

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS**



**ELABORACIÓN DE PAN TIPO MOLDE CON HARINA DE ARROZ Y  
TRIGO**

**POR:**

**JOSE LUIS COPA HUANCA**

Trabajo final de grado presentado a consideración de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, como requisito para optar el grado Académico de Licenciado en Ingeniería de Alimentos.

**Noviembre, 2022**

**TARIJA-BOLIVIA**

**VºBº**

Msc. Ing. Marcelo Segovia Cortez  
**DECANO DE LA FACULTAD  
DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

Msc. Ing. Gustavo Succi Aguirre  
**VICEDECANO DE LA  
FACULTAD DE CIENCIAS Y  
TECNOLOGÍA**

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

Ing. Erick Ramírez Ruiz  
**DOCENTE GUÍA**

Ing. Mirtha Rosa Cuellar Solano  
**TRIBUNAL**

Ing. José Johnny Mercado Rojas  
**TRIBUNAL**

Ing. Weimar Torrejón Aguirre  
**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.

### **Dedicatoria**

El presente trabajo de grado va dedicado a:

A Dios por ser mi fuerza para continuar con este trabajo de grado y a mi familia y mi hermano por su apoyo y consejos.

### **Agradecimientos**

En primer lugar, agradecer a Dios que ha sido mi guía durante todo mi trabajo de grado. También quiero agradecer a mis docentes quienes con sus conocimientos y apoyo me guiaron a través de cada una de las etapas de esta tesis para alcanzar concluirla.

Agradecer a mi familia y en particular a mi hermano por ser mi apoyo incondicional durante toda mi vida universitaria.

### **Pensamiento**

“El éxito en la vida no se mide por lo que logras,  
sino por los obstáculos que superas”

**Laureano Gallardo**

## ÍNDICE

### CAPÍTULO I - INTRODUCCIÓN

Pág

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

### CAPÍTULO II - MARCO TEÓRICO

Pág

2.1	Origen del pan.....	6
2.2	Definición del pan.....	6
2.3	Clasificación de pan.....	6
2.3.1	Pan común.....	7
2.3.2	Pan especial.....	8
2.4	Valor nutricional del pan molde blanco.....	9
2.4.1	Propiedades beneficiosas del pan tipo molde con harina de arroz.....	9
2.5	Caracterización de las propiedades de harina de arroz y trigo.....	10
2.5.1	Harina de arroz.....	10
2.5.1.1	Composición fisicoquímica de la harina de arroz.....	10
2.5.1.1.1	Cenizas.....	10
2.5.1.1.2	Fibra.....	11
2.5.1.1.3	Grasa.....	11
2.5.1.1.4	Hidratos de carbono.....	11
2.5.1.1.5	Humedad.....	11

2.5.1.1.6	Proteína total.....	11
2.5.1.1.7	Valor energético.....	12
2.5.2	Harina de trigo.....	12
2.5.2.1	Composición fisicoquímica de la harina de trigo.....	12
2.5.2.1.1	Cenizas.....	13
2.5.2.1.2	Fibra.....	13
2.5.2.1.3	Grasa.....	13
2.5.2.1.4	Hidratos de carbono.....	13
2.5.2.1.5	Humedad.....	13
2.5.2.1.6	Proteínas.....	14
2.5.2.1.7	Valor energético.....	14
2.6	Propiedades de los insumos alimenticios utilizados en la elaboración del pan molde con harina de arroz y trigo.....	14
2.6.1	Levadura.....	15
2.6.2	Agua.....	15
2.6.3	Azúcar.....	16
2.6.4	Sal.....	16
2.6.5	Grasas.....	17
2.6.6	Mejorador de masa.....	17
2.7	Operaciones en el proceso de elaboración de productos panificados.....	17
2.7.1	Amasado.....	17
2.7.1.1	Funciones del amasado.....	18
2.8	Fermentación bioquímica del pan.....	18
2.8.1	Fermentación alcohólica en el pan.....	20
2.8.2	Fermentación láctica.....	21
2.8.2.1	Factores que influyen en la fermentación del pan.....	21
2.8.2.2.1	Factores vinculados a las materias primas.....	21
2.8.2.3	Factores referidos a la formación de la masa.....	22
2.8.2.4	Factores externos en la fermentación del pan.....	23
2.8.3	Horneado y cocción.....	23
2.9.	Factores importantes durante el proceso de elaboración de productos panificados.....	24
2.9.1	El gluten.....	24



