



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

“ESTUDIO DEL EFECTO DE GLUCOXIDASAS Y ALFA-AMILASAS EN LA ELABORACIÓN DE PAN CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE PAPA (*Solanum tuberosum*) NACIONAL”

Trabajo Estructurado de Manera Independiente (TEMI), previo la obtención del título de Ingeniera en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos

Por: María Marcela Pulloquina Lasluisa

Tutor: Ing. María Rodríguez MSc

AMBATO – ECUADOR

2011

APROBACIÓN DEL TUTOR DE TESIS

Ing. Msc. María Rodríguez

En mi calidad de Tutora, del Trabajo de Investigación realizado bajo el tema: **“ESTUDIO DEL EFECTO DE ALFA-AMILASA Y GLUCOXIDASA EN LA ELABORACIÓN DE PAN CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE PAPA (*solanum tuberosum*) NACIONAL”** de la Egresada: María Marcela Pulloquina Lasluisa, estudiante de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato; considero que dicho trabajo investigativo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del Jurado Examinador designado por el H. Consejo Directivo de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

Ambato, 3 de mayo 2011

.....
Ing. Msc. María Rodríguez

AUTORÍA DE LA TESIS

Los criterios emitidos en el siguiente trabajo de investigación **“ESTUDIO DEL EFECTO DE ALFA-AMILASA Y GLUCOXIDASA EN LA ELABORACIÓN DE PAN CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE PAPA (*Solanum tuberosum*) NACIONAL”** así también como los contenidos, ideas, análisis, y propuestas, son de responsabilidad de María Marcela Pulloquina Lasluisa y son parte del Proyecto de Investigación “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinoa y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” realizado en la Universidad Técnica de Ambato a través de la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT).

Ambato, 3 de mayo del 2011

.....

María Marcela Pulloquina Lasluisa

AUTORA

APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE GRADO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Trabajo de Graduación de acuerdo a las disposiciones emitidas por la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, junio del 2011

Para constancia firman:

.....
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

.....
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dedicatoria

A Dios y a la Virgen por cuidarme y guiarme por el camino de la vida.

A mi mamá querida Polanda y a mi hermano Marco que son dos pilares fundamentales, con su amor, confianza, esfuerzo y sacrificio incondicional me han brindado lo mejor para culminar mi carrera estudiantil.

A mis hermanos Fabian, Francisco, y a mi hermana Polanda por su apoyo y afecto brindado en todo momento.

A mi padre Raúl que tuvo que partir muy pronto, pero desde el lugar que este, me estará cuidando y protegiendo, y por ser fuente de inspiración y lucha continua en el día a día

A una excelente mujer que forma parte de mi familia Rosarito que con sus consejos, amor y sobre todo confianza me ha brindado ánimos para seguir adelante.

A mis sobrinos Andrea, Andrés, Dennis, y Anahí que con su inocencia, ternura y sus travесuras son mi mejor inspiración.

A Javier por ser la persona que en todo momento me ha brindado su amor y comprensión.

A mis mejores amigas y amigos: Angie, Meche, Rebe, Aleja, Joha, Darío y Víctor por brindarme la mejor amistad, por ser parte de los mejores momentos vividos durante mi carrera estudiantil, y por sus consejos brindados.

Con todo mi cariño y amor

Marcela

AGRADECIMIENTO

A mi madre y hermanos por la confianza depositada y sobre todo por creer en mí y brindarme esta gran oportunidad. A toda mi familia y amigos por estar presentes en todo momento brindándome ánimos.

A la Universidad Técnica de Ambato, en especial a la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos ya que mediante el personal docente me permitió formarme profesionalmente.

A la Unidad Operativa de Investigación en Tecnología en Alimentos a (UOITA), por el financiamiento de este trabajo de investigación mediante el proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinoa y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” – PHPPF y por su intermedio al Ing. Galo Sandoval, Director del Proyecto y de manera muy especial a la Ing. Alexandra Lascano por guiar este trabajo de investigación, por su apoyo constante y sus sabios consejos impartidos, que más que una persona guía de trabajo, ha sido una amiga incondicional.

A la Ing. María Rodríguez, tutora de mi tesis, por la confianza depositada en mi, su apoyo en todo momento.

Gracias

ÍNDICE

	Pág.
Portada	i
Aprobación del tutor de tesis	ii
Autoría de la tesis	iii
Aprobación por el tribunal de grado	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice	vii
Resumen ejecutivo	xxiii

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1.	Tema de investigación	1
1.2.	Planteamiento del problema	1
	1.2.1. Contextualización	1
	1.2.2. Análisis crítico	8
	1.2.6. Delimitación del objeto de la investigación	14
1.3.	Justificación	14
1.4.	Objetivos	18

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1.	Antecedentes investigativos	19
2.2.	Fundamentación filosófica	22
2.3.	Fundamentación legal	23
2.4.	Categorías fundamentales	24
2.4.1.	Marco Conceptual de la Variable Independiente	25
	2.4.1.1. Cualidades Panificables adecuadas de la Harina	25
	2.4.1.2. Mejoradores	29
	2.4.1.2.3. Enzimas	35
	2.4.1.2.3.4. Concentraciones permitidas de enzimas	47
2.4.2.	Marco Conceptual de la Variable Dependiente	42

2.4.2.1. Calidad del pan	47
2.4.2.2. Cualidades Panificables adecuadas de la Harina	47
2.4.2.3. Características organolépticas	59
2.4.2.4. Apariencia del pan	60
2.5. Hipótesis	63
2.6. Señalamiento de variables de la hipótesis	63

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Modalidad básica de la investigación	64
3.2. Nivel o tipo de investigación	65
3.3. Métodos y técnicas de investigación	65
3.4. Población o muestra	67
3.4.1. Población	67
3.4.2. Muestra	67
3.4.3. Diseño experimental	68
3.5. Operacionalización de variables	70
3.6. Plan de recolección de información	71
3.7. Plan de procesamiento y análisis de la información	72

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis e Interpretación de los Resultados	74
4.1.1. Análisis Farinográficos	74
4.1.2. Análisis en el Mixolab Standard Chopin	83
4.1.3. Análisis Alveográficos	93
4.1.4. Elaboración de Pan	96
4.1.5. Análisis Sensorial del Pan	103
4.1.6. Análisis de los Cambios de Textura en la Miga del Pan	108
4.1.7. Análisis Microbiológico del Pan	111
4.1.8. Análisis Nutricional del Pan	113
4.1.9. Análisis económico de la elaboración de pan con mejorantes	121
4.1.10. Verificación de Hipótesis	122

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.	Conclusiones	124
5.2.	Recomendaciones	128

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1.	Datos informativos	129
6.2.	Antecedentes de la propuesta	130
6.3.	Justificación	132
6.4.	Objetivos	134
6.5.	Análisis de factibilidad	135
6.6.	Fundamentación científico-técnica	139
6.7.	Metodología. Modelo operativo	142
6.8.	Administración	144
6.9.	Previsión de la evaluación	145

MATERIALES DE REFERENCIA **146**

ANEXOS **147**

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Producción mundial de papa, 1991-2007.

TABLA 2. Principales países productores de papa, año 2007.

TABLA 3. Composición promedio de un tubérculo de papa.

TABLA 4. Análisis proximal de harinas de cereales y tubérculo.

TABLA 5. Tratamientos Obtenidos Aplicando el Diseño Factorial A*B

TABLA 6. Detalle del diseño experimental y simbología.

TABLA 7. Recursos Económicos para la Propuesta

TABLA 8. Modelo Operativo de la propuesta (Plan de acción)

TABLA 9. Administración de la Propuesta

TABLA 10. Previsión de la Evaluación

TABLA A-1.1. Resultados de los parámetros farinográficos de muestras puras y tratamientos con mejorantes

TABLA A-1.2. Promedios de los resultados de los parámetros farinográficos con diferencias significativas para tratamientos con mejorantes

TABLA A-1.3. Comparación de resultados de farinografía de muestras 100 % puras y mejor tratamiento

TABLA A-2.1. Resultados parámetros del mixolab para muestras puras y tratamientos con mejorantes

TABLA A-2.2. Promedios de los resultados de mixolab con diferencias significativas para tratamientos con mejorantes

TABLA A-2.3. Comparación de resultados de mixolab de muestras 100 % puras y mejor tratamiento

TABLA A-3.1. Resultados del alveógrafo realizados con muestras 100% puras de harina y tratamientos

TABLA A-4.1. Resultados de características físicas del pan con muestras de harinas puras y tratamientos con mejorantes

TABLA A-4.2. Resultados de características físicas del pan de tratamientos con mejorantes

TABLA A-4.3. Comparación de características físicas del pan de muestras 100% puras y mejor tratamiento

TABLA A-5.1. Características sensoriales (apariencia) de la muestra control y tratamiento con mejorantes

TABLA A-5.2. Características sensoriales (color) de la muestra control y tratamiento con mejorantes

TABLA A-5.3. Características sensoriales (sabor) de la muestra control y tratamiento con mejorantes

TABLA A-5.4. Características sensoriales (textura) de la muestra control y tratamiento con mejorantes

TABLA A-5.5. Características sensoriales (aceptabilidad) de la muestra control y tratamiento con mejorantes

TABLA A-6.1. Textura de la muestra control y mejor tratamiento con mejorantes

TABLA A-7.1. Materiales directos e indirectos

TABLA A-7.2. Equipos y utensilios

TABLA A-7.3. Suministros

TABLA A-7.4. Personal

TABLA A-7.5. Costos de producción diario

TABLA A-7.6. Resumen del análisis económico realizado

TABLA C-1.1. Análisis de Varianza para tiempo de desarrollo para tratamientos con mejorantes

TABLA C-1.2. Análisis de Varianza para estabilidad para tratamientos con mejorantes

TABLA C-1.3. Prueba de comparación múltiple de Tukey para el Factor B (concentración de glucoxidasa): valores experimentales de estabilidad expresados en minutos

TABLA C-1.4. Análisis de Varianza para el índice de tolerancia para tratamientos con mejorantes

TABLA C-2.1. Análisis de varianza para desarrollo de masa para tratamientos con mejorantes

TABLA C-2.2. Análisis de varianza para debilitamiento de proteínas para tratamientos con mejorantes

TABLA C-2.3. Pruebas de comparación múltiple de Tukey el Factor A (concentración de alfa-amilasa): valores experimentales de debilitamiento de proteína expresado en par (N/m)

TABLA C-2.4. Prueba de comparación múltiple de Tukey para el Factor B (concentración de glucoxidasa): valores experimentales de debilitamiento de proteína expresado en par (N/m)

TABLA C-2.5. Análisis de Varianza para gelatinización de almidón

TABLA C-2.6. Pruebas de comparación múltiple de Tukey para el Factor B (concentración de glucoxidasa): valores experimentales de gelatinización de almidón expresados en par (N/m)

TABLA C-2.7. Análisis de Varianza para actividad amilásica de tratamientos con mejorantes

TABLA C-2.8. Prueba de comparación múltiple de Tukey para el Factor B (concentración de glucoxidasa): valores experimentales de actividad amilásica expresados en par (N/m)

TABLA C-2.9. Análisis de varianza para retrogradación de tratamientos con mejorantes

TABLA C-2.10. Pruebas de comparación múltiple de Tukey para el factor A (concentración de alfa-amilasa): valores experimentales de retrogradación expresados en par (N/m)

TABLA C-3.1. Análisis de Varianza para peso del pan

TABLA C-3.2. Análisis de Varianza para diámetro del pan

TABLA C-3.3. Análisis de Varianza para altura del pan

TABLA C-3.4. Análisis de Varianza para volumen del pan

TABLA E-3.5. Pruebas de comparación múltiple de Tukey para el factor A (concentración de alfa-amilasa): valores experimentales de volumen expresados en par (N/m)

TABLA E-3.6. Prueba de diferenciación Tukey para la interacción AB (concentración de alfa-amilasa y glucoxidasa): valores experimentales de retrogradación expresados en par (N/m)

TABLA C-4.1. Análisis de Varianza para apariencia del pan

TABLA C-4.2. Análisis de varianza para color de la corteza del pan

TABLA C-4.3. Análisis de Varianza para sabor del pan

TABLA C-4.4. Análisis de Varianza para textura del pan

TABLA C-4.5. Análisis de Varianza para aceptabilidad del pan

TABLA A-5.1. Verificación de la hipótesis de los parámetros analizados

TABLA D-1.1. Recuento microbiológico de pan con sustitución parcial de harina de papa

TABLA D-1.2. Criterios microbiológicos para pan

TABLA D-2.1. Análisis Bromatológico de las Muestras de Pan (%/ 100 g muestra en base seca)

TABLA D-2.2. Análisis de minerales de las harinas puras y muestras de pan (%/100 g muestra en base seca)

TABLA D-3.1. Composición de Aminoácidos en g/100 g de harina en base Seca

TABLA D-3.2. Composición de aminoácidos en g/100 g de proteína

TABLA D-3.3. Comparación de Perfiles de Aminoácidos Esenciales (g/100 g de proteína)

TABLA D-3.4. Aminoácidos Esenciales en las Harinas comparadas con el Patrón del Institute of Medicine, National Academy of Science

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. Árbol de problemas

GRÁFICO 2.- Importaciones de Trigo en Ecuador (TM) 2000-2008

GRÁFICO 3. Flujograma para la elaboración de pan

GRÁFICO 4. Red de inclusión interrelacionado

GRÁFICO 5. Flujograma para la obtención de mezclas y sus análisis

GRÁFICO 6. Diagrama de flujo para la obtención de harina de papa cruda

GRÁFICO B-1.1. Porcentaje de absorción de agua de tratamientos con mejorantes

GRÁFICO B-1.2. Tiempo de desarrollo de tratamientos con mejorantes

GRÁFICO B-1.3. Estabilidad de tratamientos con mejorantes

GRÁFICO B-1.4. Índice de Tolerancia de los tratamientos con mejorantes

GRÁFICO B-1.5. Comparación de Parámetros Farinográficos de Harina de Trigo Importado CWRS #1 comercial, muestra pura y mejor tratamiento

GRÁFICO B-2.1. Desarrollo de la masa de tratamientos con mejorantes

GRÁFICO B-2.2. Debilitamiento de las proteínas de tratamientos con mejorantes

GRÁFICO B-2.3. Gelatinización del almidón de los tratamientos con mejorantes

GRÁFICO B-2.4. Actividad amilásica de tratamientos con mejorantes

GRÁFICO B-2.5. Retrogradación del almidón de los tratamientos con mejorantes

GRÁFICO B-2.6. Comparación de Resultados de los Parámetros del Mixolab para muestras 100 % puras y mejor tratamientos

GRÁFICO B-3.1. Fuerza que presenta la masa de la harina de trigo CWRS #1, mezcla pura y mejor tratamiento

GRÁFICO B-3.2. Equilibrio (P/L) de la harina de trigo CWRS #1, mezcla pura y mejor tratamiento

GRÁFICO B-4.1. Peso de panes de tratamientos con mejorantes

GRÁFICO B-4.2. Diámetro de panes de tratamientos con mejorantes

GRÁFICO B-4.3. Altura de panes de tratamientos con mejorantes

GRÁFICO B-4.4. Volumen de panes de tratamientos con mejorantes

GRÁFICO B- 4.5. Comparación de Resultados de la caracterización del pan para muestras 100 % puras y mejor tratamiento

GRÁFICO B-5.1. Atributos Sensoriales del Pan con harina de trigo importado 100 % pura y mejor tratamiento a1b2

GRÁFICO B-6.1. Picos de carga para pan de trigo importado (control)

GRÁFICO B-6.2. Picos de carga en pan con mejorantes (a1b2)

GRÁFICO B-6.3. Dureza del pan control y con mejorantes

GRÁFICO B-6.4. Trabajo de dureza terminado del pan control y con mejorantes

GRÁFICO B-6.5. Dureza del pan control y con mejorantes

GRÁFICO B-6.6. Elasticidad del pan control y con mejorantes

GRÁFICO B-7.1. Perfil de Aminoácidos esenciales

GRÁFICO B-8. Interacción entre factor A (alfa-amilasas) y factor B (glucoxidasas)

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Reacción de la azodicarbonamida (Oxidante Rápido)

FIGURA 2. Actividad de las amilasas en la masa

FIGURA 3. Reacción de glucosa oxidasa y efectos probables sobre los componentes de la masa

FIGURA 4. Efecto de la glutatona en los enlaces disulfuros

FIGURA 5. Nutrientes de la papa

FIGURA 6. Farinogramas de diferentes clases de harinas

FIGURA 7. Curva Tipo del Mixolab Standar

FIGURA 8. Representación de alveograma

FIGURA E-1.1. Farinograma. TI COMERCIAL: Harina de trigo importado CWRS # 1 100% (control)

FIGURA E-1.2. Farinograma. Muestra Pura: 20% harina de papa: 80 % harina de trigo importado

FIGURA E-1.3. Farinograma. Tratamiento a0b0: 50 ppm de alfa-amilasa +100 ppm de glucosa oxidasa+ 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 1

FIGURA E -1.4. Farinograma. Tratamiento a0b0: 50 ppm de alfa-amilasa +100 ppm de glucosa oxidasa+ 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 2

FIGURA E-1.5. Farinograma. Tratamiento a0b1: 50 ppm de alfa-amilasa+ 150 ppm de glucosa oxidasa+ 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 1

FIGURA E-1.6. Farinograma. Tratamiento a0b1: 50 ppm de alfa-amilasa+ 150 ppm de glucosa oxidasa+ 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 2

FIGURA E-1.7. Farinograma. Tratamiento a0b2: 50 ppm de alfa-amilasa +200 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 1

FIGURA E-1.8. Farinograma. Tratamiento a0b2: 50 ppm de alfa-amilasa +200 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 2

FIGURA E-1.9. Farinograma. Tratamiento a1b0: 75 ppm de alfa-amilasa +100 ppm de glucosa oxidasa+ 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 1

FIGURA E-1.10. Farinograma. Tratamiento a1b0: 75 ppm de alfa-amilasa +100 ppm de glucosa oxidasa+ 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 2

FIGURA E-1.11. Farinograma. Tratamiento a1b1: 75 ppm de alfa-amilasa+ 150 ppm de glucosa oxidasa+ 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 1

FIGURA E-1.12. Farinograma. Tratamiento a1b1: 75 ppm de alfa-amilasa+ 150 ppm de glucosa oxidasa+ 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 2

FIGURA E - 1.13. Farinograma. Tratamiento a1b2: 75 ppm de alfa-amilasa + 200 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm ácido ascórbico+ 30 ppm azodicarbonamida + 250 ppm estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 1

FIGURA E – 1.14. Farinograma. Tratamiento a1b2: 75 ppm de alfa-amilasa + 200 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 2

FIGURA E-1.15. Farinograma. Tratamiento a2b0: 100 ppm de alfa-amilasa+ 100 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 1

FIGURA E-1.16. Farinograma. Tratamiento a2b0: 100 ppm de alfa-amilasa+ 100 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 2

FIGURA E-1.17. Farinograma. Tratamiento a2b1: 100 ppm de alfa-amilasa+ 150 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 1

