

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



**ELABORACIÓN DE PAN ESPECIAL DE LECHE ENRIQUECIDO CON
HARINA DE QUINUA**

POR:

KATHERIN JARED RAMOS JUÁREZ

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, 2023

TARIJA – BOLIVIA

.....
M.Sc. Ing. Marcelo Segovia Cortez
DECANO
FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA

.....
M.Sc. Lic. Gustavo Succi Aguirre
VICEDECANO
FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA

.....
Ing. Jesús Zamora Gutiérrez
DIRECTOR
DPTO. BIOTECNOLOGÍA Y
CIENCIAS DE LOS ALIMENTOS

.....
M.Sc. Ing. Erick Ramírez Ruiz
DOCENTE GUÍA

.....
Ing. Luis Fernando Zenteno Benítez
TRIBUNAL

.....
Ing. Never Gustavo Avendaño Vásquez
TRIBUNAL

.....
Ing. Beatriz Margot Sossa Márquez
TRIBUNAL

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

Pensamiento:

“Con Dios está la sabiduría y el poder; suyo es el consejo y la inteligencia”.

Job 12:13

Dedicatoria:

A Dios, el forjador de mi camino.

A mis queridos padres y hermanos (a); por darme su amor y apoyo incondicionalmente.

Agradecimientos:

A Dios, su amor y su bondad no tienen fin, me permite sonreír ante todos mis logros que es el resultado de su misericordia.

A mis amados padres; Fabian Ramos y Domitila Juárez porque ellos han dado razón a mi vida, por cada día confiar en mí, por siempre desear y anhelar lo mejor para mi vida, gracias por tanto.

A mis queridos hermanos (a); Arnold, Natanael y Febe por estar a mi lado, por sus palabras de aliento en todo momento.

A mis compañeros y en especial a mis amigas (os) les agradezco infinitamente por brindarme su amistad, compartir momentos de alegrías y tristezas, por su apoyo moral.

A mi docente guía; Ing. Erick Ramírez R. por sus consejos, su orientación y paciencia mismos que contribuyeron en la conclusión de este trabajo de investigación.

A mis docentes; por haberme compartido sus conocimientos a lo largo de mi preparación académica, de manera especial a mis docentes tribunales: Ing. Luis Zenteno, Ing. Beatriz Sossa, Ing. Never Avendaño por sus enseñanzas y sus consejos para la culminación del presente trabajo.

ÍNDICE

Resumen

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

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
1.6	Planteamiento del problema.....	4
1.7	Formulación del problema.....	5
1.8	Hipótesis.....	5

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1	Origen del pan de leche.....	6
2.2	Definición del pan de manera general.....	6
2.3	Clasificación del pan en general.....	6
2.4	Composición fisicoquímica del pan común.....	7
2.4.1	Características físicas del pan en general.....	8
2.4.2	Propiedades nutricionales del pan en general.....	8
2.5	Aplicación del pan común para el consumo del ser humano.....	9
2.6	Caracterización de la harina de trigo y quinua utilizadas en la elaboración de pan especial de leche enriquecido con harina de quinua..	9
2.6.1.1	Composición fisicoquímica de la harina de trigo.....	9
2.6.2	Harina de quinua blanca.....	10
2.6.2.1	Composición fisicoquímica de la harina de quinua blanca.....	11
2.6.2.2	Valor nutritivo de la harina de quinua.....	12