2.9.2	Hidratación.....	24
2.9.3	Extensibilidad.....	25
2.9.4	Elasticidad.....	25
2.9.5	Tenacidad.....	25
2.9.6	Fuerza.....	25
2.9.7	Humedad.....	26

### **CAPÍTULO III - DISEÑO METODOLÓGICO**

		<b>Pág</b>
3.1	Desarrollo de la parte experimental.....	27
3.2	Equipos de proceso, instrumentos de laboratorio, materiales de laboratorio y materiales de cocina.....	27
3.2.1	Equipos del proceso.....	27
3.2.1.1	Horno semi industrial a gas natural.....	27
3.2.1.2	Estufa.....	28
3.2.1.3	Cocina industrial a gas natural.....	28
3.2.2	Instrumentos de laboratorio.....	29
3.2.2.1	Balanza Analítica digital.....	29
3.2.2.2	Bureta digital.....	29
3.2.2.3	Termobalanza.....	30
3.2.2.4	Agitador magnético.....	30
3.2.2.5	pH-metro.....	31
3.2.3	Materiales de laboratorio.....	31
3.2.4	Materiales de cocina.....	31
3.3	Materia prima, insumos alimenticios y reactivos químicos de laboratorio.....	31
3.3.1	Materia prima.....	32
3.3.2	Insumos alimenticios.....	32
3.3.3	Aditivos químicos de grado alimentario para la elaboración del pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	32
3.3.4	Reactivos químicos de laboratorio.....	33
3.5	Diagrama de bloque para la elaboración de pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	34

3.5.1	Descripción del diagrama de bloque para la elaboración de pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	35
3.5.1.1	Dosificado.....	35
3.5.1.2	Mezclado en seco.....	35
3.5.1.3	Mezclado en húmedo.....	35
3.5.1.4	Amasado.....	35
3.5.1.5	Moldeado.....	36
3.5.1.6	Fermentado.....	36
3.5.1.7	Horneado.....	36
3.5.1.8	Enfriamiento.....	36
3.5.1.9	Envasado.....	36
3.6	Metodología para la obtención de resultados.....	37
3.6.1	Caracterización de la harina de arroz.....	37
3.6.1.1	Análisis de los parámetros fisicoquímicos de la harina de arroz..	37
3.6.1.2	Análisis de los parámetros microbiológicos de la harina de arroz.....	37
3.6.2	Caracterización de la harina de trigo.....	38
3.6.2.1	Análisis de los parámetros fisicoquímicos de la harina de trigo..	38
3.6.2.2	Análisis de los parámetros microbiológicos de la harina de trigo.....	38
3.6.3	Caracterización del pan tipo molde con harina de arroz y trigo...	39
3.6.3.1	Parámetros fisicoquímicos del pan tipo molde.....	39
3.6.3.2	Parámetros microbiológicos del pan tipo molde.....	40
3.7	Evaluación sensorial de los alimentos.....	40
3.8	Diseño experimental.....	41
3.8.1	Diseño factorial $2^3$ .....	42
3.8.1.1	Diseño experimental en la etapa de dosificación y fermentación del pan tipo molde.....	43
3.8.2	Diseño factorial $2^2$ .....	44
3.8.2.1	Diseño experimental en la etapa de horneado del pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	45
3.9	Operacionalización de variables para la elaboración de pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	46