FIGURA E-1.18. Farinograma. Tratamiento a2b1: 100 ppm de alfa-amilasa+ 150 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 2

FIGURA E-1.19. Farinograma. Tratamiento a2b2: 100 ppm de alfa-amilasa+ 200 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 1

FIGURA E-1.20. Farinograma. Tratamiento a2b2: 100 ppm de alfa-amilasa+ 200 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 2

FIGURA E-2.1. Mixolab.TI COMERCIAL: Harina de trigo importado CWRS # 1 100% (control)

FIGURA E-2.2. Mixolab.. Muestra Pura: 20% harina de papa: 80 % harina de trigo importado

FIGURA E-2.3. Mixolab.Tratamiento a0b0: 50 ppm de alfa-amilasa +100 ppm de glucosa oxidasa+ 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 1

FIGURA E-2.4. Mixolab.Tratamiento a0b0: 50 ppm de alfa-amilasa +100 ppm de glucosa oxidasa+ 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 2

FIGURA E-2.5. Mixolab.Tratamiento a0b1: 50 ppm de alfa-amilasa+ 150 ppm de glucosa oxidasa+ 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 1

FIGURA E-2.6. Mixolab.Tratamiento a0b1: 50 ppm de alfa-amilasa+ 150 ppm de glucosa oxidasa+ 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 2

FIGURA E-2.7. Mixolab.Tratamiento a0b2: 50 ppm de alfa-amilasa +200 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 1

FIGURA E-2.8. Mixolab.Tratamiento a0b2: 50 ppm de alfa-amilasa +200 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 2

FIGURA E-2.9. Mixolab.Tratamiento a1b0: 75 ppm de alfa-amilasa +100 ppm de glucosa oxidasa+ 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 1

FIGURA E-2.10. Mixolab.Tratamiento a1b0: 75 ppm de alfa-amilasa +100 ppm de glucosa oxidasa+ 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 2

FIGURA E-2.11. Mixolab.Tratamiento a1b1: 75 ppm de alfa-amilasa+ 150 ppm de glucosa oxidasa+ 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 1

FIGURA E-2.12. Mixolab.Tratamiento a1b1: 75 ppm de alfa-amilasa+ 150 ppm de glucosa oxidasa+ 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 2

FIGURA E-2.13.Mixolab.Tratamiento a1b2: 75 ppm de alfa-amilasa + 200 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 1

FIGURA E-2.14. Mixolab.Tratamiento a1b2: 75 ppm de alfa-amilasa + 200 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 2

FIGURA E-2.15. Mixolab.Tratamiento a2b0: 100 ppm de alfa-amilasa+ 100 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 1

FIGURA E-2.16. Mixolab.Tratamiento a2b0: 100 ppm de alfa-amilasa+ 100 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 2

FIGURA E-2.17. Mixolab.Tratamiento a2b1: 100 ppm de alfa-amilasa+ 150 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 1

FIGURA E-2.18. Mixolab.Tratamiento a2b1: 100 ppm de alfa-amilasa+ 150 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 2

FIGURA E-2.19. Mixolab.Tratamiento a2b2: 100 ppm de alfa-amilasa+ 200 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 1

FIGURA E-2.20. Mixolab.Tratamiento a2b2: 100 ppm de alfa-amilasa+ 200 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 2

FIGURA E-3.1. Alveograma. TI COMERCIAL: Harina de trigo importado CWRS # 1 (control)

FIGURA E-3.2. Alveograma. Muestra Pura: 20% harina de papa: 80 % harina de trigo importado

FIGURA E-3.3. Alveograma. Tratamiento a1b2: 75 ppm de alfa-amilasa + 20 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearil 2-lactilato de sodio.

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO E-4.1. Texturómetro. TI Comercial: Harina de trigo importado CWRS # 1 100% (control). DÍA 1. Réplica 1.

CUADRO E-4.2. Texturómetro. TI Comercial: Harina de trigo importado CWRS # 1 (control) DÍA 1. Réplica 2

CUADRO E-4.3. Texturómetro. TI Comercial: Harina de trigo importado CWRS # 1 (control) DÍA 2. Réplica 1.

CUADRO E-4.4. Texturómetro. TI Comercial: Harina de trigo importado CWRS # 1 (control).DÍA 2. Réplica 2.

CUADRO E-4.5. Texturómetro. TI Comercial: Harina de trigo importado CWRS # 1 (control) DÍA 3. Réplica 1.

CUADRO E-4.6. Texturómetro. TI Comercial: Harina de trigo importado CWRS # 1 (control).DÍA 3. Réplica 2.

CUADRO E-4.7. Texturómetro. Tratamiento a1b2: 75 ppm alfa-amilasa + 200 ppm glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. DÍA 1. Réplica 1.

CUADRO E-4.8. Texturómetro. Tratamiento a1b2: 75 ppm alfa-amilasa + 200 ppm glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. DÍA 1. Réplica 2.

CUADRO E-4.9. Texturómetro. Tratamiento a1b2: 75 ppm alfa-amilasa + 200 ppm glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. DÍA 2. Réplica 1.

CUADRO E-4.10. Texturómetro. Tratamiento a1b2: 75 ppm alfa-amilasa + 200 ppm glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. DÍA 2. Réplica 2.

CUADRO E-4.11. Texturómetro. Tratamiento a1b2: 75 ppm alfa-amilasa + 200 ppm glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. DÍA 3. Réplica 1

CUADRO E-4.12. Texturómetro. Tratamiento a1b2: 75 ppm alfa-amilasa + 200ppm glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. DÍA 3. Réplica 2

CUADRO E-5.1. Resultados de análisis proximal y minerales.

CUADRO E-5.2. Resultados de los análisis de minerales.

CUADRO E-5.2. Resultados de análisis de aminoácidos resultados

RESUMEN EJECUTIVO

Tradicionalmente para la elaboración de pan se utiliza únicamente harina de trigo importado, por lo que nace la necesidad de sustituir parcialmente con harina de cereales y tubérculos nacionales. La harina de papa es una alternativa para lograr reducir los elevados volúmenes de importación de trigo; sin embargo, es importante considerar que la harina de papa no forma gluten por lo que es necesario adicionar mejorantes que ayuden a optimizar mezclas de harinas con cualidades panarias.

El objetivo de esta investigación es evaluar el efecto de enzimas: glucoxidasa y α -amilasas en una mezcla 80% harina de trigo importado-20% harina de papa precocida nacional en la calidad de harinas mediante análisis farinográficos, aplicando análisis estadístico a un nivel de significancia de 5%, se determinó como mejor tratamiento a la muestra a1b2: 100 ppm ácido ascórbico + 250 ppm esteaoril 2-lactilato de sodio + 30 ppm azodicarbonamida + 75 ppm alfa-amilasa + 200 ppm glucosa oxidasa, puesto que presenta mejores características reológicas para ser utilizada como harina panadera; tomando en cuenta que es una harina de calidad discreta se debe controlarse los procesos de mezclado y fermentación, estos datos se corroboraron con los análisis en el mixolab y alveográficos.

Mediante la elaboración de pan se evaluaron las dimensiones de peso, diámetro, altura y volumen que a través de análisis estadístico a un nivel de significancia de 5% se determinó que el mejor tratamiento es el a1b2 ya que presenta adecuadas dimensiones en especial buen volumen. En el análisis sensorial se determinó que el pan con mejorantes (a1b2) y la muestra control (100% harina de trigo importado), mediante análisis estadístico no presentan diferencia significativa entre los atributos sensoriales (aspecto, sabor, color, textura y aceptabilidad)

Se evaluó la parte microbiológica del pan con mejorantes (a1b2) existiendo escasa presencia de aerobios mesófilos, y ausencia de mohos y

levaduras, y coliformes encontrándose todos dentro de los límites establecidos. Se evaluó la calidad nutricional de harina de papa, harina de trigo importado, pan control y pan con mejorantes (a1b2) mediante el análisis bromatológico, minerales y aminoácidos dando como resultado que la harina de papa precocida es buena fuente de minerales repercutiendo en un porcentaje mayor en el pan con mejorantes (a1b2), además existe una mayor cantidad de aminoácidos que el pan con harina de trigo importado.

Se determinó la textura del pan con el analizador de textura Pro CT3, que está relacionado con la retrogradación del almidón, observando que no existe diferencia significativa en los cambios de textura en el pan con mejorantes (a1b2) y el pan de trigo importado, indicando que ambos panes a los tres días de elaboración todavía presentan una textura adecuada, sin daño en las propiedades mecánicas, siendo aptos para el consumo humano, debiéndose a la acción de los mejoradores añadidos a las mezclas de harinas.

Del análisis económico de la “tecnología de elaboración de pan con sustituto parcial de harina de papa con mejorantes”, se llegó a establecer el precio unitario del pan de \$0,07 centavos, siendo un valor bajo al compararlo con el precio del mercado que es \$ 0,12 el pan común, por lo que la introducción de este pan en el mercado resulta factible.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. TEMA DE INVESTIGACIÓN

“Estudio del efecto de glucoxidasas y alfa-amilasas en la elaboración de pan con sustitución parcial de harina de papa (*Solanum Tuberosum*) nacional”

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. CONTEXTUALIZACIÓN

1.2.1.1. Análisis macro

El sector mundial de la papa atraviesa grandes cambios, en el 2007 el mundo produjo 325 millones de toneladas de papas. Hasta inicios del decenio de 1990, casi la totalidad de las papas se producían y consumían en los países desarrollados, especialmente en Europa, América del Norte y en los países de la antigua Unión Soviética, los mismos que han disminuido en promedio un 1 % al año en los últimos 20 años. **[FAOSTAT, 2008]**

TABLA 1. Producción mundial de papa, 1991-2007

Países	1991	1993	1995	1997	1999	2001	2003	2005	2007
	millones de toneladas								
Desarrollados	183,13	199,31	177,47	174,63	165,93	166,93	160,97	159,97	159,89
En desarrollo	84,86	101,95	108,50	128,72	135,15	145,92	152,11	160,01	165,41
MUNDO	267,99	301,26	285,97	303,35	301,08	312,85	313,08	319,98	325,30

Fuente: FAOSTAT, 2008.

Como se observa en la Tabla 1, en los últimos años se ha producido un espectacular aumento de la producción y la demanda de papa, en los países en desarrollo como Asia, África y América Latina, donde la producción aumento de menos de 84 millones de toneladas a principios del decenio de 1991 a más de 165 millones en 2007, es decir ha aumentado a una tasa promedio del 5% anual. En el 2005, por primera vez, la producción de la papa del mundo en desarrollo excedida el del mundo desarrollado. [Prakash A., 2008]

TABLA 2. Principales países productores de papa, año 2007

Países	Cantidad (t)
1. China	72 040 000
2. Fed. de Rusia	36 784 200
3. India	26 280 000
4. Estados Unidos	20 373 267
5. Ucrania	19 102 300
6. Polonia	11 791 072
7. Alemania	11 643 769
8. Belarús	8 743 976
9. Países Bajos	7 200 000
10. Francia	6 271 000

Fuente: FAO-STAT, 2008.

Los países asiáticos, en particular China y la India, han impulsado este crecimiento. En la Tabla 2, se observa que Asia y Europa son las principales regiones productoras de papa del mundo y en 2007 suministraron el 80% de la producción mundial. China es el primer país productor mundial de papas, con una producción de 72 millones de toneladas de este tubérculo, el 30 % de la producción mundial hoy corresponde a la China y la India, también es un proveedor mundial cada vez más importante, cuyas exportaciones de papa sumaron más de 250 000 toneladas en 2005. **[Atlas Mundial de la Papa. y Col. 2008a]**

Asia consume casi la mitad del suministro mundial de papa, pero su enorme población significa que el consumo por persona fue de apenas 24 kilogramos en 2005. Los mayores consumidores de papa son los europeos. El consumo más bajo es en África y América Latina, pero está en aumento. **[Atlas Mundial de la Papa. y Col. 2008a]**

1.2.1.2. Análisis meso

La cuna de la papa está en América del Sur, pero esta región tiene el nivel más bajo de producción de papa, de menos de 16 millones de toneladas en 2007. Para la mayoría de los pequeños campesinos de la región andina la papa sigue siendo un cultivo tradicional, y se cultiva con otras especies de papa desconocidas en el resto del mundo. En otros países, como Argentina, Brasil, Colombia y México, está aumentando la producción comercial a gran escala de *Solanum tuberosum*.

En América Latina, el principal productor es Perú con una cosecha récord en 2007 de casi 3,4 millones de toneladas en una área cosechada de 269441 ha., lo que da un rendimiento 12,6 t/ha; seguido por Brasil con 3,3 millones de toneladas, en tanto que la Argentina ocupa el tercer puesto. **[Atlas Mundial de la Papa. y Col. 2008b]**

La producción de papa está principalmente en manos de los pequeños campesinos, a una altura de entre 2500 y 4500 metros sobre el nivel de mar, en los Andes centrales, hoy en día se cultivan en Perú cuatro especies de papa: la *Solanum tuberosum* y otras tres especies exclusivas de la región. Aunque la enorme diversidad genética de las papas peruanas está considerada «en peligro», debido a las nuevas variedades comerciales, a menudo producidas para satisfacer las preferencias de los consumidores urbanos.

Una vez cosechada, la papa se destina a diversos fines y no se usa sólo como hortaliza para preparar en casa. En realidad, las papas que se consumen frescas son menos del 50% de la producción mundial. Con el resto se obtienen alimentos e ingredientes alimentarios industriales, piensos para el ganado bovino, porcino y las aves de corral, almidón para la industria, y tubérculos semilla para la siguiente cosecha. **[Año Internacional de la Papa., 2008]**

En países en desarrollo por lo general, las papas se consideran un producto voluminoso, perecedero y cuyo transporte es costoso, con poco potencial de exportación, que se limita mayormente al comercio transfronterizo. Estas limitaciones no han obstaculizado el comercio de la papa, que se ha duplicado en volumen y cuyo valor casi se ha cuadruplicado desde mediados del decenio de 1980.

Este crecimiento se debe a la demanda internacional sin precedentes de productos elaborados, en particular productos de papas congeladas y papas deshidratadas. Hasta hoy los países en desarrollo no se han beneficiado de este crecimiento del comercio. Como grupo, se han convertido en los principales importadores netos de este producto. **[Prakash A., 2008]**

El comercio internacional de papas y productos de papa sigue siendo inferior a la producción, ya que sólo un 6 % de la producción llega al

mercado internacional. El elevado costo del transporte, así como el de la refrigeración, son importantes obstáculos para ampliar el comercio internacional de este producto, otras políticas que limitan el acceso a los mercados son las medidas sanitarias y fitosanitarias, así como los obstáculos técnicos al comercio.

Casi todos los países aplican aranceles a las importaciones de papas y productos de papa. La papa es un ejemplo clásico de “progresividad arancelaria”, a través de la cual los países importadores protegen las industrias mediante el cobro de derechos más elevados a los productos elaborados que al producto crudo. Al evitar que los países diversifiquen sus exportaciones básicas hacia productos elaborados de mayor valor, la progresividad arancelaria puede mantenerlos “atrapados” como proveedores de materia prima. **[Prakash A., 2008]**

1.2.1.3. Análisis micro

La región andina del Ecuador está en el territorio de la diversidad genética de la papa, y en el centro de Ecuador, en particular, se encuentra una gran diversidad de papas silvestres.

En el Ecuador, un total del 0,4% del territorio de uso agropecuario se dedica a la producción de papa, lo que corresponde a 49.719 ha., el 75,6% de esta superficie se encuentra en manos de pequeños productores con extensiones de tierra de entre 1 y 5 hectáreas, el 11,9% en productores que poseen de 5 a 10 hectáreas, el 10,7% en productores que poseen de 10 a 50 hectáreas y tan solo el 1,8% del total de hectáreas de cultivo están en manos de productores grandes con extensiones de más de 50 hectáreas. **[SICA, 2008]**

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, el área cultivada pasó de menos de 30,000 hectáreas en 1983 a más de 66,000 en 1996 y se calcula actualmente al año 2007 en 50,000

hectáreas, aproximadamente **[FAOSTAT, 2008]**. El rendimiento nacional promedio se ha mantenido constante en ocho toneladas por hectárea por varios años, pero hay una gran disparidad entre las regiones. En los centros de producción comercial, como Carchi, se registraron rendimientos promedio de 13 toneladas por hectárea en el 2004, mientras que en otras zonas de los Andes fueron tan bajos como cuatro toneladas por hectárea, afirma el Instituto Nacional de Ecuatoriano de Censos (INEC). **[FAOSTAT, 2008]**

Según el III Censo Nacional Agropecuario realizado en el año 2000, se determinó que la actividad papera vincula a 88.130 productores, que corresponde a 10,5% de los productores agrícolas a nivel nacional. Sin embargo, según cálculos del Ex-Proyecto SICA-MAG, existen alrededor de 250.000 personas vinculadas a las actividades directas e indirectas que genera el cultivo. La producción nacional es suficiente para abastecer la demanda interna. Sin embargo, en algunas ocasiones se recurre a las importaciones del tubérculo, las mismas que en el año 2006 representaron el 1% del total de la demanda nacional. **[OFIAGRO, 2008]**

La industria de la papa no se ha desarrollado aún lo suficiente en el Ecuador, estimándose que alrededor de 12.000 TM (menos del 1% de la producción nacional) se procesan para hacer chips cada año, y de este total la empresa Frito Lay produce la mayor parte con 10.000 TM anuales. Hay otras empresas más pequeñas como La Quiteña y Alexander que procesan alrededor de 200 TM anuales en promedio.

La producción de papa está concentrada en la Sierra en razón que este producto se adapta a los diferentes pisos climáticos de la región interandina, además se siembra durante todo el año, dependiendo de las características propias de la zona. **[OFIAGRO, 2008]**

La papa se produce en las diez provincias de la Sierra, constituyéndose las más representativas por el volumen de producción, Carchi, Pichincha, Tungurahua, Chimborazo y Cotopaxi. Las variedades

importantes cultivadas preferentemente en la zona Norte son: Superchola, Gabriela, Esperanza, Roja, Fripapa y María; en la zona Centro son: Gabriela, Esperanza y María, Frypapa y las nativas Uvilla y Leona Blanca; y en la zona Sur son: Boloña, Esperanza, Gabriela y Jubaleña. **[SICA, 2008]**

La mayor provincia productora es Carchi, con una participación del 22% de la producción nacional, localizada en la sierra norte del Ecuador a una altura comprendida entre los 2.700 y 3.400 m.s.n.m con una temperatura promedio que fluctúa entre los 10 y 15 ° C, esta provincia por la altura, suelo y condición climática, presenta el mayor rendimiento a nivel nacional (12,7 TM/Ha). Seguido por la provincia de Chimborazo con una participación del 18% en la producción nacional, Tungurahua (16%), Cotopaxi (14%), Pichincha (11%), Bolívar (5%), Cañar (4%), Azuay (4%), Imbabura (3%) y el resto de provincias (Loja, Galápagos y otras provincias del oriente, con 3%).