2.7	Caracterización de los insumos alimentarios en la elaboración de pan especial de leche enriquecido con harina de quinua.....	12
2.7.1	Leche en polvo.....	13
2.7.1.1	Composición de la leche en polvo.....	13
2.7.2	Levadura seca.....	13
2.7.3	Azúcar blanca.....	14
2.7.4	Sal.....	14
2.7.5	Materia grasa (aceite vegetal).....	15
2.7.6	Agua.....	15
2.8	Tipo de proceso tecnológico en la elaboración del pan.....	15
2.9	Descripción del método de proceso seleccionado para la elaboración de pan especial de leche enriquecido con harina de quinua.....	16
2.9.1	Pesado.....	16
2.9.2	Amasado.....	16
2.9.2.1	Formación de la masa durante el amasado.....	17
2.9.3	Fermentación de la masa después del amasado.....	17
2.9.3.1	Factores propios de la masa.....	18
2.9.4	División de la masa.....	18
2.9.5	Cocción de la masa.....	18
2.9.6	Conservación del pan en general.....	19
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		
3.1	Desarrollo de la parte experimental.....	20
3.2	Tipo de intervención experimental.....	20
3.2.1	Experimento.....	20
3.3	Tipo de investigación.....	20
3.3.1	Investigación experimental.....	21
3.4	Paradigma.....	21
3.4.1	Paradigma positivista.....	21

3.5	Enfoque cuantitativo.....	22
3.6	Métodos técnicas e instrumentos.....	22
3.6.1	Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la harina de trigo y quinua.....	22
3.6.1.2	Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el pan especial de leche enriquecido con harina de quinua.....	23
3.6.2	Equipos utilizados en el proceso de elaboración de pan especial.....	24
3.6.3	Instrumentos de laboratorio utilizados en el proceso de elaboración de pan especial.....	24
3.6.4	Material de laboratorio utilizados en el proceso de elaboración de pan especial.....	25
3.6.5	Utensilios de cocina utilizados en el proceso de elaboración de pan especial.....	25
3.6.6	Reactivos químicos utilizados en el proceso de elaboración de pan especial.....	26
3.6.7	Insumos alimentarios utilizados en el proceso de elaboración de pan especial.....	26
3.7	Diagrama del proceso de elaboración de pan especial.....	26
3.7.1	Descripción del diagrama para el proceso de elaboración de pan especial.....	27
3.7.1.1	Dosificación.....	28
3.7.1.2	Pre-mezclado.....	28
3.7.1.3	Mezclado.....	29
3.7.1.4	Amasado.....	30
3.7.1.5	Primera fermentación de la masa.....	31
3.7.1.6	División de la masa.....	31
3.7.1.7	Boleado de la masa.....	32
3.7.1.8	Segunda fermentación de la masa.....	33
3.7.1.9	Horneado.....	33
3.7.1.10	Enfriado.....	34

3.7.1.11	Envasado.....	34
3.8	Evaluación sensorial.....	34
3.9.	Diseño experimental.....	36
3.9.1.	Diseño factorial.....	36
3.9.1.1.	Diseño factorial 2 ³	36
3.9.1.2	Diseño factorial 2 ³ en el proceso de dosificación para la elaboración de pan especial.....	36
3.10.	Operacionalización de variables para la elaboración de pan especial...	38

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Caracterización de la harina de trigo y harina de quinua	39
4.1.1	Análisis fisicoquímico de la harina de trigo.....	39
4.1.2	Análisis microbiológico de la harina de trigo.....	39
4.1.3	Análisis fisicoquímico de la harina de quinua blanca.....	40
4.1.4	Análisis microbiológico de la harina de quinua blanca.....	41
4.2	Caracterización de las variables del proceso de elaboración del pan especial de leche enriquecido con harina de quinua.....	41
4.2.1	Desarrollo de ensayos preliminares para la elaboración de pan común.	41
4.2.2	Pruebas preliminares del pan común para el ensayo 1.....	42
4.2.3	Pruebas preliminares del pan común para el ensayo 2.....	44
4.2.3.1	Estadístico de caja y bigote del pan común para el ensayo 2.....	45
4.2.3.2	Control fisicoquímico del pan común para el ensayo 2.....	46
4.2.3.2.1	Control de pH del pan común para el ensayo 2.....	46
4.2.3.2.2	Control del contenido de humedad del pan común para el ensayo 2....	47
4.2.3.2.3	Control de acidez (ácido láctico) del pan común para el ensayo 2.....	48
4.2.4	Pruebas preliminares para seleccionar el tipo de levadura del pan común para el ensayo 3.....	49
4.2.4.1	Estadístico de caja y bigote del pan común para el ensayo 3.....	50
4.2.4.2	Estadístico de Tukey para el atributo de forma del pan común para el ensayo 3.....	51