## **CAPITULO IV - RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1	Caracterización de la harina de arroz y harina de trigo.....	48
4.1.1	Análisis de los parámetros fisicoquímicos de la harina de arroz..	48
4.1.2	Análisis de los parámetros microbiológicos de la harina de arroz.	48
4.1.3	Análisis de los parámetros fisicoquímicos de la harina trigo.....	49
4.1.4	Análisis de los parámetros microbiológicos de la harina de trigo..	50
4.2	Caracterización de las variables del proceso de elaboración de pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	50
4.2.1	Pruebas iniciales de pan tipo molde con harina de arroz-maicena-sin goma xantana.....	51
4.2.2	Pruebas iniciales de pan tipo molde con harina de arroz, maicena y con goma xantana.....	53
4.2.3	Comparación de las pruebas de pan tipo molde sin goma xantana y con goma xantana.....	54
4.2.4	Formulación de la prueba inicial de pan tipo molde incorporando harina de trigo.....	57
4.2.5	Desarrollo de las pruebas preliminares para la elaboración de pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	58
4.2.5.1	Estadístico caja y bigote de las Pruebas preliminares de pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	60
4.2.5.1.1	Estadísticos de Tukey para el atributo olor de pruebas preliminares de pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	60
4.2.5.1.2	Estadísticos de Tukey para el atributo textura de pruebas preliminares de pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	61
4.3	Diseño factorial 2 <sup>3</sup> en la etapa de dosificación y fermentación de pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	62
4.3.1	Variable respuesta acidez (ácido láctico) en pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	62
4.3.2	Variable respuesta contenido de humedad en el pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	66
4.3.3	Evaluación sensorial de pruebas del diseño experimental de pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	69

4.3.3.1	Estadístico caja y bigote de pruebas del diseño experimental de pan tipo molde con harina de arroz y trigo nivel inferior.....	69
4.3.3.1.1	Estadísticos de Tukey para el atributo textura de pruebas del diseño experimental de pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	70
4.3.3.2	Estadístico caja y bigote de pruebas del diseño experimental de pan tipo molde con harina de arroz y trigo nivel superior.....	70
4.3.3.2.1	Estadísticos de Tukey para el atributo olor en pruebas del diseño experimental de pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	71
4.3.4	Comparación de muestra ideal con pruebas del diseño experimental de nivel superior e inferior de pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	72
4.4	Diseño factorial 2 <sup>2</sup> en la etapa de horneado del pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	73
4.4.1	Evaluación sensorial de pruebas experimentales en el horneado de pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	75
4.4.1.1	Estadístico caja y bigote de las pruebas experimentales de pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	76
4.4.1.1.1	Estadísticos de Tukey para el atributo textura de Pruebas experimentales de pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	76
4.5	Estadístico de caja y bigote para prueba final de pan molde con harina de arroz y trigo.....	77
4.6	Caracterización del producto terminado.....	78
4.6.1	Análisis fisicoquímico del pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	78
4.6.2	Análisis microbiológico del pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	79
4.7	Control del contenido de humedad, pH y acidez durante el almacenamiento del pan tipo molde con harina de arroz y trigo...	80
4.7.1	Control del contenido de humedad del pan tipo molde con harina de arroz y trigo durante el almacenamiento.....	80
4.7.2	Control de pH del pan tipo molde con harina de arroz y trigo durante el almacenamiento.....	81

4.7.3	Control del porcentaje de acidez del pan tipo molde con harina de arroz y trigo durante el almacenamiento.....	83
4.8	Balance de materia para la elaboración de pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	84
4.8.1	Balance de materia para la activación de la levadura.....	87
4.8.2	Balance de materia en la etapa de mezclado en seco.....	88
4.8.3	Balance de materia en la etapa de mezclado en húmedo.....	89
4.8.4	Balance de materia en la etapa de amasado.....	90
4.8.5	Balance de materia parcial en la etapa de horneado.....	91
4.8.6	Balance de materia en la etapa de enfriado.....	92
4.8.7	Balance de materia en la etapa de envasado.....	94
4.8.8	Resumen del balance de materia para la elaboración de pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	96
4.9	Balance de energía en el calentamiento del agua para la activación de la levadura.....	98
4.9.1	Balance de energía para la etapa de fermentación de la masa de pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	100
4.9.2	Balance de energía para el horneado del pan tipo molde con harina de arroz y trigo .....	101
4.9.3	Balance de energía para calentar el horno.....	102
4.9.4	Balance de energía para calentar el molde del pan.....	103
4.9.5	Balance de energía para cocción de la masa de pan.....	104
4.9.6	Balance de energía para evaporar el agua de la masa del pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	106
4.9.7	Balance de energía para determinar la cantidad de calor total necesario en la elaboración del pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	106