La producción de papa también se ha vuelto más especializada comercialmente para satisfacer las demandas de la creciente población urbana del país. Hacia 1975, la población urbana de Ecuador constituía el 42 por ciento del total, pero para el 2002 había crecido hasta más del 61 por ciento. Pese a esta orientación hacia el mercado, la papa continúa siendo un cultivo de minifundios a pequeña escala, producida por alrededor de 90 mil pequeños productores. **[Cámara de la agricultura de la 1^{ra} zona, 2004]**

El Ecuador exportó un promedio de USD 29.488 en el período comprendido entre el 2002-2006, lo cual representa 0.00035% con respecto a la exportaciones totales. El 44,7% de las exportaciones de papa ecuatoriana durante el período 2002-2006 tuvieron como destino Cuba y Perú a este país se le vende el tubérculo cuando hay desabastecimiento ocasionalmente. **[OFIAGRO, 2008]**

Entre el 1998-2003, las compras ecuatorianas ascendieron a US\$ 8.1 mil las mismas que presentaron un comportamiento irregular puesto que en

este período fluctuaron entre US\$ 490 mil (1999) y US\$ 2.4 mil (2003) aproximadamente. Las importaciones se concentraron en papas congeladas (94%) y papas preparadas o preservadas de otra forma que no sea en ácido acético, no congeladas (6%). Las importaciones ascienden a 5.480,5 TM al año, lo cual significa un 1,3% de la producción nacional, que en realidad somos un país que se autoabastece y que por el momento no tiene oportunidad de competir en el mercado internacional y que estratégicamente debe priorizar abastecer el mercado doméstico y defenderlo. **[MAGAP., 2010]**

Como estrategia de supervivencia, los agricultores han reconocido el valor de las raíces y tubérculos, en términos de producción de energía cosechada por hectárea por día, de los cuales la papa es la más eficiente entre los cultivos comestibles comunes. La calidad y cantidad de las sustancias nutritivas del tubérculo varían por variedad de papa y condiciones de campo. El contenido de agua en un tubérculo fresco varía entre 63% a 87%; de hidratos de carbono de 13% a 30% (incluyendo el contenido de fibra 0.17% a 3.48%), de proteínas de 0.7% a 4.6%; de grasas entre 0.02% a 0.96%; y de cenizas de 0.44% a 1.9%. Los otros constituyentes básicos son: azúcares, ácido ascórbico y vitaminas. **[Cámara de la agricultura de la 1^{ra} zona, 2004]**

1.2.2. ANÁLISIS CRÍTICO

Para realizar un análisis crítico del tema se realizó un árbol de problemas que relaciona causas y efectos que produce la inexistente utilización de harina de papa en la elaboración de pan que son analizadas a continuación:

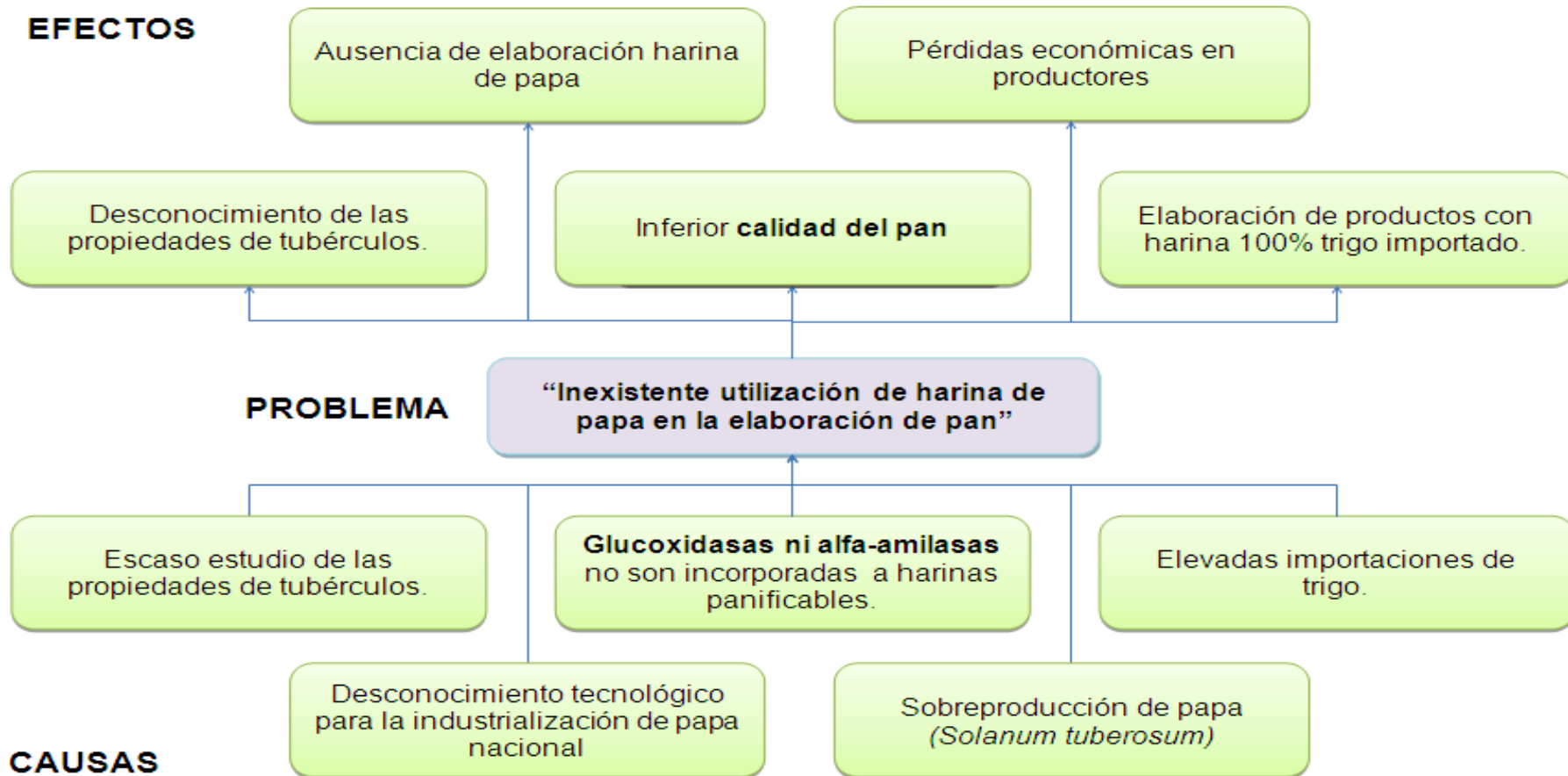
- La papa es un alimento que se cultiva en gran cantidad, y su mayor producción está destinada al consumo local en forma fresca, por la escasez de estudios de sus propiedades reológicas no se les ha podido

dar un excelente uso industrial y se ha desaprovechado las características nutritivas que presenta la papa.

- La utilización de enzimas y aditivos en la actualidad se ha vuelto necesaria dentro de varias industrias entre una de ellas se encuentran las industrias panificadoras, donde las enzimas y aditivos cumplen con la función de mejorar las cualidades panarias del harina dando como resultado un pan de calidad.
- Las industrias panificadoras utilizan para la elaboración de pan harina de trigo importado lo que produce costos muy altos de importaciones, para reducir estos costos una buena alternativa es la utilización parcial de harina de tubérculos en la elaboración de pan. Es decir la mezcla de harinas fuertes como la del trigo con harinas débiles como la de la papa. Las harinas débiles que tienen un contenido de proteínas relativamente bajo, dando como resultado un gluten suave, baja elasticidad y poca capacidad de retención de gas. Las harinas débiles requieren menos tiempo de mezclado y fermentación que las harinas fuertes para dar resultados de horneado óptimos.
- Las virtudes de la papa, en particular su gran valor nutritivo y su capacidad de incrementar los ingresos, no han sido objeto de la atención que merecen de los gobiernos. La falta de canales establecidos de comercialización, la falta de apoyo institucional y de infraestructura, así como las políticas comerciales restrictivas, son impedimentos para la comercialización del sector. Las partes interesadas nacionales e internacionales tienen que dar mayor prioridad a la papa en el programa de desarrollo.
- La sobreproducción existente en la actualidad provoca directamente a la economía del productor, lo que indica en muchas veces pérdida económica presentando efectos secundarios pero de gran interés, los productores se dedican a la producción de otros alimentos perdiendo la

oportunidad de darle mejores usos industriales a la papa. La sobreproducción impide la fijación de precios adecuados para el tubérculo en el mercado y, como consecuencia, su cultivo genera pérdidas a los agricultores.

GRÁFICO 1. Árbol de problemas



Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011

Relación causa efecto

Causa:

Glucosidasas y alfa amilasas no son incorporadas a harinas panificables.

Efecto:

Baja calidad del pan con sustitución parcial de harina de papa

En el presente estudio se estudiará el efecto de la adición de enzimas como las glucosidasas, alfa-amilasas conjuntamente con aditivos como es el ácido ascórbico, azodicarbonamida y emulsificantes como el estearil 2-lactilato de sodio en la mezcla parcial de harina de trigo importado con harina de papa, que produce un efecto mejorador en la calidad del pan, el mismo que será evaluado mediante análisis sensorial.

1.2.3. PROGNOSIS

Al no realizarse el presente proyecto, no se lograría conocer el efecto que produce la adición glucosidasas y alfa-amilasas en la elaboración de pan con sustitución parcial de harina de papa (*Solanum tuberosum*) nacional, además de la utilización de otros aditivos oxidantes como ácido L-ascórbico, azodicarbonamida y emulsificante como estearil 2-lactilato de sodio que interactúan entre sí para mejorar las cualidades panarias de la masa, se opta por la utilización de aditivos como enzimas, oxidantes y emulsificantes ya que resultan de bajo costo, y las concentraciones que se utilizan son cantidad pequeñas expresadas en parte por millón (ppm).

Por otra parte, la falta de utilización de harina de papa como sustituto parcial de la harina de trigo no permitiría contrarrestar las elevadas importaciones de trigo de cada año, lo que produce costos muy altos al país, ya que el trigo es uno de los cereales que presenta precios que suben rápidamente que los de las papas y los de otros tubérculos, que en estos momentos se ha evidenciado en la subida del costo de pan.

El fomento agropecuario es necesario para el país, por ende es necesario la industrialización de la papa ya que una sobreproducción de la misma perjudicando los ingresos económicos es importante menciona que la papa es una fuente cada vez más valiosa de ingresos monetarios para las familias de agricultores de bajos ingresos.

Por todo lo mencionado, es necesario realizar este estudio ya que la papa es uno de los alimentos rico en minerales, por lo que a futuro por su gran demanda es necesaria la industrialización de esta para la elaboración de pan y otros fines panarios.

1.2.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿La inexistente incorporación de glucoxidasas y alfa-amilasas en harinas panificables será causa de la baja calidad del pan con sustitución parcial de harina de papa?

VARIABLE INDEPENDIENTE: Concentración en (ppm) de la glucoxidasas y α -amilasas.

VARIABLE DEPENDIENTE: Calidad del pan de papa.

1.2.5. PREGUNTAS DIRECTRICES

- ¿Existe la información ineludible sobre aditivos, coadyuvantes tecnológicos y emulsificantes utilizados en la industria panificadora?
- ¿Existe estudios anteriormente realizados con la utilización de aditivos, coadyuvantes tecnológicos, y emulsificantes en la elaboración de pan?
- ¿Qué concentración de aditivos, coadyuvantes tecnológicos y emulsificantes serán apropiados para mejorar las cualidades panarias?

- ¿Cuál será el efecto sinérgico que se produce entre aditivos, coadyuvantes tecnológico y emulsificantes en la elaboración de pan?
- ¿Qué mezcla de aditivos, coadyuvantes tecnológicos y emulsificantes generará mejores características organolépticas en el pan?

1.2.6. DELIMITACIÓN DEL OBJETO DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.6.1. Delimitación científica

Categoría: Industria panificadora

Sub-categoría: Procesamiento

Área: Harina de tubérculos

Sub-área: Uso de aditivos y coadyuvantes en mezclas de harina de trigo con tubérculos.

1.2.6.2. Delimitación tiempo-espacial

El presente proyecto de investigación se realizará en los laboratorios de la UOITA (Unidad Operativa de Investigación en Tecnología de Alimentos), con el financiamiento del Proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinua y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” – PHPPF, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Universidad Técnica de Ambato, Provincia de Tungurahua, durante el período junio-diciembre 2010.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto tiene como finalidad estudiar el efecto de aditivos, coadyuvantes tecnológicos y emulsificantes en la elaboración de pan con sustitución parcial de harina de papa precocida, se empleó esta harina ya que tiene la habilidad de retener agua y mantener su consistencia,

por su alto nivel de almidón gelatinizado da una alta absorción, lo cual es bueno para el desempeño en la panificación, ya que esto incrementa el rendimiento del producto y la vida de anaquel **[Lallemand Baking Update., 2009]**. Además esta harina le confiere diferentes texturas al pan lo que le permiten diferenciarse de los productos tradicionales. **[Doerry W, 2009]**

Las enzimas son proteínas de cadena larga que actúan como catalizadores que aceleran reacciones sin sufrir ellas ningún cambio pues estas son altamente activas de modo que solo se requieren en pequeñas cantidades, también son altamente específicas es decir que una enzima solamente cataliza una sola reacción.

Las enzimas son utilizadas como coadyuvantes para harina y como acondicionadores de masa para reemplazar ingredientes químicos y para mejorar otras funciones, entendiendo que sus características puede ayudar a los molineros, proveedores de ingredientes, y a los panaderos al usar las enzimas de una manera más efectiva. **[Lallemand Baking Update, 2001]**

Agentes oxidantes como el ácido ascórbico son muy utilizados, gracias a la transformación que sufre en la masa panaria, juega el papel de agente oxidante en todos los mejorantes comerciales. El ácido ascórbico va siendo reemplazado por la glucosa-oxidasa, lo que en combinación permite un reforzamiento de la tenacidad y de la elasticidad del gluten. **[Tejero, 2008]**

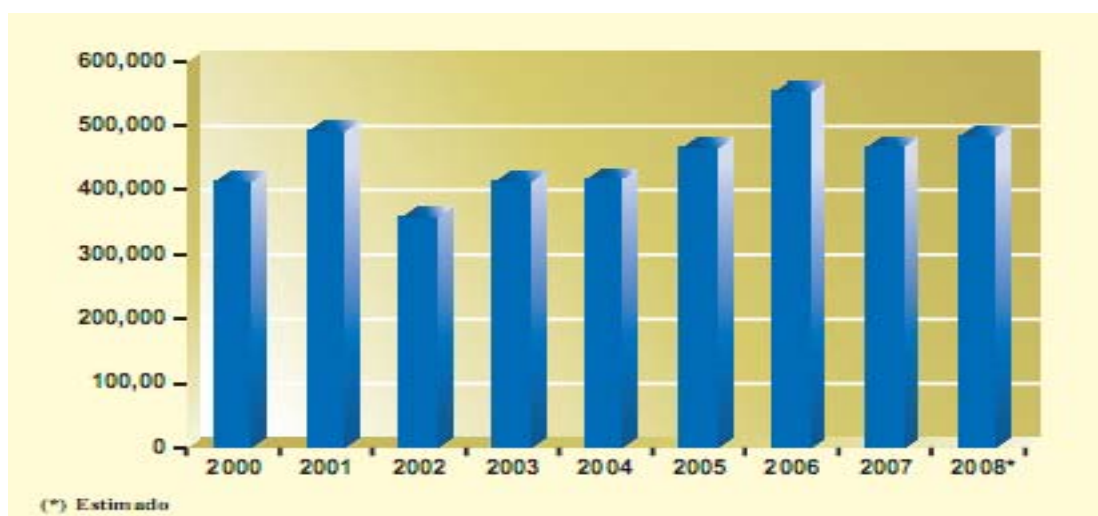
La combinación de agentes oxidantes como ácido ascórbico y azodicarbonamida, coadyuvantes tecnológicos como α -amilasas y glucosa oxidasa y emulsificantes como estearoil-2-lactilato de sodio permiten corregir las cualidades panarias de las harinas en gran parte permite reforzar el gluten debido a que la harina de papa utilizada para la sustitución de la harina de trigo importado presenta contenido bajo en proteínas. Los

mejoradores son de bajo costo por lo que resulta factible utilizarlas en harinas destinadas a productos de panificación.

Con la utilización de un cierto porcentaje de harina de papa precocida para sustituir a la harina de trigo, se promovería la producción de papa para la elaboración de harina en el país, disminuyendo de esta manera la costosa importación de trigo para la producción de pan que es alrededor de 467.000 TM, además de que se ofrecería a los consumidores un producto de alto valor nutritivo a un menor costo considerando que los precios de los cereales suben más rápidamente que los de las papas y los de tubérculos. El total de harina de trigo importado entre el 50% - 60% y es utilizado solo para panificación. La industria molinera del trigo en Ecuador, utiliza en el 99% materia prima importada, es decir trigo que proviene en relación a su importancia de: Canadá, EEUU y Argentina. **[Panera, 2009a]**

En el Gráfico 2, se observa las importaciones de trigo por parte de Ecuador que realmente son altas y muchos más en los últimos años es así que en el año 2011 se ha evidenciado un aumento del valor de la harina de trigo en los mercados internacionales.

GRÁFICO 2. Importaciones de Trigo en Ecuador (TM) 2000-2008



Fuente: Panera Internacional, 2009

En el año 2011 se presentó una elevación de costos de la harina de trigo importado, tras varias reuniones entre autoridades y representantes de la Federación Nacional de Panificadores (Fenapan) se autorizó la venta del pan popular a 0,12 dólares como precio máximo durante el año 2011, este incremento del precio pretende volver transparente la estructura de los costes de producción, al considerar la cobertura de salarios básicos de los empleados y los aportes al Instituto de Seguridad Social, entre otros. He ahí la necesidad de disminuir los altos volúmenes de importaciones de trigo, con la introducción de harina de papa precocida para la elaboración de pan. **[Clair, 2009]**

Es importante señalar que se han realizado estudios por International Model for Policy Analysis of Agricultural Commodities and Trade (IMPACT) para proyectar la fuente, la demanda, el comercio y los precios internacionales para las raíces y los tubérculos hasta el año 2020, la tendencia mundial es mayor producción y consumo de estos rubros, inclusive en los países desarrollados. De manera que, a sabiendas de las altas pérdidas postcosecha, por efecto de las fallas en su comercialización, se tendrán que modernizar y optimizar las técnicas post-cosecha y buscar procesos de alto valor agregado para estos cultivos, y es aquí donde la producción de harinas y la extracción de almidón de estos rubros jugaran un rol de alta importancia. **[Pérez y col, 2007]**

Este estudio proporcionará valiosa información que servirá como fuente bibliográfica, ya que el uso de mejoradores permiten mejorar la calidad de las mezclas de harinas de trigo importado y harina de papa, beneficiándose el sector agrícola asegurando sus cosechas de manera que no existan pérdidas en presencia de sobreproducción de papas; también el sector molinero podría optar por la implementación de una línea de producción para la elaboración de harina de papa, además los productos de panificación son de consumo diario lo que evitaría pérdidas económicas.