4.2.4.3	Parámetros físicos del pan común para el ensayo 3.....	52
4.2.5	Pruebas preliminares para la selección de marca de harina de trigo del pan común para el ensayo 4.....	54
4.2.5.1	Estadístico de caja y bigote del pan común para el ensayo 4.....	56
4.2.6	Pruebas preliminares incorporando harina de quinua para el ensayo 5..	57
4.2.6.1	Estadístico caja y bigote para el ensayo 5.....	59
4.2.7	Pruebas preliminares incorporando leche para el ensayo 6.....	60
4.2.8	Selección del tipo de leche y muestra final para el ensayo 7.....	62
4.2.8.1	Estadístico caja y bigote para seleccionar el tipo de leche para el ensayo 7.....	63
4.2.8.1.1	Estadístico de Tukey del atributo sabor para el ensayo 7.....	63
4.2.8.2	Control fisicoquímico en la selección de la muestra ideal para el ensayo 7.....	64
4.2.9	Dosificaciones realizadas al diseño factorial 2^3 en la etapa de dosificación para la elaboración del pan especial.....	65
4.3	Diseño factorial 2^3 en la etapa de dosificación para la elaboración de pan especial.....	66
4.3.1	Variable respuesta de contenido de humedad en la etapa de dosificación.....	66
4.3.2	Variable respuesta pH de en la etapa de dosificación de pan especial...	70
4.3.3	Variable respuesta de acidez (ácido láctico) en la etapa de dosificación del pan especial.....	73
4.4	Control de los parámetros fisicoquímicos del pan especial para el factor harina de quinua.....	77
4.4.1	Control de contenido de humedad para el nivel superior del factor harina de quinua.....	77
4.4.2	Control de contenido de humedad para el nivel inferior del factor harina de quinua.....	78
4.4.3	Control de pH para el nivel superior del factor harina de quinua.....	80
4.4.4	Control de pH para el nivel inferior del factor harina de quinua.....	81

4.4.5	Control de acidez (ácido láctico) para el nivel superior en función del factor harina de quinua.....	82
4.4.6	Control de acidez (ácido láctico) para el nivel inferior del factor harina de quinua.....	84
4.4.7	Selección de muestra de pan especial en función del factor harina de quinua.....	85
4.4.7.1	Estadístico de caja y bigote para el nivel superior.....	85
4.4.7.2	Estadístico de caja y bigote para el nivel inferior.....	86
4.5	Selección de muestra final del pan especial de leche enriquecido con harina de quinua.....	88
4.5.1	Estadístico de caja y bigote para selección de muestra final.....	88
4.6	Caracterización del pan especial de leche enriquecido con harina de quinua.....	89
4.6.1	Análisis físico en el pan especial de leche enriquecido con harina de quinua.....	89
4.6.2	Análisis fisicoquímico en el pan especial de leche enriquecido con harina de quinua.....	89
4.6.3	Análisis microbiológico del pan especial de leche enriquecido con harina de quinua.....	90
4.6.4	Evaluación sensorial para para el grado de aceptabilidad del pan especial.....	91
4.7	Control de parámetros fisicoquímicos del pan especial durante el almacenamiento.....	92
4.7.1	Control de pH en el pan especial durante el almacenamiento.....	92
4.7.2	Control de acidez (ácido láctico) en el pan especial durante el almacenamiento.....	93
4.7.3	Control del contenido de humedad en el pan especial durante el almacenamiento.....	95
4.8	Balance de materia en el proceso de elaboración de pan especial enriquecido con harina de quinua.....	96
4.8.1	Balance de materia para la activación de la levadura.....	100
4.8.2	Balance de materia en la etapa de premezclado.....	102