**CAPITULO IV - CONCLUSIONES Y  
RECOMENDACIONES**

5.1	Conclusiones.....	108
5.2	Recomendaciones.....	110

<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>		<b>Pág</b>
Tabla 2.1	Valor nutricional de pan molde blanco.....	9
Tabla 2.2	Composición fisicoquímica de la harina de arroz.....	12
Tabla 2.3	Composición fisicoquímica de la harina de trigo.....	14
Tabla 3.1	Instrumentos de laboratorio utilizados en el proceso del pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	31
Tabla 3.2	Materiales de cocina utilizados en el proceso del pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	32
Tabla 3.3	Materia prima.....	32
Tabla 3.4	Insumos alimenticios para la elaboración del pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	33
Tabla 3.5	Aditivos químicos de grado alimentario.....	33
Tabla 3.6	Reactivos químicos de laboratorio.....	33
Tabla 3.7	Análisis de los parámetros fisicoquímicos de la harina de arroz..	37
Tabla 3.8	Análisis de los parámetros microbiológicos de la harina de arroz.	38
Tabla 3.9	Análisis de los parámetros fisicoquímicos de la harina de trigo...	38
Tabla 3.10	Análisis de los parámetros microbiológicos de la harina de trigo..	39
Tabla 3.11	Análisis de los parámetros fisicoquímicos del pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	39
Tabla 3.12	Análisis de los parámetros microbiológicos del pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	40
Tabla 3.13	Matriz de variables para la etapa de dosificación del pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	43
Tabla 3.14	Niveles de variación de los factores en la etapa de dosificación del pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	44
Tabla 3.15	Matriz de variables para la etapa de horneado del pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	46
Tabla 3.16	Matriz de niveles de variación para la etapa de horneado del pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	46

Tabla 4.1	Análisis de los parámetros fisicoquímicos de la harina de arroz..	48
Tabla 4.2	Análisis de los parámetros microbiológico de la harina de arroz..	49
Tabla 4.3	Análisis de los parámetros fisicoquímicos de la harina de trigo...	49
Tabla 4.4	Análisis de los parámetros microbiológicos de la harina de trigo..	50
Tabla 4.5	Variación de la dosificación de harina de arroz- maicena-sin goma xantana .....	51
Tabla 4.6	Variación de la dosificación de harina de arroz, maicena y goma xantana.....	53
Tabla 4.7	Variación de la dosificación de harina de arroz, maicena y goma xantana.....	55
Tabla 4.8	Formulación de la muestra del pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	57
Tabla 4.9	Variación de la dosificación de la mezcla de harina en pruebas preliminares.....	59
Tabla 4.10	Estadístico Tukey para el atributo olor.....	61
Tabla 4.11	Estadístico Tukey para el atributo textura.....	61
Tabla 4.12	Análisis de varianza en función de la variable acidez (ácido láctico).....	63
Tabla 4.13	Análisis de varianza en función de la variable contenido de humedad.....	66
Tabla 4.14	Estadístico Tukey para el atributo textura.....	70
Tabla 4.15	Estadístico Tukey para el atributo olor.....	72
Tabla 4.16	Análisis de varianza en función a la variable contenido de humedad.....	73
Tabla 4.17	Estadístico Tukey para el atributo textura.....	77
Tabla 4.18	Análisis fisicoquímico del producto terminado.....	79
Tabla 4.19	Análisis microbiológico del producto terminado.....	79
Tabla 4.20	Control del contenido de humedad del pan tipo molde con harina de arroz y trigo durante el almacenamiento.....	80
Tabla 4.21	Control de pH del pan tipo molde con harina de arroz y trigo durante el almacenamiento.....	82
Tabla 4.22	Control del porcentaje de acidez del pan tipo molde con harina de arroz y trigo durante el almacenamiento.....	83

Tabla 4.23	Capacidades caloríficas en función a la composición de los alimentos.....	104
Tabla 4.24	Resultados de la composición fisicoquímica del pan tipo molde.....	105

