... 47
Tabla 3.13	Matriz de variables para etapa de horneado del pan molde..... 48
Tabla 3.14	Matriz de niveles de variación para la etapa de horneado..... 48
Tabla 4.1	Análisis fisicoquímico de harina de trigo..... 50
Tabla 4.2	Análisis microbiológico de harina de trigo..... 51
Tabla 4.3	Análisis fisicoquímico de harina de avena..... 51
Tabla 4.4	Análisis microbiológico de harina de avena..... 52
Tabla 4.5	Análisis fisicoquímico de harina de algarroba..... 52
Tabla 4.6	Análisis microbiológico de harina de algarroba..... 53

Tabla 4.7	Variación de dosificación para la elaboración de pan común...	53
Tabla 4.8	Dosificación y parámetros de proceso de muestra preliminar final.....	56
Tabla 4.9	Variación en la dosificación de harina de avena y algarroba en pan común.....	57
Tabla 4.10	Variación en la dosificación de harinas de avena y algarroba en pan de molde.....	59
Tabla 4.11	Estadístico de Tukey para atributo color de pruebas iniciales de pan molde.....	61
Tabla 4.12	Estadístico de Tukey para atributo olor de pruebas iniciales de pan molde.....	62
Tabla 4.13	Estadístico de Tukey para atributo sabor de pruebas iniciales de pan molde.....	62
Tabla 4.14	Estadístico de Tukey para atributo alveolado de pruebas iniciales de pan molde.....	63
Tabla 4.15	Estadístico de Tukey para atributo adhesividad de pruebas iniciales de pan molde.....	63
Tabla 4.16	Variación de contenido de humedad en muestras de pan molde.....	65
Tabla 4.17	Variación de pH en muestras de pan molde.....	66
Tabla 4.18	Variación de acidez (ácido láctico) en muestras de pan molde.	67
Tabla 4.19	Análisis de varianza en función de la variable respuesta contenido de humedad.....	69
Tabla 4.20	Análisis de varianza en función de la variable respuesta pH.....	73
Tabla 4.21	Análisis de varianza en función de la variable respuesta acidez (ácido láctico).....	76
Tabla 4.22	Formulación porcentual de muestra para diseño experimental.	80
Tabla 4.23	Análisis de varianza en función de la variable respuesta contenido de humedad final.....	81
Tabla 4.24	Análisis fisicoquímico del pan molde enriquecido con harina de avena y algarroba.....	85
Tabla 4.25	Análisis microbiológico del pan molde enriquecido con harina de avena y algarroba.....	85

Tabla 4.26	Variación de (pH) en el pan molde durante el almacenamiento.....	86
Tabla 4.27	Variación de acidez del pan molde en el almacenamiento.....	88
Tabla 4.28	Variación de contenido de humedad del pan molde en el almacenamiento.....	89
Tabla 4.29	Calores específicos de componentes alimentarios.....	109

INDICE DE FIGURAS

	Pág
Figura 2.1	Tipos de pan según reglamentación técnico-sanitaria española... 8
Figura 2.2	Fermentación alcohólica en el pan..... 25
Figura 2.3	Fermentación láctica..... 26
Figura 3.1	Horno semi-industrial a gas natural..... 32
Figura 3.2	Cocina industrial..... 33
Figura 3.3	Incubadora..... 33
Figura 3.4	Balanza digital..... 34
Figura 3.5	pH-metro digital 34
Figura 3.6	Bureta digital o titulador..... 35
Figura 3.7	Termobalanza..... 35
Figura 3.8	Agitador magnético..... 36
Figura 3.9	Diagrama de proceso de elaboración de pan molde enriquecido con harina de avena y algarroba..... 40
Figura 3.10	Evaluaciones sensoriales de pan tipo molde enriquecido con harina de avena y algarroba..... 44
Figura 4.1	Dosificación para pruebas preliminares de pan común..... 54
Figura 4.2	Pruebas preliminares de pan común..... 54
Figura 4.3	Pruebas preliminares finales de pan común 55
Figura 4.4	Caja y Bigote para pruebas preliminares final de pan común..... 56
Figura 4.5	Porcentajes en la variación de las harinas de avena y algarroba en pan común..... 57
Figura 4.6	Dosificación de harina avena y algarroba en pan común..... 58
Figura 4.7	Pruebas iniciales de pan molde..... 59
Figura 4.8	Pruebas iniciales de pan molde evaluadas sensorialmente..... 60

Figura 4.9	Caja y Bigote para las pruebas iniciales de pan de molde.....	60
Figura 4.10	Control de contenido de humedad en muestras de pan molde....	65
Figura 4.11	Control de pH en muestras de pan molde.....	66
Figura 4.12	Control de acidez (ácido láctico) en muestras de pan molde.....	68
Figura 4.13	Efectos principales para contenido de humedad.....	70
Figura 4.14	Interacción de factores para contenido de humedad.....	71
Figura 4.15	Diagrama de Pareto estandarizado para contenido de humedad..	72
Figura 4.16	Efectos principales para pH.....	73
Figura 4.17	Interacción de factores para pH.....	74
Figura 4.18	Diagrama de Pareto estandarizado para pH	75
Figura 4.19	Efectos principales para acidez (ácido láctico).....	76
Figura 4.20	Interacción de factores para acidez (ácido láctico).....	77
Figura 4.21	Diagrama de Pareto estandarizado para acidez (ácido láctico)....	78
Figura 4.22	Caja y Bigote para comparar muestra experimental e ideal de pan molde enriquecido con harina de avena y algarroba.....	79
Figura 4.23	Efectos principales para contenido de humedad final.....	81
Figura 4.24	Interacción de factores para contenido de humedad final.....	82
Figura 4.25	Diagrama de Pareto estandarizado para contenido de humedad final.....	83
Figura 4.26	Caja y Bigote para muestra final de pan molde enriquecido con harina de avena y algarroba.....	84
Figura 4.27	Control de pH en pan molde durante el almacenamiento.....	87
Figura 4.28	Control de acidez (ácido láctico) en pan molde durante el almacenamiento.....	88
Figura 4.29	Control de contenido de humedad en pan molde durante el almacenamiento	90
Figura 4.30	Balance de materia general en el proceso de elaboración de pan molde enriquecido con harina de avena y algarroba.....	91
Figura 4.31	Activación de la levadura.....	94
Figura 4.32	Solución de salmuera.....	95
Figura 4.33	Pre-mezclado.....	96
Figura 4.34	Mezclado.....	97
Figura 4.35	Amasado.....	97
Figura 4.36	Horneado.....	98

Figura 4.37	Enfriado.....	100
Figura 4.38	Envasado.....	101
Figura 4.39	Resumen general de materia para el proceso de elaboración de pan molde enriquecido con harina de avena y algarroba.....	102
Figura 4.40	Calentamiento del agua.....	103
Figura 4.41	Fermentación.....	105
Figura 4.42	Horneado.....	106

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1	Clasificación del pan.....	7
Cuadro 2.2	Operacionalizacione de variables para la elaboracion de pan molde enriquecido con harina de avena y algarroba.....	49