4.8.3	Balance de materia en la etapa de mezclado.....	103
4.8.4	Balance de materia general en la etapa de amasado.....	104
4.8.5	Balance de materia en la etapa de primera fermentación.....	105
4.8.6	Balance de materia en la etapa de desgasificación y división de la masa.....	106
4.8.7	Balance de materia en la etapa de segunda fermentación.....	107
4.8.8	Balance de materia en la etapa de horneado.....	108
4.8.9	Balance de materia en la etapa de enfriado.....	110
4.8.10	Balance de materia en la etapa de envasado.....	111
4.9	Resumen general del balance de materia en el proceso.....	112
4.10	Balance de energía en el calentamiento del agua.....	113
4.11	Balance de energía para la etapa de fermentación de la masa del pan especial.....	115
4.12	Balance de energía para el proceso de horneado en el pan especial...	116
4.12.1	Balance de energía para calentar el horno.....	117
4.12.2	Balance de energía para calentar la bandeja del horno.....	118
4.12.3	Balance de energía para hornear la masa del pan especial.....	119
4.12.4	Balance de energía para evaporar el agua de la masa del pan especial.....	121
4.13	Balance de energía para determinar la cantidad de calor total necesario en la elaboración del pan especial.....	121

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones.....	123
5.2	Recomendaciones.....	125

Bibliografía

Anexo

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Clasificación del pan en general.....	7
Figura 2.2	Importancia del amasado.....	16
Figura 2.3	Factores de control en fermentación de la masa.....	18
Figura 2.4	Las tres etapas importantes de cocción en la masa.....	19
Figura 3.1	Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la harina de trigo y quinua.....	23
Figura 3.2	Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el pan especial de leche enriquecido con harina de quinua.....	23
Figura 3.3	Descripción de equipos utilizados en el proceso.....	24
Figura 3.4	Instrumentos de laboratorio utilizados en el proceso.....	24
Figura 3.5	Descripción de los insumos alimentario utilizados en el proceso....	26
Figura 3.6	Diagrama de elaboración de pan especial de leche enriquecido con harina de quinua.....	27
Figura 3.7	Dosificación de materias primas e insumos alimentarios.....	28
Figura 3.8	Pre-mezclado de ingredientes en polvo.....	28
Figura 3.9	Adición de insumos alimentarios líquidos.....	29
Figura 3.10	Activación de la levadura seca.....	29
Figura 3.11	Mezclado y formación de la masa.....	30
Figura 3.12	Amasado de la masa.....	30
Figura 3.13	Primera fermentación de la masa.....	31
Figura 3.14	Desgasificación y división de la masa.....	32
Figura 3.15	Boleado de la masa.....	32
Figura 3.16	Segunda fermentación del pan especial.....	33
Figura 3.17	Horneado del pan especial de leche.....	33
Figura 3.18	Enfriado del pan.....	34
Figura 3.19	Envasado del pan especial.....	34
Figura 3.20	Evaluaciones sensoriales en el presente trabajo de investigación...	35