### ÍNDICE DE FIGURAS

		<b>Pág</b>
Figura 2.1	Tipos de pan según RTS de España.....	7
Figura 2.2	Fermentación láctica.....	21
Figura 3.1	Horno semi industrial.....	27
Figura 3.2	Estufa eléctrica.....	28
Figura 3.3	Cocina industrial a gas natural.....	28
Figura 3.4	Balanza de precisión.....	29
Figura 3.5	Bureta digital.....	29
Figura 3.6	Termobalanza.....	30
Figura 3.7	Agitador magnético.....	30
Figura 3.8	pH-metro.....	31
Figura 3.9	Diagrama de bloque para la elaboración del pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	34
Figura 3.10	Evaluaciones sensoriales del pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	41
Figura 4.1	Pruebas iniciales de pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	51
Figura 4.2	Porcentajes de la dosificación de harina de arroz-maicena-sin goma xantana.....	52
Figura 4.3	Valoración subjetiva de las pruebas iniciales con harina de arroz-maicena-sin goma xantana .....	52
Figura 4.4	Porcentajes de la dosificación de las pruebas iniciales con harina de arroz-maicena-con goma xantana.....	53
Figura 4.5	Valoración subjetiva de las pruebas iniciales con harina de arroz-maicena-con goma xantana.....	54
Figura 4.6	Porcentajes de la dosificación de harina de arroz, maicena, goma xantana y sin goma xantana .....	55
Figura 4.7	Valoración subjetiva de pan tipo molde con goma xantana y sin goma xantana.....	56



Figura 4.8	Formulación de la muestra incorporando harina de trigo y la muestra con goma xantana.....	57
Figura 4.9	Valoración subjetiva de la muestra con harina de trigo/muestra con goma xantana.....	58
Figura 4.10	Variación porcentual en la formulación de las pruebas preliminares.....	59
Figura 4.11	Caja y bigote de las Pruebas preliminares de pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	60
Figura 4.12	Diagrama Pareto estandarizada para el factor acidez.....	64
Figura 4.13	Efectos principales con relación al factor acidez.....	64
Figura 4.14	Interacciones de los factores con relación al factor acidez.....	65
Figura 4.15	Diagrama Pareto estandarizada para el contenido de humedad...	67
Figura 4.16	Efectos principales con relación al contenido de humedad.....	67
Figura 4.17	Interacciones de los factores con relación al contenido de humedad.....	68
Figura 4.18	Caja y bigote de las Pruebas experimentales de pan molde con harina de arroz y trigo nivel inferior.....	69
Figura 4.19	Caja y bigote de Pruebas experimentales de pan molde con harina de arroz y trigo nivel superior.....	71
Figura 4.20	Diagrama de Pareto estandarizado para el contenido de humedad.....	74
Figura 4.21	Efectos principales para el contenido de humedad del pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	74
Figura 4.22	Interacciones de los factores con relación al contenido de humedad del pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	75
Figura 4.23	Caja y bigote de las pruebas experimentales de pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	76
Figura 4.24	Caja y bigote para prueba final de pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	78
Figura 4.25	Control del contenido de humedad del pan tipo molde con harina de arroz y trigo durante el tiempo de almacenamiento.....	81
Figura 4.26	Control de variación de pH del pan molde con harina de arroz y trigo durante el tiempo de almacenamiento.....	82

Figura 4.27	Control de acidez del pan tipo molde con harina de arroz y trigo durante el tiempo de almacenamiento.....	83
Figura 4.28	Balance de materia general para el proceso de elaboración de pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	85
Figura 4.29	Activación de la levadura.....	87
Figura 4.30	Mezclado en seco.....	88
Figura 4.31	Mezclado en húmedo.....	89
Figura 4.32	Amasado.....	90
Figura 4.33	Horneado.....	91
Figura 4.34	Enfriado.....	93
Figura 4.35	Envasado.....	95
Figura 4.36	Resumen del balance de materia.....	97
Figura 4.37	Calentamiento del agua.....	98
Figura 4.38	Fermentación.....	100
Figura 4.39	Horneado.....	101

## ÍNDICE DE CUADROS

**Pág**

Cuadro 3.1	Operacionalización de variables para la elaboración de pan tipo molde con harina de arroz y trigo.....	47
------------	--	----