El estudio es financiado por el Proyecto PHPPF, mismo que cuenta con el apoyo del convenio UTA–SENACYT, UOITA, de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y la Universidad Técnica de Ambato.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL:

- Estudiar el efecto de la adición glucoxidasas y alfa-amilasas en la elaboración de pan con sustitución parcial de harina de papa (*Solanum tuberosum*).

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Realizar análisis reológicos en el farinografo de Brabender, alveógrafo de Chopin y el mixolab Chopin en las mezclas de harina de trigo y harina de papa precocida.
- Identificar la mejor concentración de aditivos, coadyuvantes tecnológicos y emulsificantes en la harina panificable utilizada para la elaboración de pan.
- Determinar la aceptabilidad del pan elaborado del mejor tratamiento con harina de trigo importado y harina de papa mediante análisis sensorial.
- Comprobar el efecto de aditivos, coadyuvantes tecnológicos y emulsificantes en las características organolépticas del pan.
- Estimar el valor nutritivo del producto mediante la realización del análisis proximal.
- Elaborar un estudio económico para la elaboración de pan con sustituto parcial de harina de papa.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Después de haber efectuado una revisión de la biblioteca de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato existen antecedentes bibliográficos basados en la utilización de otras harinas en productos de panadería con la adición de enzimas y aditivos, a continuación se presentan:

La elaboración de productos de panadería a base de una mezcla de distintos cereales es de mucha importancia en el mercado actual ya que hay que tomar en consideración que propiedades nutricionales y organolépticas nos proporcionan las mezclas de harina y contribuir a ello a una buena nutrición. **[Pazmiño J. Salavarría H., 1982]**

En análisis farinográficos, el tiempo de desarrollo de la harina de trigo es casi el doble respecto al de las harinas compuestas trigo-yuca, factor que indica que la masa elaborada con harinas compuestas alcanza la consistencia en menor tiempo. Las masas de harinas compuestas trigo-yuca presentaron mayores tenacidades lo que ocasiona que las masas desgarren

durante el amasado y boleado, dificultando el manejo de estas operaciones por parte del panadero **[Barba L., 1989]**

El ácido ascórbico es un agente reductor que puede emplearse como mejorante del pan, durante el amasado, el oxígeno atmosférico convierte el ácido ascórbico en ácido dehidroascórbico, que es un agente oxidante. Su efecto en el gluten consiste en reducir la extensibilidad e incrementar la elasticidad, dando una mejor forma y una textura más fina a los panes. **[Cauvain S. y Young L., 1998]**

El uso de coadyuvantes panarios requiere de un amplio conocimiento de la acción catalítica de los enzimas, y además, de las propiedades que presenta la harina a la cual adicionamos el enzima. La reactividad enzimática tendrá mayor o menor extensión según el tipo de harina empleada, dependerá de la composición cuantitativa de los sustratos presentes (almidón dañado, proteína, pentosanos, etc.). De la misma manera, su comportamiento durante la producción de pan estará sujeto a variables como la hidratación, el tiempo de amasado, la temperatura.

Las enzimas que actualmente existen en el mercado y, sobre todo, con las combinaciones de éstas, se puede alterar los parámetros de calidad de una harina, sin producir modificaciones no deseadas en la estructura de la red glutínica. Además, la modificación de las propiedades viscoelásticas de la masa puede ser controlada con objeto de obtener beneficios en el proceso de fabricación del producto final. **[Garrido G. y col., 2002]**

Las enzimas en comparaciones con los emulsificantes, se necesitan dosificaciones pequeñas de enzimas para conseguir el mismo efecto. Un kilo de enzimas puede sustituir 100-1000 Kg de emulsificantes. El grado de sustitución depende de la formulación de la masa, la calidad de la harina y el procedimiento de panificación. **[Novazyme., 2003]**

La calidad de una harina va a depender mucho de la calidad del trigo especialmente de su contenido proteínico y de los mejorantes que se adicionen a la misma, dentro de harinas mencionados tenemos que el ácido L-ascórbico, enzimas como xilasa y α -amilasa son las más empleadas para mejorar las características panarias de la harina ya que los resultados que presentan son favorables en cuanto al rendimiento del pan. **[Recalde H. y Rodríguez M., 2003]**

La harina de trigo de alta calidad puede utilizarse como sustituto parcial no solo de harinas de trigo, sino de harinas de otros cereales como el maíz y arroz. Pueden utilizarse en formulaciones de alimentos como pan, pastas, mezclas para tortas, bizcochería, mezclas de harinas para coladas, sopas, etc. Es importante resaltar que la harina de yuca presenta un bajo porcentaje de proteína (2%), la cual contribuye muy poco en las propiedades viscoelásticas funcionales, muy especiales de la proteína del trigo que permiten la formación de gluten. **[Osorio H., 2004]**

El trigo (*triticuma estivum L*) es único entre cereales debido a las propiedades viscoelásticas de masa desarrolladas al mezclar su harina con agua. El volumen del pan es considerado el parámetro más importante en la evaluación de la calidad panadera. **[Rubio A, MacRitchie F, Gandikota S, Hou G., 2005]**

El principal constituyente de la harina de trigo es el almidón, pero la fracción proteica (gluten) es el que define y controla las propiedades viscoelásticas de las masas de harina de trigo. **[Sandoval E, Quintero A, Cuvelier G., 2007]**

La harina de papa, se obtiene de la papa cocida entera y mantiene un sabor característico. La industria alimentaria utiliza la harina de papa, que no contiene gluten pero sí abundante almidón, para aglutinar productos compuestos de diversos tipos de carnes e impartir espesor a salsas y sopas. **[FAO, 2008]**

La adición de enzimas y oxidantes producen un efecto igual hasta superior en los parámetros farinográficos y panificables de las harinas panaderas, la concentración ideal de glucoxidasas, ácido L-ascórbico y azodicarbonamida en la harina panadera utilizada en la elaboración de productos de bollería, la cual corresponde a 40 ppm de glucoxidasas, 50 ppm de ácido L-ascórbico y 30 ppm de azodicarbonamida. **[Jiménez R., 2009]**

Los parámetros de control de mayor importancia son la capacidad que tiene la masa para absorber agua, la calidad del gluten, granulometría de la harina, humedad, tiempo de maduración de la harina que no debe ser mínimo a 8 días siempre y cuando se haya adicionado algún acelerador de la maduración como es el ácido L-ascórbico, finalmente es necesario realizar una evaluación del pan en la que se determina la altura y el diámetro, como las características organolépticas que debe poseer. **[Guamán D., 2009]**

Los porcentajes a sustituirse de harina de papa por harina de trigo es 20%, las mezclas de dichas harinas a pesar que resultan ser harinas débiles, son panificables dando como resultado un pan de poco volumen, por lo que se sugiere el uso de mejorantes como enzimas, aditivos y emulgentes para contrarrestar estas irregularidades. **[Lascano A., 2010]**

2.2. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA

La presente investigación se basa en el paradigma positivista que según, Dobles, Zúñiga y García (1998) la teoría de la ciencia que sostiene el positivismo se caracteriza por afirmar que el único conocimiento verdadero es aquel que es producido por la ciencia, particularmente con el empleo de su método. En consecuencia, el positivismo asume que sólo las ciencias experimentales son fuente aceptable de conocimiento.

En particular, asume la existencia de un método específico para conocer la realidad y propone el uso de dicho método como garantía de verdad y legitimidad para el conocimiento. Desde esta perspectiva se

considera que el método científico es único y el mismo en todos los campos del saber. Por tanto, la ciencia positivista se cimienta sobre el supuesto de que el sujeto tiene una posibilidad absoluta de conocer la realidad mediante un método específico.

2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL

En mezclas de harinas con mejorantes destinadas a la elaboración de pan, es necesario conocer sus cualidades panarias mediante métodos utilizados para cada uno de los ensayos, establecidos por manuales de funcionamiento y normas.

Análisis farinográficos: Método basado en el funcionamiento del equipo Farinografo Brabender de acuerdo al método AACC (American Association of Cereal Chemistry) N° 115e ICC (International Association of Cereal Chemistry)N° 11.

Análisis en el mixolab: Método basado en el funcionamiento de equipos Mixolab Chopin de acuerdo al método ICC (International Association of Cereal Chemistry) ICC-Standard N° 173.

Análisis alveográficos: Método basado en el funcionamiento del equipo alveógrafo de Chopin de acuerdo al método AACC (American Association of Cereal Chemistry) N° 54-20e ICC (International Association of Cereal Chemistry) N° 121.

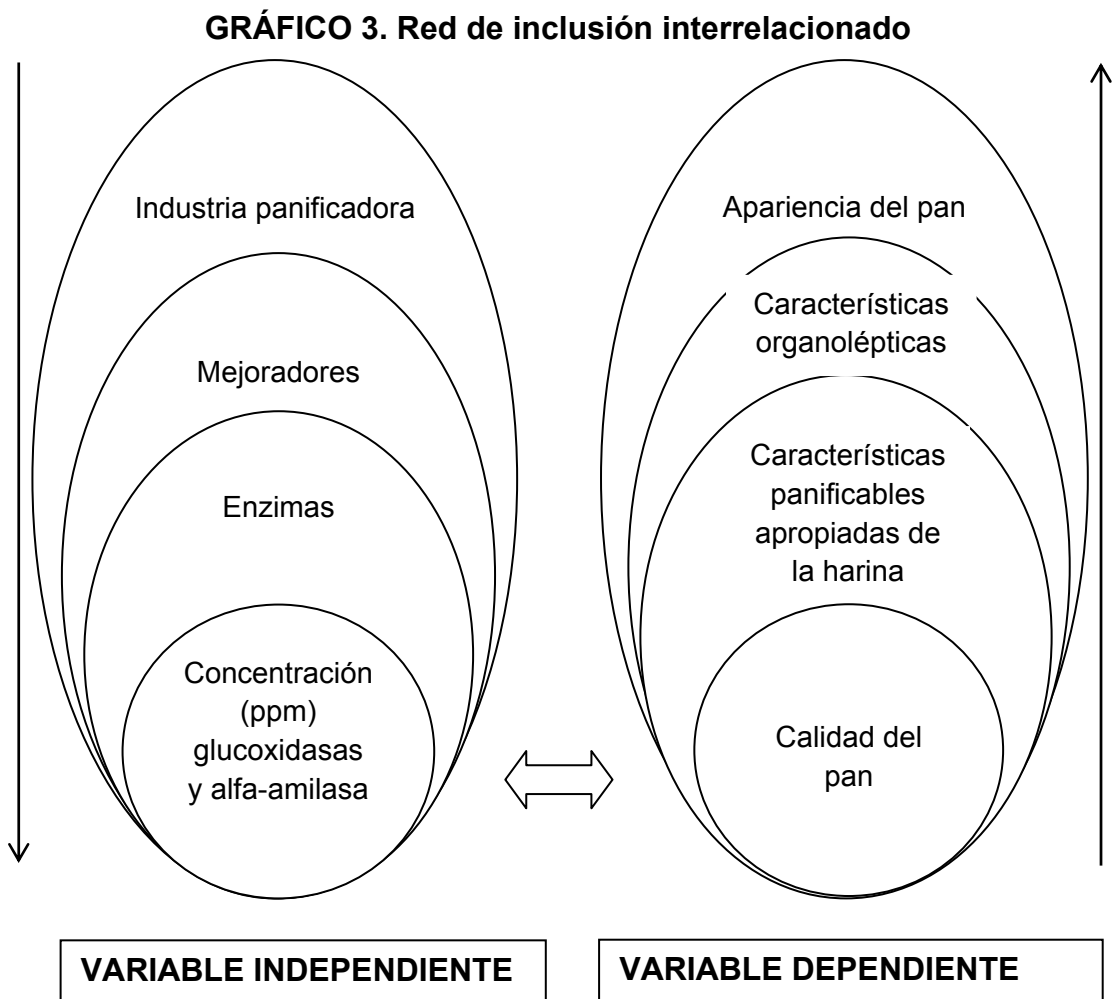
Las pruebas de panificación se basaron en el método tradicional utilizando una formulación básica.

Análisis de frescura: método basado en el funcionamiento de equipos Brookfield Engineering (Analizador de textura Pro CT3) de acuerdo al método adaptado a la prueba de compresión AACC 74-10A para la evaluación la frescura del pan blanco rebanado.

Análisis microbiológico del pan: se analizó presencia de aerobios mesófilos, mohos y levaduras, y coliformes totales, utilizando cajas Petri, siembras en superficie mediante los métodos establecidos por las normas INEN 1529-7, INEN 1529-5 e INEN1529-10.

2.4. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

En el gráfico 3, se aprecia la Red de Inclusiones, que establece los elementos que describen a la variable dependiente e independiente, así:



Elaborado por: *Marcela Pulloquina, 2011.*

2.4.1. Marco Conceptual de la Variable Independiente

2.4.1.1. Industria Panificadora

2.4.1.1.1. Harina de trigo

Los elementos constituyentes de la harina dependen de los que constituyen el grano de trigo del que se obtiene la harina, los diversos elementos que entran en las harinas de trigo en porcentajes diversos son: almidón, agua, proteínas, extracto etéreo, fragmentos corticales, azúcares, enzimas, cenizas y vitaminas. **[Rollin E., 1962]**

El componente glucídico más importante desde el punto de vista tecnológico y en el cual el grano es mayoritariamente rico es el almidón. Las moléculas de almidón que forman los gránulos están formadas por centenares de moléculas de glucosa unidas unas con otras formando una cadena. Se estima que un 23% del almidón de trigo está compuesto por moléculas cuyas cadenas contienen de 200-300 moléculas de glucosa; esta fracción se denomina amilosa. El resto es amilopectina, que está compuesta por más de mil moléculas de glucosa unidas en forma de cadenas que se ramifican forman una estructura arborescente.

En la elaboración de pan, el desprendimiento de agua durante la fermentación por los gránulos deteriorados de almidón, es provocado por la acción de las amilasas que producen dextrinas y maltosa, las cuales retienen poco agua. La gelificación implica un hinchamiento de los gránulos de almidón y es resultado de un aumento de temperatura en presencia de agua. El almidón toma agua del gluten proceso denominado fraguado, entonces la actividad de la alfa-amilasa aumenta fuertemente, pues esta enzima degrada los gránulos gelificados de almidón mucho más rápidamente que el almidón crudo. **[Barba L., 1989]**

Por otra parte, las proteínas son los componentes más importantes de la harina de trigo por la capacidad para formar una masa viscoelástica cuando son mezcladas con agua. Las proteínas de la harina de trigo se clasifican de acuerdo a su solubilidad en cuatro grupos. Las albúminas y globulinas constituyen el 20% del total de la proteína en harina mientras que las gliadinas y gluteninas representan cerca del 80%. Las gliadinas son responsables de la extensibilidad y gluteninas da elasticidad, son las proteínas más importantes en la harina de trigo por su contribución a la funcionalidad de la harina en la panificación. **[Vásquez- Lara y Col., 2009]**

Una propiedad única de la harina de trigo es que sus formas de proteínas de reserva, cuando están en contacto con el agua, forman una masa proteica viscoelástica conocida como gluten. **[Peña R., 2002]**

2.4.1.1.2. Harina de papa

El código alimentario argentino en su art. 685, lo define así: “Con la denominación de harina de papa o patata, se entiende el producto obtenido moliendo finamente los tubérculos pelados y desecados del *Solanum tuberosum* la que presentará como máximo un contenido de agua del 12 % a 100 ° C -105 ° C. Este producto se rotulará: harina de papa o harina de patata”. **[Bruno R., 2005]**

La harina de papa presenta, desde el punto de vista de calidad, un cuadro un poco diferente. Desde el momento en que no reemplaza a la papa fresca en ninguno de sus usos principales, se debe medir y controlar las propiedades funcionales de este ingrediente que sean más importantes al consumidor. En la industria de la panificación, se usa la harina de papa basándose en su capacidad para retener una cierta cantidad de agua a través de los procesos de mezcla y amasado y de producir una mayor suavidad al producto final. **[Osorio H., 2004]**

Mediante estudios se ha demostrado que mediante el empleo de 71 Kg de harina de trigo y 2.1 kg de harina de papas con un 10% de humedad se reemplazarían 38 toneladas de trigo. **[Montaldo A., 1984]**

En la Tabla 4, se muestra el análisis proximal de las harinas de trigo importado CWRS # 1 y de papa variedad Gabriela, tomados de estudios anteriores. **[Proyecto PHPPF, 2009]**

TABLA 4. Análisis proximal de harinas de cereales y tubérculo

Harina	Humedad (%)	Carbohidratos (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Cenizas (%)	Fibra (%)
Trigo						
Importado CWRS#1	12,08	81,84	15,33	1,54	0,73	0,57
Papa Nacional Gabriela	10,23	84,66	8,40	0,90	4,38	1,66

Fuente: INIAP 2009. Proyecto PHPPF.

2.4.1.1.3. Panificación de mezclas de sucedáneos

No hay duda que la bondad del pan depende sobre todo de su sabor, pero también hay otros factores que influyen sobre el sabor mismo y sobre su aspecto apetecible, que también están en relación con la blancura de la miga y con la cualidad de crujir de la costra, estos son la elasticidad de la red glutínica y del desarrollo de anhídrido carbónico.

Si una harina de trigo ofrece altas cualidades panificables (harina fuerte) podrá soportar en mezcla un porcentaje de harina de otro cereal más elevado; viceversa, si la harina de trigo es de débiles cualidades panificables (harina débil) el porcentaje deberá ser reducido; por tanto, tratando con el mismo porcentaje de mezcla de harinas de trigo de cualidades panificables diversas, se obtendrán productos de panificación diversos. **[Rollin E., 1962]**

La utilización de mezclas de sucedáneos se da por dos motivos: por escases de la harina de trigo, o con la finalidad de utilizar los sucedáneos para enriquecer mezclas, lo que provoca cambios en factores como es la manejabilidad de las masas, el aspecto del pan y el sabor. **[Rollin E., 1962]**

Manejabilidad de las masas.- el trabajo se hace difícil y la presencia del sucedáneo es la causa de una sensible pérdida de tiempo, a partir de:

30% para el maíz y cebada

20% para el centeno

32,5% para el puré de papa

Aspecto del pan.- los resultados son muy mediocres más allá de:

25% para el maíz

20% para el centeno y la cebada

32,5% para el puré de papa con un enrojecimiento anormal de la costra.

Sabor del pan.- en cuanto al gusto, las mezclas son aceptables hasta:

25% para el maíz y cebada

50% para el centeno

Hay que tener presente que el trigo, es el cereal principal para fabricar el pan y que la calidad y porcentaje del cereal que entre en la mezcla, pues la calidad de la harina de trigo experimentará una degradación, dando resultados pésimos mientras más elevado sea el porcentaje de la mezcla.