Figura 4.1	Ensayos preliminares para la obtención de la muestra ideal.....	42
Figura 4.2	Variación porcentual de harina de trigo e insumos alimentarios en pan común para el ensayo 1.....	43
Figura 4.3	Valoración subjetiva de pan común para el ensayo 1.....	44
Figura 4.4	Variación en las formulaciones de pan común para el ensayo 2.....	45
Figura 4.5	Caja y bigote del pan común para el ensayo 2.....	46
Figura 4.6	Control de pH en muestras de pan común para el ensayo 2.....	47
Figura 4.7	Control de contenido de humedad del pan común para el ensayo 2..	48
Figura 4.8	Control de acidez (ácido láctico) del pan común para el ensayo 2...	49
Figura 4.9	Tipo de levadura en el pan común para el ensayo 3.....	50
Figura 4.10	Caja y bigote del pan común para el ensayo 3.....	51
Figura 4.11	Variación del tipo de levadura en el pan común para el ensayo 3...	52
Figura 4.12	Variación en marcas de harina de trigo del pan común para el ensayo 4.....	55
Figura 4.13	Caja y bigote del pan común para el ensayo 4.....	56
Figura 4.14	Dosificación y valoración para el ensayo 5.....	58
Figura 4.15	Variación porcentual de harina de quinua para ensayo 5.....	59
Figura 4.16	Caja y bigote incorporando harina de quinua blanca para el ensayo 5.....	60
Figura 4.17	Incorporación porcentual y valoración de leche para el ensayo 6...	61
Figura 4.18	Selección del tipo de leche para el ensayo 7.....	62
Figura 4.19	Caja y bigote para la selección del tipo de leche para el ensayo 7...	63
Figura 4.20	Dosificación para el diseño experimental 2 ³	66
Figura 4.21	Efectos principales para el contenido de humedad (%)......	68
Figura 4.22	Interacción de factores para el contenido de humedad.....	68
Figura 4.23	Diagrama de pareto estandarizado para contenido de humedad.....	69
Figura 4.24	Efectos principales para pH.....	71
Figura 4.25	Interacción de factores para el pH.....	72

Figura 4.26	Diagrama de pareto estandarizado para el pH.....	73
Figura 4.27	Efectos principales para acidez (ácido láctico).....	75
Figura 4.28	Interacción de factores para acidez (ácido láctico).....	75
Figura 4.29	Diagrama de pareto estandarizado para acidez (ácido láctico).....	76
Figura 4.30	Control de contenido de humedad (%) para el nivel superior.....	78
Figura 4.31	Control de contenido de humedad (%) para el nivel inferior.....	79
Figura 4.32	Control de pH para el nivel superior.....	80
Figura 4.33	Control de pH para el nivel superior.....	82
Figura 4.34	Control de acidez (ácido láctico) para el nivel superior.....	83
Figura 4.35	Control de acidez (ácido láctico) para nivel superior.....	84
Figura 4.36	Caja y bigote para el nivel superior.....	86
Figura 4.37	Caja y bigote para el nivel inferior.....	87
Figura 4.38	Caja y bigote para selección de muestra final.....	88
Figura 4.39	Gráfica de aceptación del producto final.....	91
Figura 4.40	Control de pH durante el almacenamiento.....	93
Figura 4.41	Control de acidez (ácido láctico) durante el almacenamiento.....	94
Figura 4.42	Control de contenido de humedad (%) durante el almacenamiento..	95
Figura 4.43	Diagrama de flujo del balance de materia en el proceso de elaboración de pan de leche enriquecido con harina de quinua.....	97
Figura 4.44	Etapa de levadura.....	100
Figura 4.45	Etapa de pre- mezclado.....	102
Figura 4.46	Etapa de mezclado.....	103
Figura 4.47	Etapa de amasado.....	104
Figura 4.48	Etapa de primera fermentación.....	105
Figura 4.49	Etapa de división de la masa.....	107
Figura 4.50	Etapa de segunda fermentación.....	108
Figura 4.51	Etapa de horneado.....	109

Figura 4.52	Etapa de enfriado.....	110
Figura 4.53	Etapa de envasado.....	111
Figura 4.54	Resumen general del balance de materia para la obtención del pan especial de leche enriquecido con harina de quinua.....	112
Figura 4.55	Calentamiento del agua.....	113
Figura 4.56	Fermentación de la masa.....	115
Figura 4.57	Horneado.....	116