Mezclas con papas.- La papa contiene una importante cantidad de agua y casi en la misma proporción cruda que cocida. La papa puede ser puesta en la harina de trigo de diversas maneras: en estado natural, cocida o en forma de fécula o bien en copos de patata. En la elaboración de pan con mezcla de harina de papa, pues, cuando el pan está caliente emana un olor poco agradable que pierde con el enfriamiento. **[Rollin E., 1962]**

Únicamente la adición de puré de patata no da lugar en lo que concierne a la marcha de fermentación. En cambio, en el amasado conviene al principio mantener una masa firme, en previsión de un rebladencimiento sensible que se manifiesta hacia el final. La cocción del pan debe ser efectuada a horno con calor muy suave, para frenar la tendencia al enrojecimiento de la costra de pan, inherente a esta mezcla. **[Rollin E., 1962]**

2.4.1.2. Mejoradores de Panificación

Los mejorantes son una mezcla a base de aditivos y coadyuvantes, que van a ayudar a mejorar las distintas anomalías en la harina o a potenciar alguna de sus características, con el fin de obtener la harina que mejor se adapte a nuestro proceso de elaboración.

Para hacer un buen uso de este producto es necesario conocer las características de la harina como es la humedad, cenizas, proteínas, gluten, fuerza, tenacidad, extensibilidad, capacidad de absorción de agua, ya que el efecto del mejorante será distinto en unas harinas que en otras en función de sus características. La dosificación, debe ser precisa ya que dosis elevadas del mismo, puede limitar los sabores característicos de las piezas, o dar cambios no deseables en las masas. **[Mejorantes Panarios, 2008]**

Generalmente los mejorantes están compuestos por una serie de aditivos y coadyuvantes que se repiten en mayor o menor proporción según el fin al que estén destinados. De esta forma aparecen en el mercado mejorantes para productos panarios congelados, mejorantes para panes rústicos, mejorantes para pastelería, etc.

Los aditivos más utilizados en la industria panificadora son:

- Emulgentes
- Oxidantes.
- Enzimas. (coadyuvantes tecnológicos)

2.4.1.2.1. Oxidantes

El uso de aditivos es un hecho generalizado en la industria panadera, el panadero aporta a la masa mezclas de aditivos autorizados que le suministran las compañías comerciales especializadas. Los violentos cambios introducidos en el sistema de panificación tradicional, tanto por la mecanización como por el acortamiento de los procesos, hacen necesario contar con estos aliados.

La función que cumplen los mejorantes es la de reforzar las características de la harina, para que la masa resultante pueda ser manipulada en un proceso mecanizado. Así, la masa tendrá una buena capacidad de producción y retención de gas. Para que éstos mantengan una buena estabilidad, a la par que un buen desarrollo, la aportación de un mejorante es una contribución valiosa.

La consecuencia final sobre el producto, cuando se han utilizado el tipo y la dosis adecuados es un mayor desarrollo de la pieza, mayor suavidad de la miga, buen color y brillo de la corteza, que cruje suavemente sin desprenderse. **[Tejero F, 2008b]**

2.4.1.2.1.1. Ácido ascórbico (Vitamina C, E300)

Es un anti-oxidante alimentario que, gracias a la transformación que sufre en la masa panaria, juega el papel de agente oxidante en todos los mejorantes comerciales. Según la NTEINEN 616:2006 la aplicación en panadería, establece una dosificación límite de 200 ppm/Kg harina. La dosis óptima necesaria está en función del tipo de pan a elaborar, del proceso a seguir y de la calidad de la harina. **[Tejero F, 2008b]**

Su acción requiere la presencia de oxígeno, por lo que su actividad oxidante principal se desarrolla durante el amasado, ya que el ácido

ascórbico se transforma en ácido dehidroascórbico, que tiene propiedades oxidantes.

La acción de los mejoradores consiste en oxidar los grupos sulfidrilo o tiol (-S-H) de la cisteína presentes en el gluten del trigo, en consecuencia estos grupos pueden formar nuevos enlaces cruzados entre cadenas proteicas o bien generado SO_3H que ya no pueden continuar participando en la reacción de formación de grupos disulfuro (-S-S-), reacción en la que se considera que se liberan las fuerzas que actúan en la masa y a las que se debe el aspecto denso y compacto que esta presenta. **[Kent N., 1987]**

El ácido ascórbico, en primer lugar elimina del sistema los grupos -S-H de las proteínas solubles (albúmina, lencosina, globulina), produciendo cambios en el equilibrio de las reacciones de la glutenina que conducen a la formación de enlaces -S-S- entre moléculas de glutenina en vez de enlaces -S-S- entre proteínas solubles y gluteninas. Por consiguiente se produce se produce una estructura más elástica. Además aumenta el grado de reacción de los grupos -S-H enmascarados, quedando un número mayor de estos grupos expuesto durante el desarrollo de la masa dando lugar al aumento de enlaces -S-S- y su estabilización. **[Cauvain S. y Young L., 1998]**

El ácido ascórbico va siendo reemplazado por la glucosa-oxidasa, lo que en combinación permite un reforzamiento de la tenacidad y de la elasticidad del gluten, traduciéndose en los efectos siguientes:

- Fortalece al gluten.
- Reduce el tiempo de amasado.
- Aumenta la absorción de agua.
- Permite suprimir la pre-fermentación.
- Mejora la tolerancia de la masa a los impactos mecánicos durante el proceso.
- Mejora la tolerancia en la fermentación.
- Blanquea más la masa.

Como consecuencia, las piezas cocidas presentan:

- Una corteza más clara y brillante.
- Una miga más blanca.
- Mayor volumen.
- Sabor más pobre.

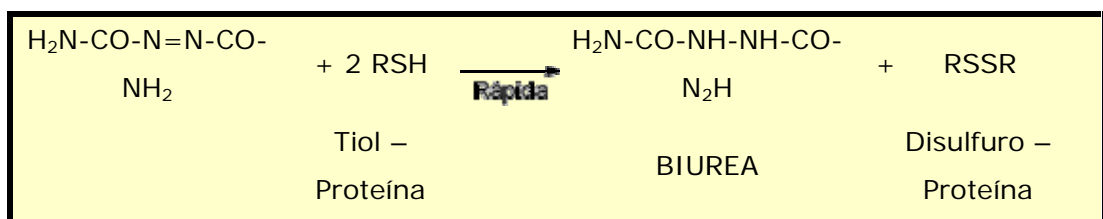
La adición de ácido ascórbico se refleja en el alveograma mediante un aumento de la tenacidad (P), un aumento de la fuerza (W) y una reducción de la extensibilidad (L), lo que supone además un aumento del equilibrio (P/L). [Tejero F., 2005a]

2.4.1.2.1.2. Azodicarbonamida

Es un agente madurador de la harina, cuando se mezcla con las masas, oxida los grupos sulfidrilos ejerciendo su acción mejoradora produciendo grupos disulfuros, la oxidación es rápida y casi completa en los dos minutos y medio siguientes a la mezcla. La harina tratada con este producto se considera que produce una masa más seca y de mayor cohesión. La utilización de altas concentraciones en las masas conduce a problemas de sobretretamiento. [Kent N., 1987]

En la Figura 1, se observa la reacción rápida que produce la azodicarbonamida sobre los grupos sulfidrilos del gluten formando puentes disulfuro, de esta forma acondiciona y refuerza la estructura de la masa realizada con harinas de bajo contenido de gluten. [RAN industrias químicas., 2008]

FIGURA 1. Reacción de la azodicarbonamida (Oxidante Rápido)



Fuente: RAN industrias químicas, 2008.

La azodicarbonamida es utilizada comúnmente como mejorador de harina, la dosificación permitida va de 10 a 30 ppm. Las masas realizadas con harinas tratadas con este antioxidante poseen una estructura más cohesiva, toleran mayor absorción de agua y esto se traduce finalmente en una mejor textura y volumen de miga. La azodicarbonamida no es blanqueador y no destruye las vitaminas presentes en la harina, no reacciona con la harina seca, tampoco se observa deterioro durante el almacenamiento con harina y actúa en forma rápida al entrar la harina en contacto con el agua durante el amasado. Suele utilizarse en mezclas con el ácido ascórbico, potenciándose así la efectividad de ambos y mejorando el resultado final. **[RAN industrias químicas., 2008]**

2.4.1.2.2. Emulgentes

Se denominan emulsionantes o emulgentes a las sustancias que favorecen la formación y la estabilización de las emulsiones. Los emulsionantes, gracias a la estructura particular de sus moléculas, compuestas por una zona hidrófila y otra lipófila, sirven de enlace de las distintas fases que componen una emulsión fase acuosa y la fase lipídica, al tiempo que hace esta unión estable. Otra de las funciones importantes que realizan es reforzar las proteínas constituyentes de la red de gluten. **[Osorio H., 2004]**

Actúan en las masas de varios modos: acondicionando los almidones disminuyendo la temperatura de gelatinización de las suspensiones de almidón en agua y aumentando la velocidad de hinchamiento, haciendo los almidones más digeribles, promoviendo una mayor integración del agua a la masa. Produce masas más suaves y blandas, facilita la mecanización, reduce costras secas. **[Osorio H., 2004]**

Tejero (2008b), señala las funciones de los emulgentes, por las cuales son utilizados en panificación, pero entre todas destacan las siguientes:

Durante el amasado:

- Dan suavidad a las masas.
- Facilita su trabajo en las máquinas.
- Reduce tiempos de amasado (por lo tanto provoca un ahorro energético).
- Limita la cantidad de grasa en el producto.

Durante la fermentación:

- Refuerzan las masas actuando sobre las moléculas de gluten.
- Mejoran la capacidad de retención de gas.
- Reduce los tiempos de fermentación.

Durante el horneado.

Mejora la capacidad de mantener el gas en el producto dentro del horno, dando lugar a piezas con:

- Mejor volumen.
- Mejor textura.
- Mejor miga.
- Disminuye la pérdida de agua.

Durante el almacenaje:

- Mantiene la humedad interna del producto (miga más tierna).
- Prolonga la vida útil del producto.

2.4.1.2.2.1. Estearil 2- lactilato de sodio (SSL, E482)

La utilización de este emulgente en productos de panadería hasta de 3 gr/Kg de harinas equivalente 3000 ppm. Mejora la retención de gas en la masa aunque, peso a peso, tiene menos rendimiento. Al mismo tiempo se ha demostrado que esta sustancia proporciona una extensión de la vida útil del producto en términos de blandura. Es capaz de unirse con la amilosa de forma similar lo que contribuye su efecto en la blandura de la miga. **[Cauvain S. y Young L., 1998]**

El estearoil 2-lactilato de sodio es un emulsificante altamente hidrofílico que se dispersa fácilmente en el agua, lo que permite un incremento de absorción de agua en la masa y mejora la interacción de los ingredientes grasos. Tiene propiedades de acondicionamiento de masa y actúa solo o en sinergismo con otros ingredientes. Una propiedad muy importante es su interacción con los aminoácidos de las proteínas. Forma un complejo o red con el gluten que mejora la elasticidad y extensibilidad de la masa, lo que incrementa la tolerancia al trabajo mecánico, a golpes de los moldes en la etapa de fermentación y transporte. **[Jaramillo J., 2010]**

Debido a esta propiedad de “reforzador de masa”, se usa ampliamente en fórmulas de pan de barra elaboradas con harina enriquecida, con alto contenido de fibra, con harina integral en diferentes proporciones o mezclas de harinas de diferentes granos. El reforzamiento o complejo con las proteínas mejora el volumen del pan y retiene mejor el gas producido durante la fermentación, lo que incrementa considerablemente su volumen volviéndolo más apetecible. **[Jaramillo J., 2010]**

2.4.1.2.3. Enzimas

Las enzimas como catalizadores biológicos, ayudan a acelerar diversas reacciones bioquímicas que tienen lugar durante el desarrollo de la masa panaria. En los últimos años las enzimas han tenido un avance significativo en la industria panadera ya que se han ido limitando en los mejorantes comerciales los principios activos tradicionales como el ácido ascórbico y los emulsionantes por diferentes enzimas que pueden actuar casi de la misma forma que estos. **[Tejero F., 2008a]**

Los cereales contienen una serie de enzimas naturales como son las amilasas, proteasas, hemicelulasas y lipasas. Tanto los contenidos en la harina como los adicionados en el molino o en la panadería, actúan en las diferentes partes del proceso de panificación. Su presencia en cantidades

superiores o inferiores a las necesarias afectará a la calidad del producto final, tanto a su volumen y aspecto, como a su conservación.

La concentración natural de estas enzimas en los cereales panificables depende en gran medida de las condiciones climatológicas durante las últimas fases del cultivo del trigo. Si madurado el grano, éste estuvo expuesto a un ambiente húmedo, se producirá su germinación. Si por el contrario, la maduración y recolección del trigo se realizó en clima seco, el contenido de enzimas podría llegar a ser insuficiente. Por esta razón y para resolver esta insuficiencia enzimática es necesario añadirlas a la harina o a la masa. Actualmente, la mayor parte de las enzimas producidas industrialmente para su utilización en los procesos de panificación se producen mediante fermentaciones de microorganismos seleccionados. **[Tejero F., 2008a]**

2.4.1.2.3.1. Factores que influyen en la acción de las enzimas

La cantidad de una enzima añadida a la harina reaccionará de forma distinta dependiendo de varios factores como es la acidez de las masas, la temperatura de la masa y de la fermentación, así como la temperatura del horno, tendrán una repercusión de reacciones bien distintas cuando estos parámetros cambien. **[Tejero F., 2008a]**

- **Sustratos disponibles en la harina.-** La actividad de una enzima responde a la concentración del complejo enzima-sustrato, es muy importante que la cantidad de sustrato y enzima estén relacionados. Cuando éste es limitado la acción de la enzima es lenta y limitada la reacción, y cuando la cantidad de sustrato sea elevada la reacción será rápida y efectiva.

- **Efecto de la temperatura sobre la actividad enzimática.-** En general, los aumentos de temperatura aceleran las reacciones químicas y enzimáticas: por cada 10° C de incremento, la velocidad de reacción se duplica. Las

enzimas que se utilizan en la panadería comienzan su actividad desde que se añade agua en el amasado y terminan en el horno. Normalmente las enzimas que se utilizan en la harina y las que el panadero aporta a través del mejorante se desnaturalizan y se desactivan entre los 60-70° C.

• **Efecto del pH sobre la actividad enzimática.**- El pH es una medida de la acidez relativa de la masa muy importante en la elaboración de pan a partir de masas madres. La acidez en la que la actividad de las enzimas es óptima, en procesos con fermentaciones cortas, se obtiene difícilmente cuando no se añade una porción de masa madre.

2.4.1.2.3.2. Alfa- Amilasas

Son enzimas que actúan hidrolizando el almidón, proporcionando azúcares fermentables por las levaduras, lo que provoca un aumento en el volumen del pan, influencia positivamente en su conservación, retrasando la retrogradación del almidón. Las amilasas de origen fúngico son las más utilizadas en la fabricación del pan, como alternativa a la harina de malta. La producción de azúcares fermentables para la levadura se realiza mediante la rotura de estas cadenas de moléculas de glucosa por acción de las amilasas, lo que se denomina hidrólisis enzimática. La eficacia de este proceso depende de la temperatura y del grado de hidratación del almidón, su máximo se alcanza cuando se gelifica el almidón, en los inicios de la cocción. [Tejero F., 2008a]

Las amilasas presentes en la harina al inicio del amasado comienzan su actividad en el momento en que se añade el agua. El almidón roto durante la molturación del grano de trigo es más rápidamente hidratado, y por tanto, más fácilmente atacable por las enzimas, éstas actúan en acción combinada: la α -amilasa va cortando las cadenas lineales en fracciones de menor longitud, llamadas dextrinas, mientras que la β -amilasa va cortando las cadenas en moléculas de maltosa, formada por dos unidades de glucosa.

El contenido en dextrinas es importante en la capacidad de retención de agua y en la consistencia de la masa. **[Tejero F., 2008a]**

Como el contenido en β -amilasa del trigo es generalmente suficiente para la actividad requerida en la fermentación, sólo se controla el contenido de α -amilasa de las harinas antes de su utilización. Durante la fermentación continúa la acción de las amilasas, es por esa razón por lo que en fermentaciones muy largas la reacción y actividad de la enzima será mayor que en fermentaciones más cortas. En el momento de introducir el pan en el horno aumenta la actividad hasta el momento en que la temperatura interna de la masa alcanza los límites térmicos de inactivación.

Dependiendo del tamaño de los panes, así como de la temperatura del horno, después de unos 10 minutos aproximadamente, las enzimas de la levadura se desactivan y la célula muere, a medida que aumenta la temperatura de la masa en el horno (65° C), comienza a producirse la miga del pan, con lo cual, el almidón se hincha y forma un gel más o menos rígido, en función de la cantidad de α -amilasas presentes, y de su origen. De estos dos factores dependerá el tiempo durante el cual se siga produciendo dextrinización en la masa, en la miga en formación.

Cuando el contenido de amilasas, especialmente de α -amilasas es correcto, se obtiene una influencia positiva no solamente en el volumen del pan, sino también en su conservación, produciéndose un efecto de ralentización de la retrogradación del almidón. La α -amilasa fúngica tiene una mayor tolerancia a la sobre dosificación que la de origen cereal, lo que se basa en su desactivación durante la primera fase de la cocción ($60-65^{\circ}$ C), por lo que no existe el riesgo de que se produzca exceso de dextrinas. **[Tejero F., 2008a]**

FIGURA 2. Función de las amilasas



Fuente: López X, 2009

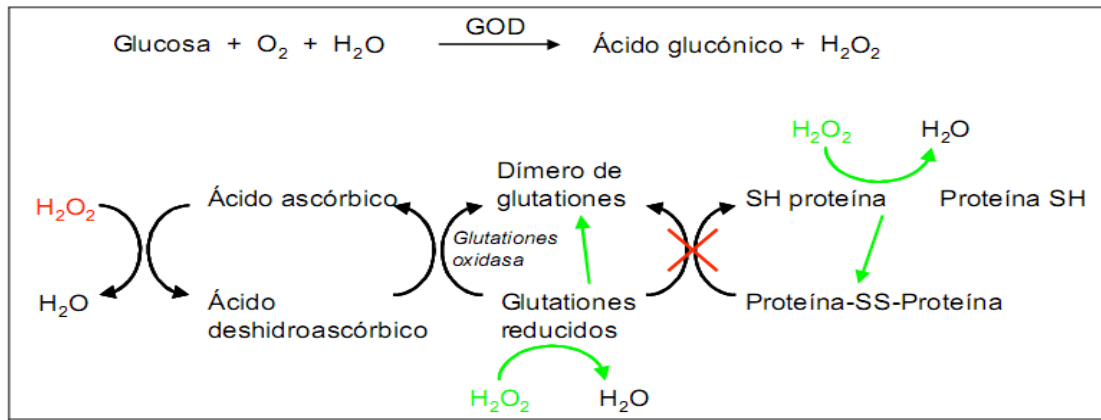
En el Figura 2, se demuestra el efecto de alfa-amilasa sobre el almidón, cumpliendo son las siguientes funciones:

- Proveen a la levadura de suficiente sustrato para producir gas
- Mejora el volumen del pan y su textura
- Contribuye a mejorar el sabor y color del pan. [Velasquéz, 2009]

2.4.1.2.3.3. Glucosa-oxidasa

Son enzimas oxidativas, su efecto sobre la masa es la oxidación de la glucosa para formar ácido glucónico con la ayuda del oxígeno atmosférico, pero la ligera acidificación que se produce en el proceso es negligible; su otro efecto es la transformación del agua en peróxido de hidrógeno como se observa en la Figura 3. El peróxido de hidrogeno oxida los grupos sulfhidrilos –S-H del gluten y forma enlaces disulfuros –S-S- que refuerzan esta red, el factor limitador en este proceso es la disponibilidad de oxígeno. [Popper L., 2005]

FIGURA 3. Reacción de glucosa oxidasa y efectos probables sobre los componentes de la masa

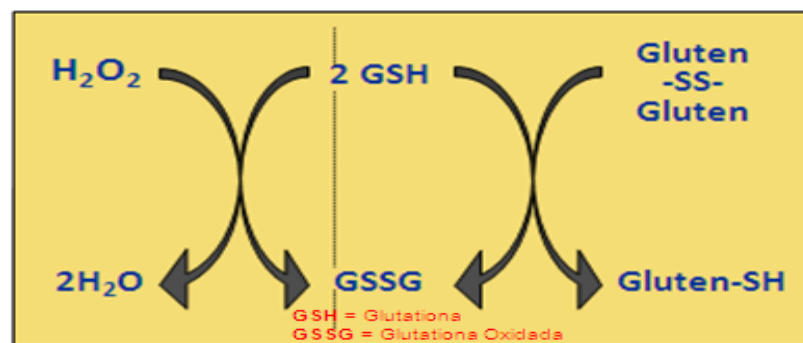


Fuente: Popper L, 2005.

La glucosa oxidasa actúa sobre los grupos de tiol del gluten, ya sea directamente o a través de varias vías de acceso, incluyendo la formación de enlaces de disulfuro y de este modo reforzando la proteína. Junto a otras reacciones químicas que consumen oxígeno, la levadura necesita oxígeno antes de empezar la fermentación real, ya que inicialmente respira en lugar de fermentar. Esto significa que las condiciones para glucosa oxidasa (GOD) sólo son buenas en la superficie de la masa cuando hay mucho oxígeno disponible permanentemente. **[Popper L., 2005]**

En la Figura 4, se observa otro efecto del peróxido de hidrogeno, que el de bloquear el efecto de la glutaniona, que rompe los enlaces disulfuros debilitando el gluten, este bloqueo ocurre porque oxida la glutaniona.

FIGURA 4. Efecto de la glutaniona en los enlaces disulfuros



Fuente: Velásquez, 2009

Su efecto es como el del ácido ascórbico, es decir la oxidación de las proteínas, pero su acción es inmediata desde el inicio del amasado no así la del ácido ascórbico que sólo actúa al final del amasado y en el transcurso de la prefermentación y fermentación. [Tejero F., 2008a]

Velásquez (2009), indica que la glucosa oxidasa utiliza como sustrato la glucosa cumpliendo con las siguientes funciones:

- Mejora la fuerza de la masa y reduce la pegajosidad del gluten reforzándolo
- Incrementa la tolerancia a la fermentación
- Incrementa significativamente el volumen de pan, especialmente en harinas débiles
- Incrementa la absorción de agua, con mayores rendimientos

2.4.1.2.3.4. Concentraciones permitidas de enzimas

El Codex Alimentarius (1995), establece que el uso de aditivos y coadyuvantes tecnológicos no deben excederse del 10 % en productos de molienda. Las enzimas se usan en una cantidad suficiente para obtener el efecto deseado, aplicando Buenas Prácticas de Fabricación (BPF) que rigen lo siguiente:

- a) la cantidad de aditivo que se añada al alimento se limitará a la dosis mínima necesaria para obtener el efecto deseado;
- b) la cantidad de aditivo que pase a ser componente del alimento como consecuencia de su uso en la fabricación, elaboración o envasado de un alimento y que no tiene por objeto obtener ningún efecto físico o técnico en el alimento mismo, se reduce al máximo razonablemente posible; y
- c) el aditivo se preparará y manipulará de la misma forma que un ingrediente alimentario.

2.4.1.2.3.5. Sinergismo enzimático

La acción en la masa y las características del pan de dos o más enzimas añadidas en conjunto es frecuentemente mayor que la suma de los efectos de cada enzima por sí sola, produciendo un interesante sinergismo. El mismo sinergismo es observado en el uso de las enzimas además de otros aditivos, tales como oxidantes (azodicarbonamida y ácido L-ascórbico) y los emulsionantes. Las industrias de fabricación de enzimas preparan diferentes complejos enzimáticos capaces de cubrir por sinergismo la carencia de una enzima para suplantarla con otra enzima añadida.

Los procesos tan variados y la gran cantidad de panes que fabrica la panadería actual hace que estas combinaciones de procesos enzimáticos se vayan especializando en función de las variedades de panes a los que van dirigidos y al grado de automatismo que requiera la masa, una mayor o menor fuerza o equilibrio. **[Garrido G, y col. 2002]**

2.4.2. Marco Conceptual de la Variable Dependiente

2.4.2.1. Calidad del pan

El pan, en sus múltiples formas, es uno de los alimentos más ampliamente consumidos por la humanidad **[Cauvain S. y Young L., 1998]**. Es un alimento único, casi contiene todos los nutrientes, aunque no en las proporciones ideales. Aunque la adición de otros alimentos como leche, mantequilla, queso da casi un alimento ideal. Los principales nutrientes son: hidratos de carbono, grasas, proteínas, sustancias minerales, y vitaminas. **[Calaveras, 1996]**

Los métodos para estimar la calidad del pan van dirigidos normalmente a definir tres categorías: calidad externa, calidad interna y calidad asociada a la textura y palatabilidad, en las que se incluyen el sabor

y aroma, es decir se analizan mediante evaluación sensorial por el consumidor.

Las características externas frecuentemente evaluadas en panes y relacionadas con su calidad son: dimensiones, volumen, apariencia, color y formación de la corteza. **[Cauvain S. y Young L., 1998]**

Dimensiones del pan: son críticas para la mayoría de los panes son la longitud y la altura, relegándose la anchura a un lugar menos importante.

Volumen del pan: Manifiesta que cuando se permite que la masa fermente hasta el punto que se puede producir un pan con el mayor tamaño posible, el volumen del pan, si se ha usado cantidades uniformes de harina, levadura, sal azúcar, puede ser considerado como una expresión de fuerza relativa de la harina. En la panificación comercial o casera no es deseable permitir que la fermentación de la masa alcance su punto de expansión máxima, pero las harinas que rindan grandes masas en este ensayo permitirán obtener un pan de volumen grande asociado con una textura buena. **[Richardson A., 1987]**

Para determinar el volumen se utiliza la técnica de desplazamiento de semillas, que comprende de un contenedor de volumen conocido, que se haya calibrado con semillas, en el que se introduce el producto, y después se rellena con las semillas desplazando un volumen de las mismas igual al de la pieza. **[Cauvain S. y Young L., 1998]**

Apariencia externa (corteza): Es un factor atractivo para el consumidor, por ende los cortes y marcas de la superficie del pan determinan este factor. **[Cauvain S. y Young L., 1998]**

Peso del pan: luego de haber sido enfriados a temperatura normal, los panes son pesados y estos pesos expresados en gramo. Si la panificación ha sido efectuada en condiciones uniformes, el peso del pan

nos ayudará a calcular el número de unidades que pueden ser producidas desde una cantidad determinada de harina. **[Richardson A., 1987]**

Color y formación de la corteza: se estima mediante técnicas descriptivas, como el sistema de Munsell, o con colorímetros triestimulos, pero no resultan eficientes debido a que el color de la corteza del pan es irregular. **[Cauvain S. y Young L., 1998]**

Las características internas son: distribución, tamaño y número de alvéolos de la miga, el color de la misma y cualquier defecto de calidad que pueda apreciarse, como oquedades impropias o manchas densas visibles en un corte transversal del producto, en la evaluación sensorial son verificados parámetros de sabor y aroma.

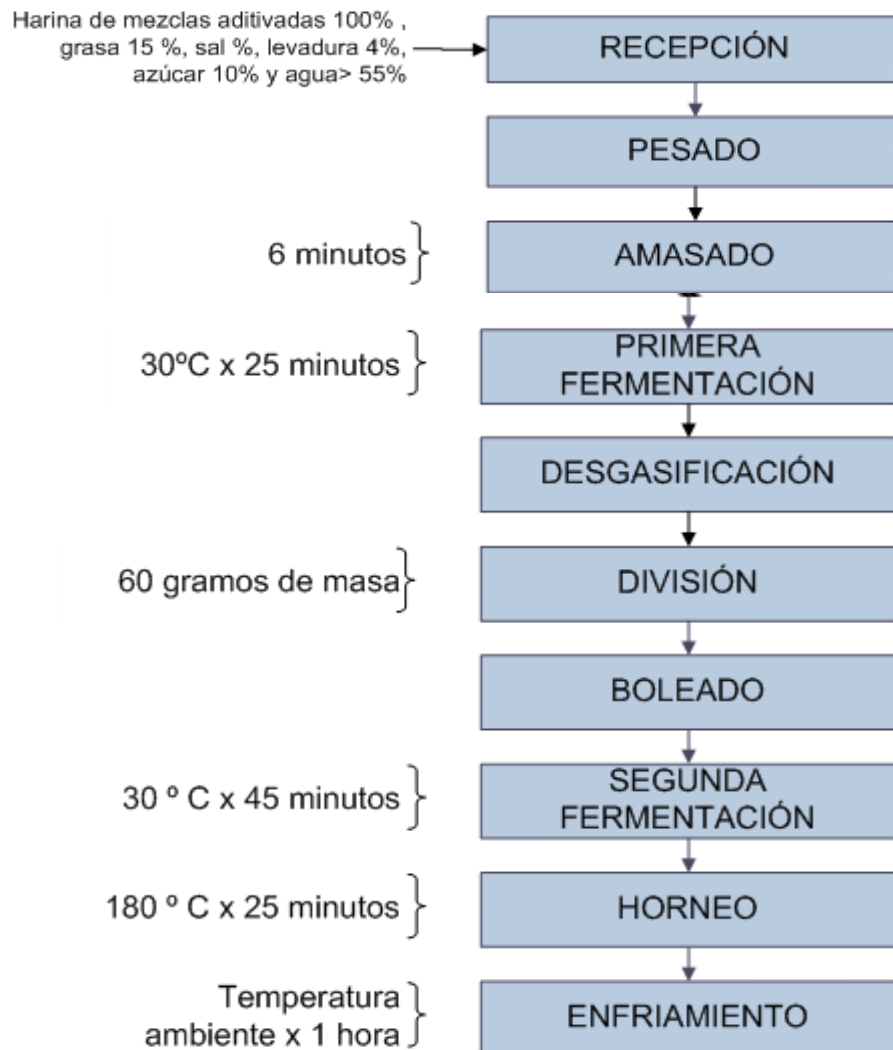
La estructura alveolar de la miga es uno de los atributos más importantes de las características del pan, permanece aún como un parámetro muy difícil de cuantificar desde el punto de vista de su correlación con la percepción humana de la calidad.

Color de la miga: la comprobación del color y textura es efectuada generalmente al día siguiente de haberse completado la panificación, debido a que hasta ese tiempo los panes se habrán enfriado lo suficiente como para ser cortado sin perjudicar su textura. Luego se comprueba el color de la miga que puede ser crema, ligeramente cremoso, crema grisácea o gris, de acuerdo al color que se obtiene de la muestra de pan típica. Una miga con color muy cremoso o gris apagado, es conceptuada de color más bajo que aquella que posee colores más claros debido a la intensidad variable de la luz solar. **[Richardson A., 1987]**

2.4.2.1.1. Elaboración de pan

En el Gráfico 3, se presenta el flujograma para la elaboración de pan con los tratamientos de mezclas con mejorantes y muestras puras a partir de una muestra de 500 gramos.

GRÁFICO 3. Flujograma para la elaboración de pan



Fuente: Proyecto PPHPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

2.4.2.1.2. Descripción del proceso

Recepción: Las materias primas para la elaboración de pan fueron almacenadas en lugares que garanticen la conservación.

Pesado: En esta operación se pesaron todos los ingredientes de acuerdo a la dosificación establecida en cada tratamiento. La formulación que se utilizó es la siguiente: harina de mezclas con mejorantes 100%, grasa 15 %, sal 2%, levadura 4%, azúcar 10% y agua 56%.

Amasado o mezclado: Se colocó todos los ingredientes en la amasadora para que se mezclen formando un solo cuerpo llamado masa. En esta etapa empiezan actuar las enzimas, agentes oxidantes y el emulsificante haciendo la masa más manejable.

Primera Fermentación: Una vez que se formó la masa se somete a fermentación en una debida cámara de fermentación a 30 °C por 25 minutos. Esto permite activar las levaduras promoviendo la capacidad de producción de gas que depende de los azúcares libres presentes en la harina.

Desgasificación: Se retiró la masa de la cámara de fermentación y se amasó por uno a dos minutos para retirar el CO₂ formado durante la fermentación.

División: Posteriormente a la desgasificación de la masa se realizó divisiones de 60 gramos de masa. Esta etapa se desarrolla en forma manual o mecánica.

Boleado y formado: Cuando las piezas han sido divididas fueron boleadas, una vez boleada la masa tendrá una estructura más lisa, logrando una superficie de aspecto y al tacto más seca.

Segunda Fermentación: Las piezas de pan son colocadas en la cámara de fermentación por el tiempo de 45 minutos a una temperatura de 28-30 ° C, permitiendo que las piezas de pan se expandan y se produzca la fermentación y se forme aromas característicos del pan.

Horneo: Este proceso se lo realizó en un horno giratorio, la cocción a una temperatura de entre 180 y 200 °C por un tiempo de 20 a 25 minutos, en una atmósfera rica en vapor de agua.

Enfriamiento: Una vez que se retiraron las piezas de pan del horno, fueron llevados hasta la temperatura ambiente, en un lugar adecuado y específicamente destinado a este fin. [Tejero F., 2005b]

2.4.2.2. Cualidades Panificables adecuadas de la Harina

Rollin (1962) indica que para la elaboración de panes de calidad, se necesita de buenas aptitudes de la harina para cual se ve influenciado por dos grupos de factores importantes como son:

1. Las cualidades físicas de las masas obtenidas
2. Las cualidades fermentativas

2.4.2.2.1. Cualidades físicas de la masa

Conocidas también como cualidades plásticas o reológicas, se caracteriza por el grado de elasticidad, de tenacidad y flexibilidad de la masa, es el gluten el que comunica sus propiedades plásticas, sin embargo el almidón desempeña un papel no despreciable en la formación de la textura final y el desarrollo del pan. [Rollin E., 1962]

Rollin (1962), señala tres factores que están directamente ligados a las propiedades plásticas de una masa son: la capacidad de absorción de una harina, de la manejabilidad y de la tolerancia de la pasta.

- La capacidad de absorción de agua de una harina es la aptitud de esta para soportar más o menos fuertes adiciones de agua.
- La manejabilidad de las pasta es el conjunto de cualidades que hacen que la pasta sea flexible y tenaz sin pegarse y que conserve estas características a lo largo de la fabricación.

- La tolerancia es la facultad que tiene la pasta de no sufrir un pequeño defecto o de soportar un pequeño exceso de fermentación, sin que la calidad final del pan se resienta.

2.4.2.2.2. Cualidades fermentativas

La producción gaseosa, que se realiza durante la fermentación panaria, está ligada a la cantidad azúcares preexistentes y la buena marcha de la amilosis. Pues ésta se encuentra ligada al contenido de la harina en amilasa y a las condiciones en las cuales se desarrolla. **[Rollin E., 1962]**

El estado de los granos de almidón presentes en la harina es también un factor muy importante en la formación de los azúcares fermentables a partir del almidón. Por tanto, si las condiciones de temperatura y acidez del medio son satisfactorias, las dos condiciones que permitan una amilosis normal serán una riqueza suficiente en amilasa y en granos de almidón.

Otro factor del valor panadero que depende de las cualidades físicas de la masa, es su grado de retención de gases, pues una buena retención gaseosa es, en efecto, inseparable de una fabricación de calidad y cuando al contrario es débil, los panes son bastante a menudo poco desarrollados y de textura apretada. **[Rollin E., 1962]**

2.4.2.2.3. Determinación de las Cualidades Reológicas de las Harinas

Las pruebas concluyentes sobre las cualidades de las harinas, según Rollin (1962), deberían fundamentarse en la determinación de los factores siguientes:

- Poder absorbente de la harina
- Elasticidad de la masa de la cual depende el volumen del pan
- Suficiente desarrollo de gases de fermentación
- Capacidad de la masa de retener gases

- Facultad de conservar en el tiempo de las cualidades físicas de la masa después de haber alcanzado la maduración fermentativa, llamada *tolerancia de fermentación*.

Este último elemento es de mayor importancia, cuando la masa ha alcanzado el exacto punto de maduración fermentativa, se puede verificar dos hechos: o la masa conserva sin variaciones y por un determinado tiempo las nuevas características, o la masa después de poco tiempo se afloja y excede su punto crítico de fermentación. **[Rollin, 1962]**

La calidad panadera de las harinas se cuantifica por una serie de características que son: el índice de maltosa, la capacidad de producción de gas, la humedad, la cantidad de gluten, las propiedades reológicas, las cenizas, etc. **[Richarson A., 1987]**

De todas ellas, las características reológicas son las más importantes, por ser específicas para las harinas y por la variedad de instrumentos que se han desarrollado para su medida. La reología es el estudio de las propiedades plásticas o mecánicas y que influyen de forma notable en el uso como producto final que se da a la harina. Estos parámetros reológicos, van estar directamente relacionados con la cantidad y la calidad de las proteínas, y por tanto con el gluten. Tanto la cantidad como la calidad de las proteínas son consideradas los factores primarios como medida potencial de la calidad de las harinas, en relación a su uso final. **[Castelli E., 2002]**

Para determinar las cualidades plásticas de las harinas existen diferentes aparatos de medición como son: farinógrafo Brabender, alveógrafo de Chopin, en la actualidad existe un aparato denominado Mixolab System diseñado por Chopin Technologies que reemplaza a una gama de aparatos como es el falling number, farinógrafo, y amilograma.

2.4.2.2.4. Farinógrafo Brabender

El farinógrafo brabender es un aparato para probar la plasticidad y movilidad de la masa; el farinógrafo indica básicamente tres propiedades físicas importantes de la masa:

1. La absorción o cantidad de agua requerida para que una masa tenga una consistencia definida.
2. El comportamiento de la masa durante el amasado.
3. La resistencia que presentara a su fermentación.

Está compuesto por una amasadora de dos brazos, que giran a 55 y 82 rpm., respectivamente. Está conectado a un dinamómetro compensado, cuyos movimientos se transmiten, por un sistema de palancas, con amortiguador de aceite, a un dispositivo tipo báscula, y este último conectado a un aparato registrador, donde se graba en un papel la resistencia que opone la masa al trabajo mecánico a que se le somete en la amasadora. **[Benion E., 1970]**

La amasadora está dotada con camisa de agua y control termostático para mantenerla a 30°C. Se ponen en la amasadora 50 g de harina, y con una bureta, se va añadiendo agua hasta conseguir la absorción correcta, lo cual ocurre cuando la curva alcanza la línea 500 U.B. Luego se toma una muestra nueva de harina y se comienza el amasado, al tiempo que se registra en el farinógrafo la evolución de la masa y la resistencia que opone al amasado. Esta operación se prolonga hasta que la curva muestra síntomas de debilitamiento.