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Composición fisicoquímica del pan común.....	7
Tabla 2.2	Composición nutricional pan común y pan integral.....	8
Tabla 2.3	Composición fisicoquímica de la harina de trigo.....	10
Tabla 2.4	Composición química de los granos de quinua.....	11
Tabla 2.5	Contenido de aminoácidos esenciales en gramos de quinua.....	12
Tabla 2.6	Composición porcentual de la leche en polvo.....	13
Tabla 3.1	Niveles de variación de los factores para la dosificación.....	37
Tabla 3.2	Matriz de diseño factorial aplicado en la etapa de dosificación....	37
Tabla 3.3	Operacionalización de variables para la elaboración de pan especial de leche enriquecido con harina de quinua.....	38
Tabla 4.1	Análisis fisicoquímico de la harina de trigo Graciela.....	39
Tabla 4.2	Análisis microbiológico de la harina de trigo Graciela.....	40
Tabla 4.3	Análisis fisicoquímico de la harina de quinua.....	40
Tabla 4.4	Análisis microbiológico de la harina de quinua.....	41
Tabla 4.5	Variación en la dosificación de pan común para el ensayo 1.....	43
Tabla 4.6	Variación de pH entre muestras de pan común para el ensayo 2...	47
Tabla 4.7	Contenido de humedad en muestras de pan común para el ensayo 2.	47
Tabla 4.8	Variación de acidez (ácido láctico) en prueba preliminar para el ensayo 2.....	48

Tabla 4.9	Estadístico de Tukey para atributo forma del pan común para el ensayo 3.....	51
Tabla 4.10	Ecuaciones para los parámetros físicos del tipo de levadura.....	52
Tabla 4.11	Datos de los parámetros físicos del pan común para el ensayo 3...	53
Tabla 4.12	Promedios de los resultados de la variación de dosificación de levadura.....	54
Tabla 4.13	Parámetros controlados del pan común para el ensayo 4.....	57
Tabla 4.14	Variación en la dosificación incorporando harina de quinua para el ensayo 5.....	57
Tabla 4.15	Variación en la dosificación de leche líquida y en polvo para el ensayo 6.....	61
Tabla 4.16	Estadístico Tukey del atributo sabor para el ensayo 7.....	64
Tabla 4.17	Dosificación y parámetros de proceso de la muestra ideal del pan especial.....	64
Tabla 4.18	Variación de los parámetros fisicoquímicos para el ensayo 7.....	65
Tabla 4.19	Variación en la dosificación del pan especial de leche enriquecido con harina de quinua.....	65
Tabla 4.20	Análisis de varianza en función de la variable respuesta contenido de humedad.....	67
Tabla 4.21	Análisis de varianza en función a la variable respuesta pH.....	70
Tabla 4.22	Análisis de varianza en función a la variable respuesta de acidez (ácido láctico).....	74
Tabla 4.23	Combinación del nivel superior e inferior en función al factor harina de quinua.....	77
Tabla 4.24	Variación de contenido de humedad para nivel superior.....	77
Tabla 4.25	Variación del contenido de humedad para nivel inferior.....	79
Tabla 4.26	Variación de pH para nivel superior.....	80
Tabla 4.27	Variación de pH para nivel inferior.....	81
Tabla 4.28	Variación de acidez (ácido láctico) para nivel superior.....	83
Tabla 4.29	Variación de acidez (ácido láctico) para nivel inferior.....	84

Tabla 4.30	Parámetro físico del pan especial de leche enriquecido con harina de quinua.....	89
Tabla 4.31	Análisis fisicoquímico del pan especial de leche enriquecido con harina de quinua.....	90
Tabla 4.32	Análisis microbiológico del pan especial de leche enriquecido con harina de quinua.....	90
Tabla 4.33	Variación de pH en el pan especial durante el almacenamiento....	92
Tabla 4.34	Variación de acidez del pan especial durante el almacenamiento..	94
Tabla 4.35	Variación de contenido de humedad en el pan especial durante el almacenamiento.....	95
Tabla 4.36	Composición de componentes alimentarios.....	119