La forma de la curva varía según el tipo de harina y la naturaleza de los aditivos. En general, se puede decir que cuanto más tiempo resiste una harina al proceso de amasado, más fuerte es. La influencia del aditivo se demuestra del mismo modo. **[Benion E., 1970]**

Benión (1970), mediante el farinograma, describe la siguiente información:

- a. *Consistencia de la masa.*- Esta característica y la capacidad de absorción de agua se deducen de la cantidad de agua necesaria para producir una masa de consistencia correcta que llegue a la línea 500 U.B. Esto, cuando se prueba una harina con buena capacidad de absorción, se tendrá que ajustar, pues el pico de la curva subirá bastante por encima de este nivel. El ajuste se ha de hacer con cada tipo de harina de probar, para mantener el pico de la curva en esta línea.
- b. *Evolución de la masa.*- Es de gran importancia para poder determinar el tiempo de amasado. Cada harina necesita su tiempo de amasado y el farinógrafo es sumamente útil para indicar este tiempo. La situación del punto más alto de la curva indica el tiempo que puede ser necesario para la confección de la masa en condiciones industriales. Hay muchas harinas comerciales de las que se obtiene pan de baja calidad a causa de que la masa ha sido poco trabajada. Igualmente se estropean harinas por exceso de trabajo.
- c. *Estabilidad de la masa.*- Indica el tiempo que transcurre hasta que se debilita la masa, y es una medida de la cantidad de fermentación que resistirá una harina y, en cierto modo, es un indicativo de la tolerancia de la misma al tiempo de fermentación. También es una medida del exceso de amasado que resiste una harina, antes de que esta empiece a debilitarse.
- d. *Elasticidad y extensibilidad.*- La anchura de la banda es una medida de la dureza de la harina y de su elasticidad. No obstante, el extensógrafo es el aparato más adecuado para hacer esta medida.
- e. *Debilitamiento de la masa.*- Queda representado por la caída de la curva por debajo de la línea de 500 U.B., durante un periodo determinado del

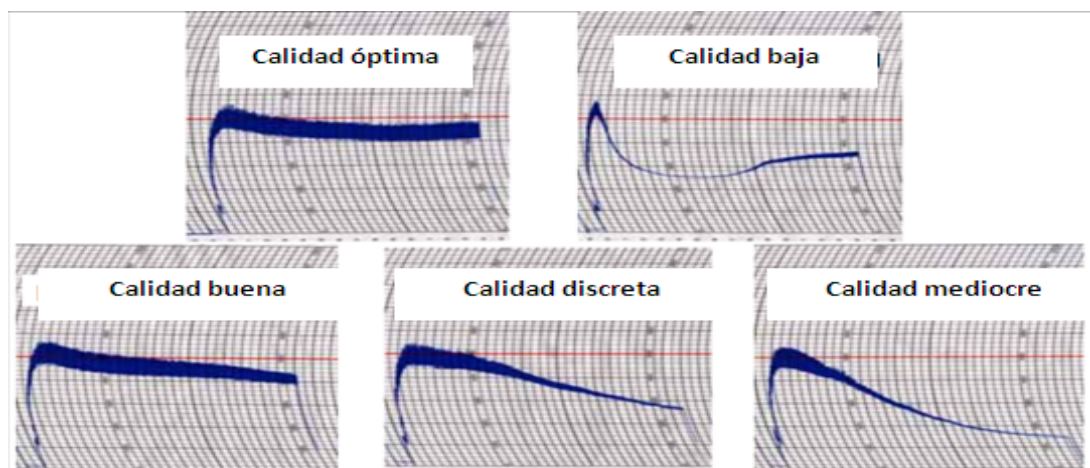
amasado. Las harinas fuertes darán números bajos, mientras que las débiles darán números altos.

Las harinas se clasifican en harinas fuertes y harinas débiles, que se diferencian por su estabilidad y grado de decaimiento [Calaveras J., 1996]. Por otra parte, Pantanelli (1996) menciona que la aptitud de una harina para panificación utilizando los análisis farinográficos se puede evaluar mediante la siguiente clasificación:

1. Calidad óptima: caída de la masa entre 0 y 30 unidades farinográficas, y una estabilidad superior a 10 minutos.
2. Calidad buena: caída de la masa entre 30 y 50 unidades y estabilidad no inferior a 7 minutos.
3. Calidad discreta: caída de la masa entre 50 y 70 unidades farinográficas y estabilidad no inferior a 5 minutos.
4. Calidad mediocre: caída de la masa entre 70 y 130 unidades farinográficas y estabilidad no inferior a 3 minutos.
5. Calidad baja: caída superior a 130 unidades farinográficas y estabilidad inferior a 2 minutos.

En la Figura 6, se distingue la clasificación de harinas interpretadas por el farinógrafo, antes mencionadas.

FIGURA 6. Farinogramas de harinas de trigo de diferente calidad



Fuente: Popper L, 2005.

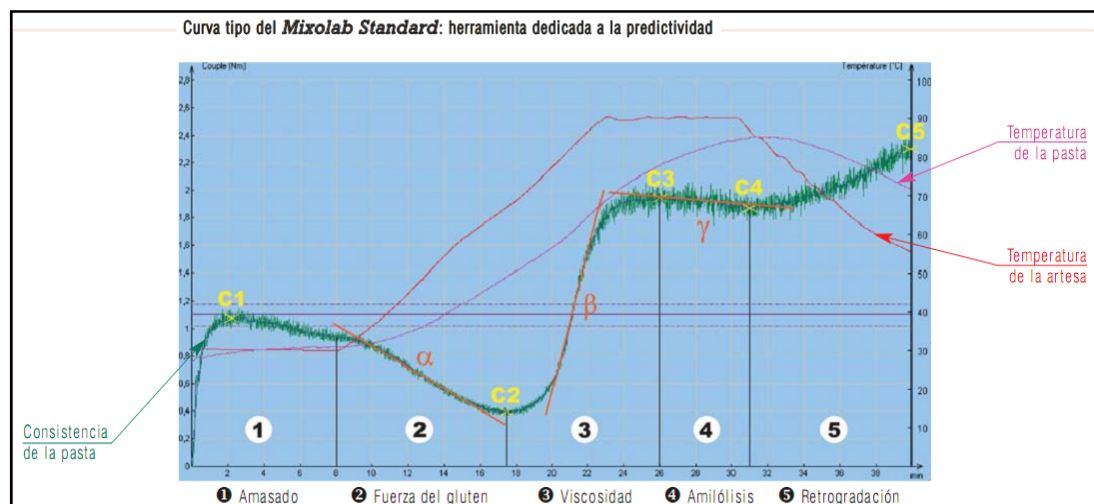
2.4.2.2.5. Mixolab System Chopin

El Mixolab System, es una herramienta que permite caracterizar las harinas en cuanto a proteína, almidón, enzimas, utilizando un método normalizado, a través de programas como el Mixolab Standard, Mixolab Simulator, Mixolab Profiler que dan diferente apreciación de las cualidades panarias de la harina. [Clair L., 2009]

La calidad de una harina no se mide únicamente por el porcentaje o la calidad de las proteínas. El almidón representa una parte importante de la harina, estará más o menos dañado y su composición química le confiere propiedades particulares. Sin olvidar los demás elementos, agua, enzimas, lípidos, fibras, etc. que desempeñan un papel en la calidad de la harina y, por consiguiente, en su adaptación al proceso de fabricación del producto acabado. [Chopin Technologies, 2006b]

A través del Mixolab standard se obtienen parámetros basados en la fuerza que ejerce las aspapas del mixolab durante el amasado como son el desarrollo de la masa, debilitamiento de la proteína, gelatinización del almidón, actividad amilásica y retrogradación del almidón, como se aprecian en la figura 7. [Clair L., 2009]

FIGURA 7. Curva Tipo del Mixolab Standard



Fuente:Chopin Technologies, 2006.

- 1) **Desarrollo de la masa (C1).**- A temperatura constante, el principio de la prueba permite determinar el poder de absorción de agua de las harinas y medir las características de las masas durante el amasado (estabilidad, elasticidad). El torque en esta etapa alcanza 1.1 Nm que es lo equivalente a 500 UB, el equipo da la absorción de agua, estabilidad y desarrollo de la masa; tal cual un farinógrafo. **[Panera., 2008]**

- 2) **Debilitamiento de las proteínas (C2).**- En cuanto la temperatura de la masa aumenta la consistencia disminuye la intensidad de este debilitamiento, depende de la calidad de las proteínas. **[Clair L., 2009]**

- 3) **Gelatinización del almidón (C3).**- A partir de cierta temperatura, los fenómenos vinculados a la gelatinización del almidón se vuelven preponderantes y se observa entonces un incremento de la consistencia. La intensidad de este incremento depende de la calidad del almidón y, eventualmente, de los aditivos añadidos. **[Clair L., 2009]**

- 4) **Actividad amilásica (C4).**- El valor de la consistencia al final de la curva depende mayoritariamente de la actividad amilásica endógena o añadida. Cuanto más grande sea la disminución de la consistencia, más importante será la actividad amilásica. **[Clair L., 2009]**

- 5) **Retrogradación del almidón (C5).**- Al enfriarse, se reduce el almidón y la consistencia del producto aumenta. Algunos productos químicos tienen una acción sobre este fenómeno y limitan la importancia de éste, permitiendo así retrasar la deshidratación y obtener una mayor conservación del producto elaborado. **[Clair L., 2009]**

2.4.2.2.6. Alveógrafo de Chopin

Es un aparato que cumple con las mismas funciones que el extensógrafo y permite obtener información relativa a la propiedad mecánica de la masa y al estado e oxidación. **[Pantaneli A., 1996]**

El principal objetivo de la evaluación alveográfica es medir las propiedades reológicas de la masa, es decir, su capacidad de tolerar el estiramiento durante el proceso de amasado. Durante dicho análisis, la pieza de masa es inflada con aire presurizado, simulando la deformación que esta sufre como consecuencia de los gases que se generan durante el proceso de fermentación. **[Consultores Cerealistas, 2007]**

Los índices que normalmente se determinan con este gráfico son:

Valor P: Expresa la tenacidad de la masa y mide la resistencia que opone la masa a ser estirada. Es la altura máxima de la curva, medida en mm.

Nos da la idea de la fuerza necesaria para hinchar la masa y está ligada a la absorción de agua de la harina. Un valor elevado de P equivale a una absorción alta. [Ferrerías R., 2009]

Valor L: Expresa la extensibilidad de la masa y mide la capacidad de ésta para ser estirada, indicando su elasticidad. Se representa por la longitud de la curva, medida en mm desde el comienzo de la curva hasta el punto en que la línea cae verticalmente. Está en relación con la capacidad de retención del gas producido durante la fermentación.

Valor W: Expresa la fuerza panadera. Se representa por la superficie de la curva del alveograma. Está ligado al conjunto de fenómenos que se producen en el curso del ensayo de extensión teniendo en cuenta a la vez la tenacidad y la extensibilidad de la masa y es la expresión más completa de la fuerza panadera de una harina.

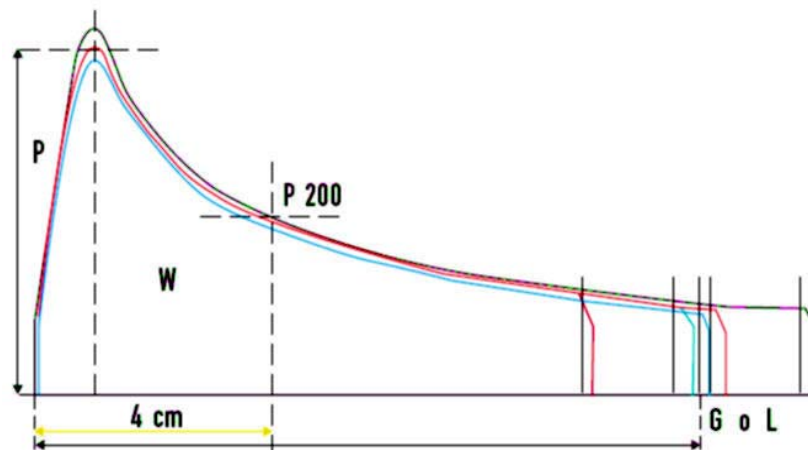
Valor P/L: Indica el equilibrio y es la relación entre la tenacidad y la extensibilidad

Valor G: Llamado índice de hinchamiento (volumen de masa) e indica la aptitud de la harina para dar un pan bien desarrollado. El G es igual a la raíz

cuadrada del volumen de aire insuflado para formar el alvéolo expresado en cm^3 . Indica la elasticidad de la masa, que está relacionada con la aptitud de la harina para producir un tipo de pan bien desarrollado. Cuanto mayor sea este valor más se asegurará que la harina al panificar tendrá suficiente elasticidad para permitir que el CO_2 producido en la fermentación se difunda ampliamente en la masa. **[Panificados y Productos de Confeitería, 2002]**

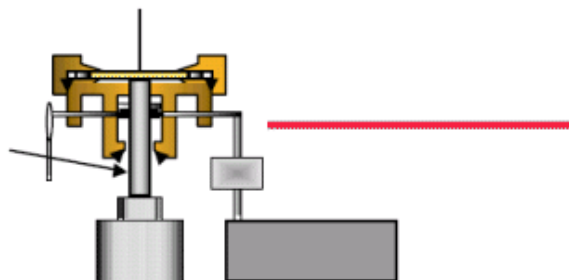
En la figura 8, se aprecia los parámetros que establece el alveograma, que permiten determinar la calidad de la harina.

FIGURA 8. Representación de alveograma

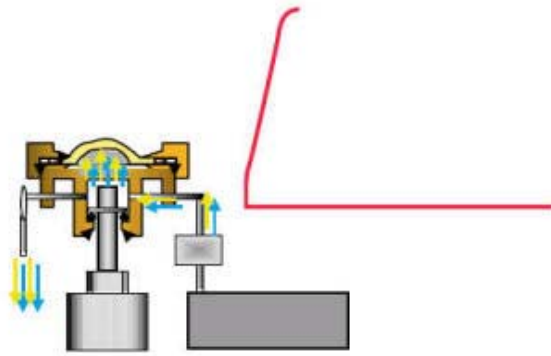


Fuente: Ferreras R, 2009

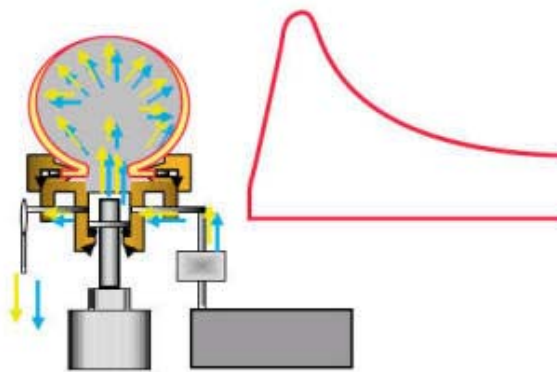
El principio del alveógrafo está basado en el hinchado de una porción de masa por una presión de aire para simular la deformación de la masa por el gas producido durante la fermentación **[Ferreras R., 2009]**, así:



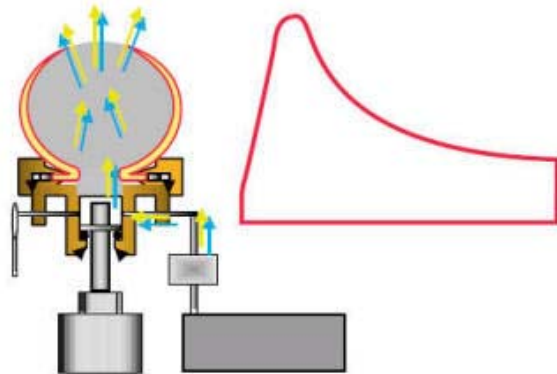
1. Posición de partida



2. La masa ofrece resistencia a la presión de aire (tenacidad)



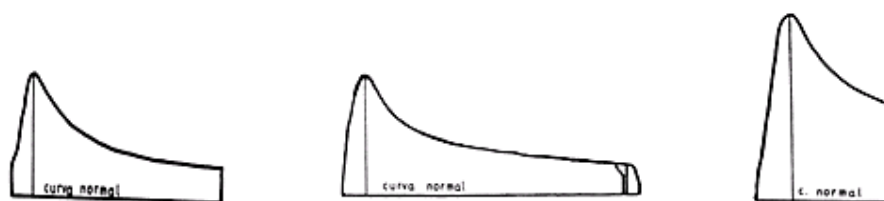
3. La masa se deforma en una burbuja (extensibilidad).



4. Ruptura de la burbuja. El ensayo ha terminado.

Calaveras (1996), califica las harinas de acuerdo a su fuerza, como se representa en el Figura 9.

FIGURA 9. Clasificación de las harinas de acuerdo a su fuerza



HARINAS FLOJAS

Mínimo en proteínas del 8%.
Extracción del tipo T-75.
Fuerza W mínima de 90.

Tenacidad (P)	39,6 mm
Extensibilidad (L)	98,0 mm
Equilibrio (P/L)	0,40
Hinchamiento (G)	22,1
Fuerza (W)	100,7
Degradación (W)	0%
Degradación (G)	0%

HARINAS MEDIA FUERZA

Mínimo en proteínas del 9%.
Extracción del tipo T-70.
Fuerza W mínima de 140.

Tenacidad (P)	52,8 mm
Extensibilidad (L)	111,0 mm
Equilibrio (P/L)	0,47
Hinchamiento (G)	23,4
Fuerza (W)	175,0
Degradación (W)	0%
Degradación (G)	0%

HARINAS DE GRAN FUERZA

Mínimo en proteínas del 11% .
Extracción del tipo T-45/T-55.
Fuerza W mínima de 200.

Tenacidad (P)	124,3 mm
Extensibilidad (L)	78,0 mm
Equilibrio (P/L)	1,59
Hinchamiento (G)	19,6
Fuerza (W)	434,1
Degradación (W)	0%
Degradación (G)	0%

Fuente: Calaveras J., 1996.

Pantanelli (1996), da una clasificación de la aptitud de una harina para panificación, utilizando los análisis alveográficos así:

- *W mayor de 250 y P/L mayor de 0,7:* granos de mucha fuerza que deben ser utilizados solo para mezcla.
- *W entre 170 y 250, P/L mayor a 0,7:* granos desequilibrados por exceso de tenacidad, pueden ser utilizados en proporciones adecuadas a mezclas donde se necesite corregir la excesiva extensibilidad.
- *W entre 170 y P/L inferior a 0,3:* granos desequilibrados por exceso de extensibilidad, pueden ser utilizados para corregir alta tenacidad.
- *W mayor a 170 y P/L entre 0,3 y 0,7:* granos equilibrados con buenas aptitudes para panificación, mejoradores en función de los valores W P/L.
- *W entre 130 - 170 y P/L entre 0,3 y 0,7:* granos equilibrados con suficientes aptitudes para la panificación.
- *W entre 110 y 130 y P/L entre 0,3 y 0,7:* granos con mediocre aptitud para la panificación.

- *W inferior a 110 y otros granos*: deben destinarse a uso diverso en la panificación, como bizcochos secos, barquillos, etc.

Una harina es considerada buena para panificación si tiene una W entre 140 y 160, y una relación P/L entre 0,5 y 0,6. Para productos de horno fermentados se debe utilizar harinas fuertes con una W entre 180 y 200. **[Pantanelli A., 1996]**

2.4.2.3. Características organolépticas del pan

Las características del pan y otros productos fermentados dependen poderosamente, pues, de la formación de la red de gluten en la masa, no sólo para atrapar el gas procedente de la fermentación sino también porque contribuye directamente a la formación de una estructura alveolar en la miga que, tras el horneado confiere una textura y palatabilidad diferentes a la de otros productos horneados y, por lo tanto, su sabor y aroma. **[Cauvain S. y Young L., 1998]**

La evaluación del sabor y aroma en los productos de panadería se basan en estimaciones subjetivas de catadores, el sabor y aroma de la corteza y la miga puede hacerse separadamente.

Sabor: la contribución más importante al sabor del pan procede de la operación del horneado. A causa de este fenómeno se obtiene una corteza oscura debido al pardeamiento de "Maillard", el 80 % del sabor se deriva de la corteza.

La percepción del sabor en el pan no es simple apreciación, se ve afectado por la relación entre corteza y miga, que contiene un número elevado de sustancias que contribuyen al sabor y aroma del producto. Además el sabor depende de muchos factores como es tiempo de fermentación el tipo y cantidad de ingredientes utilizados para elaborar pan. **[Cauvain S. y Young L., 1998]**

El Codex Alimentarius (1995), describe una breve apreciación del pan tanto de características externas como internas que se hace mediante análisis sensorial:

- **Aspecto externo:** Las piezas de pan tendrán su forma característica que puede ser bollos, bollitos, barras, roscas y otras.
- **Color externo:** La superficie exterior y la corteza deben presentar un color ligeramente dorado a café, sin estar quemado, el cual deberá ser lo más uniforme y típico para el tipo de pan.
- **Color interno:** La miga debe tener una matriz uniforme, sin manchas ni coloraciones y típico para el tipo de pan.
- **Olor:** deberá ser característico, agradable y típico para el tipo de pan.
- **Sabor:** Característico, agradable y típico para el tipo de pan.
- **Textura exterior:** La corteza debe ser una costra regularmente gruesa y de textura firme y típica para el tipo de pan.
- **Textura interior:** La miga deberá ser característica del tipo de pan.

2.4.2.4. Apariencia del pan.

Las características del pan incluirán siempre una descripción de la apariencia física, habitualmente comenzando con la forma externa. Las marcas superficiales pueden requerir alguna definición para distinguir la forma y el número de los cortes practicados en la superficie de la masa que puede llegar a ser una nota integral que caracteriza al producto tradicional. Le sigue una descripción de la apariencia interna haciendo referencias al tamaño, número y distribución de las oquedades en la miga y también al color.

Es importante analizar la dureza de la corteza y con la palatabilidad de la miga, lo que probablemente irá ligado a alguna reseña respecto a los sabores presentes. Existen dos partes bien diferenciadas en el pan: la corteza y la miga. La forma física de ambas y la relación entre ellas determinan, la distinción entre un tipo de pan y otro.

La técnica de cortes utilizada en las superficies de las masas, influye en la apariencia del pan, que tras el horneado, se manifiestan como marcas, las cuales se encuadran dentro de las características tradicionales de muchos panes, como el baguette. Además de proporcionar una apariencia distintiva, desempeñan una importante función al participar en muchos aspectos de las propiedades del producto. En algunos, los cortes de la superficie hacen que el área superficial expuesta al calor de la cámara de fermentación y del horno sea mayor, lo que facilita la expansión de la masa en ambas etapas.

Dado que la apariencia tiene mucho que ver con la textura, se ha desarrollado métodos para evaluarla mediante pruebas subjetivas de la resistencia del producto a la deformación, existen numerosos métodos objetivos para la estimación de la textura del pan, basados en pruebas de compresión y cubren principalmente la determinación de la blandura o firmeza (AACC, 1995 a,b) y la capacidad de recuperación. **[Cauvain S. y Young L., 1998]**

Textura de la miga: está relacionado con las propiedades mecánicas de la misma, como firmeza y elasticidad. La blandura o firmeza de la miga es el atributo de la textura que ha atraído más atención e la estimación de la calidad de la misma, debido a la estrecha asociación que tiene con la percepción sensorial de la frescura.

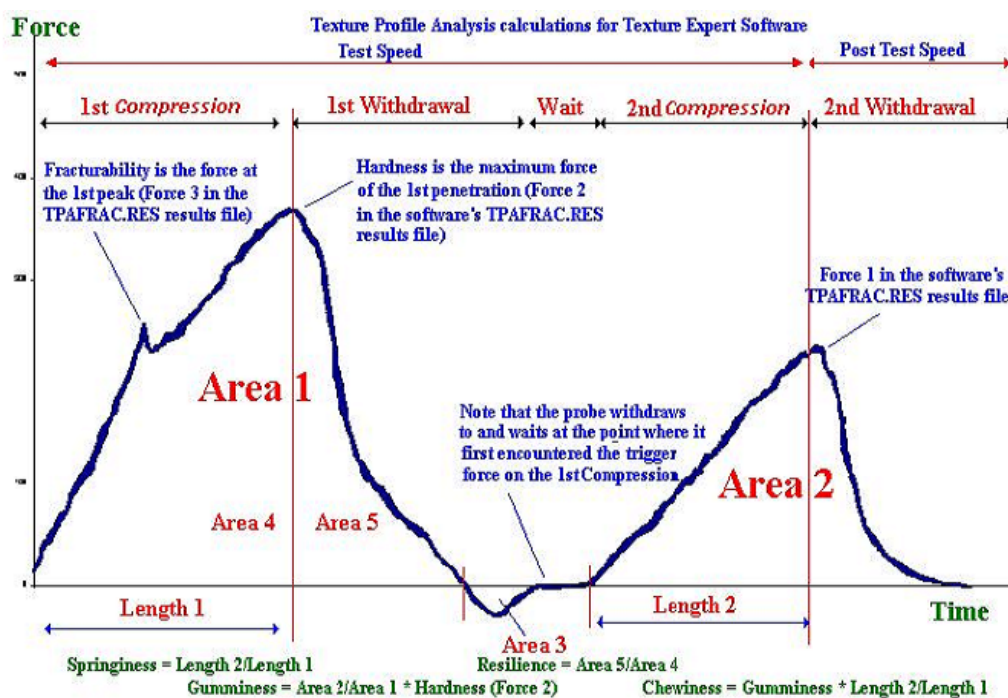
2.4.2.4.1. Analizador de textura Pro CT3 Brookfield

Una prueba de doble compresión muy utilizada aún en la actualidad, en el análisis de la textura de los alimentos, es el llamado Análisis del Perfil de Textura (TPA), desarrollado por un grupo de investigadores de la General Foods Corporation en los años 60, mediante el uso de un texturómetro de la misma firma para obtener varios parámetros de textura, se ha demostrado la elevada correlación que existe entre las mediciones por esta técnica y la evaluación sensorial. **[Friedman y col., Szczesniak., 1963]** Una curva

generalizada se muestra en la Figura 10, donde se aprecian algunos de los principales parámetros que se evalúan. [Castro E, 2007]

El método original de compresibilidad específica de la AACC, para pan se basa en un aparato conocido como el Compressimeter Baker, que cuantifica la compresibilidad de una muestra de pan. La prueba se basa en la teoría de los aumentos de carga máxima y disminuye la compresibilidad de acuerdo al envejecimiento del pan. Este método adaptado de la compresión de pan no sólo proporciona información valiosa sobre envejecimiento del producto, sino que también puede proporcionar una indicación valiosa de las diferencias de textura derivadas de los ingredientes y la formulación de la manipulación. [Castro E., 2007]

FIGURA 10. Curva generalizada del Análisis del Perfil de Textura



Fuente: Castro E, 2007.

Los parámetros del Análisis del Perfil de Textura que pueden obtenerse son: dureza, fracturabilidad, elasticidad, cohesividad, adhesividad, gomosidad y masticabilidad. [Castro E., 2007]

2.5. HIPÓTESIS

Hipótesis nula:

La aplicación de diferentes concentraciones (ppm) de glucoxidasas y alfa-amilasas produce efectos iguales en la calidad del pan de papa.

$$H_0: T_1 = T_2 = \dots T_n$$

Hipótesis alternativa:

La aplicación de diferentes concentraciones (ppm) de glucoxidasas y alfa-amilasas produce efectos diferentes en la calidad del pan de papa.

$$H_1: T_1 \neq T_2 \neq \dots T_n$$

2.6. SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS

Variable independiente: Concentración en ppm de las glucoxidasas y alfa-amilasas.

Variable dependiente: Calidad del pan de papa.

Unidad de Observación: Harinas (farinograma, alveograma, mixolab standard)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN

La modalidad de la investigación utilizada es bibliográfica documental y experimental.

Modalidad bibliográfica o documental; se revisó tesis de grado, trabajos de investigación, revistas científicas, folletos, boletines de prensa, sitios de internet, con el fin de ampliar, conocer, comparar, profundizar y deducir diferentes enfoques teóricos, conceptualizaciones y criterios de diversos autores, que respaldan a los datos bibliográficos y sostendrá al tema de estudio.

Modalidad experimental; se aplicó al desarrollar un diseño experimental para la concentración de enzimas, en condiciones rigurosamente controladas con el fin de registrar los cambios en la calidad del pan, obteniendo información que permita predecir el comportamiento de las enzimas en la mezcla de harinas para panificación, por ende esta investigación se realiza en un laboratorio con condiciones adecuados para analizar las causas y efectos de las variables de estudio.

3.2. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

En este estudio se utiliza el tipo de investigación basado en una *asociación de variables* que permite hacer un análisis de correlación entre las variables, es decir se evalúa el comportamiento de una de las variables en función de otra y medir el grado de relación entre las mismas ya que permite:

- Predicciones estructuradas
- Análisis de correlación de variables
- Medición cuantitativa de resultados.

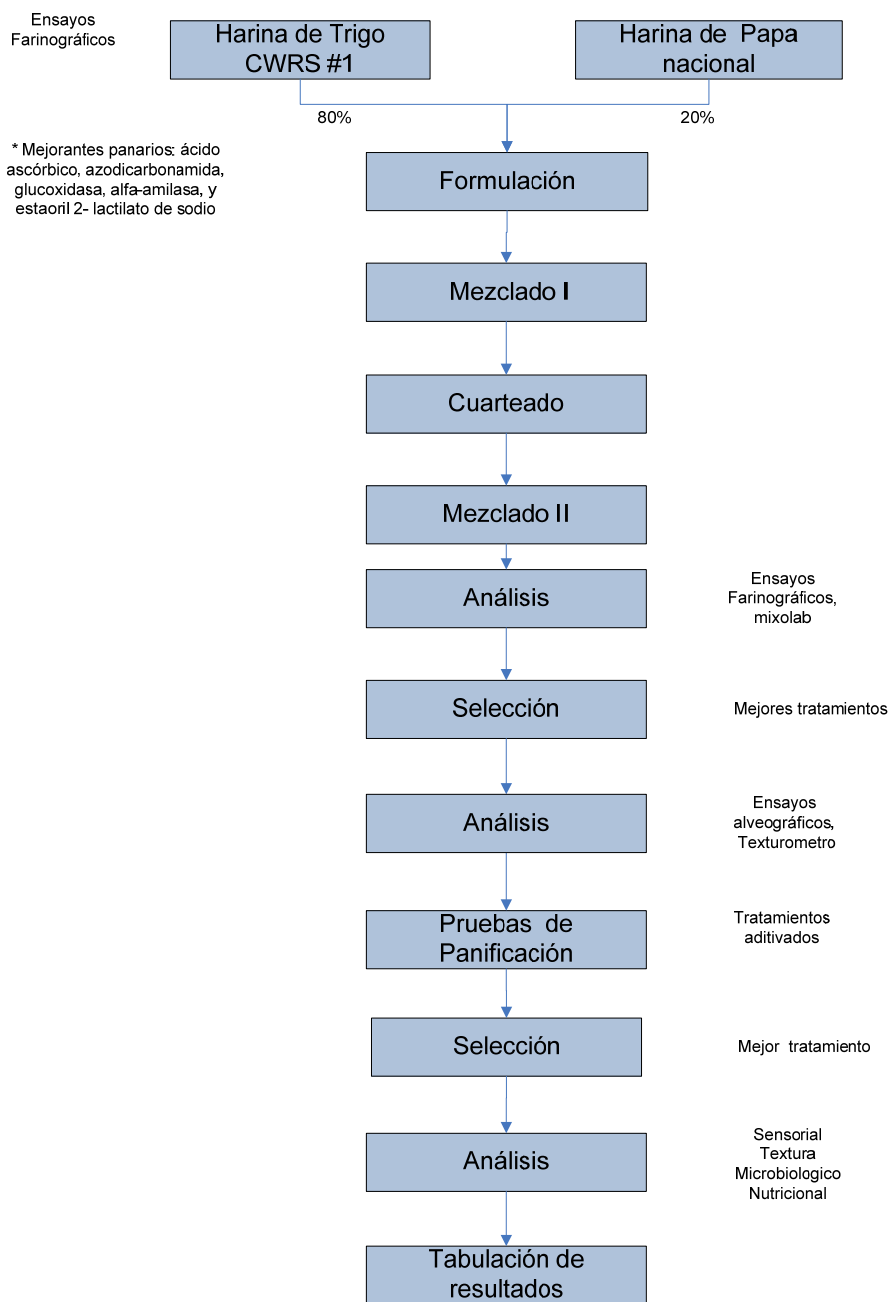
Por lo tanto, mientras mayor predicción se obtenga de las variables tanto de los principios como de la correlación mayor probabilidad se tendrá de su comportamiento, es así que en el presente proyecto se desea medir el grado en que los mejorantes panarios afecta en la calidad del pan elaborado con sustituto parcial de harina de papa. Entonces, el presente estudio fue de tipo correlacional.

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.3.1. Método para la adición de aditivos a mezclas de harinas y análisis.

En el gráfico 5 se presenta el proceso que se llevó a cabo para la obtención de mezclas de harina de papa con harina de trigo importado y sus respectivos análisis, así:

GRÁFICO 5. Flujograma para la obtención de mezclas y sus análisis



Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

En estudios anteriores se demostraron que el porcentaje a sustituirse de harina de papa por harina de trigo importado es el 20% [Proyecto PHPPF., 2009]. Consecutivamente, se evaluaron los análisis farinográficos y análisis de mixolab de los tratamientos de mezclas de harinas con mejorantes, para seleccionar los mejores tratamientos tomando como criterio los tratamientos

semejantes a la harina de trigo importado. A los mejores tratamientos se evaluaron los análisis alveográficos y análisis de textura.

Mediante una prueba sensorial discriminativa se evaluó la aceptación del consumidor para el pan con mejorantes y pan con harina de trigo importado, con la finalidad de encontrar las diferencias entre las muestras, evaluando características sensoriales del pan como: apariencia, color, sabor, textura y aceptabilidad, mediante la hoja de catación la misma que utiliza una escala hedónica estructurada descrito por Anzaldúa-Morales (1998).

3.4. POBLACIÓN O MUESTRA

3.4.1. Población

Para el proyecto investigativo se tiene como población a los cereales como el trigo importado, tubérculo como la papa y mejoradores panarios.

3.4.2. Muestra

De la población de cereales, tubérculos nacionales y mejorantes panarios, se ha seleccionado:

Harina de Cereales:

- Trigo importado variedad Canadá Western Red Spring #1 (CWRS).

Harina de Tubérculo nacional:

- Papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Gabriela.

Mejorantes Panarios:

- Oxidantes: ácido L-ascórbico, azodicarbonamida.
- Coadyuvantes tecnológicos: glucoxidasa, α -amilasa.
- Emulgentes: estearoil 2-lactilato de sodio.

3.4.3. Diseño experimental

De acuerdo al problema de investigación, se establece un diseño factorial A*B que se aplica para evaluar el efecto combinado o interactuante de dos variables o factores sobre una variable respuesta, como es la situación de elaboración de pan con sustituto parcial de harina de papa, en la cual cada combinación de coadyuvantes tecnológicos es un tratamiento, se deben utilizar diseños factoriales tales que cada factor actúe con un cierto número de niveles. Entonces, si **a** es el número de niveles del factor **A**, y **b** el número de niveles del factor **B**, en el experimento se requerirán **a*b** tratamientos por replicación. [Saltos H., 1993]

El modelo matemático adaptable al presente estudio es:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + R_k + E_{ijk}$$

Donde:

μ = efecto global

A_i = efecto i-ésimo nivel del factor A; $i=1, \dots, a$

B_j = efecto j-ésimo nivel del factor B; $j=1, \dots, b$

$(AB)_{ij}$ = efecto de la interacción entre los factores A y B

R_k = efecto de las replicaciones, $K=1, \dots,$

E_{ijk} = residuo o error experimental

Los factores de estudio A y B con sus respectivos niveles a, b son:

Variables:

Factor A: Alfa – amilasa

Niveles:

a_0 : 50 ppm

a_1 : 75 ppm

a_2 : 100 ppm

Factor B: Glucosidasas

b_0 : 100 ppm

b_1 : 150 ppm

b_2 : 200ppm

En la Tabla 5, se detalla, los tratamientos que se aplicaron en el ensayo de acuerdo al diseño experimental, así:

Tabla 5. Tratamientos Obtenidos Aplicando el Diseño Factorial A*B

FACTORES		TRATAMIENTOS
A (alfa-amilasas)	B (glucoxidasas)	
50 ppm	100 ppm	a0b0
50 ppm	150 ppm	a0b1
50 ppm	200 ppm	a0b2
75 ppm	100 ppm	a1b0
75 ppm	150 ppm	a1b1
75 ppm	200 ppm	a1b2
100 ppm	100 ppm	a2b0
100 ppm	150 ppm	a2b1
100 ppm	200 ppm	a2b2

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

Adicionalmente se añadieron otros mejoradores en dosificaciones exactas en todos los 9 tratamientos de acuerdo a los requerimientos establecidos por la Norma INEN 616:2006. *Requisitos de la Harina de Trigo* (Anexo G)

Ácido ascórbico: 100 ppm

Azodicarbonamida: 30 ppm

Estearoil 2-lactilato de sodio: 250 ppm

Del diseño A*B se obtuvo 9 tratamientos en los que se llevó a cabo mediciones con 1 réplica para cada nivel, dando como total 18 determinaciones.

3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.5.1. Variable Independiente: Concentración en (ppm) de glucoxidasas y alfa-amilasas.

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍAS	INDICADORES	ÍTEMS BÁSICOS	TÉCNICAS O INSTRUMENTOS
Cantidades conocidas de aditivos y coadyuvantes que al ser añadidos en la harina mejoran las cualidades panarias.	Cantidad de enzimas	Alfa-amilasas a0: 50 ppm a1: 75 ppm a2: 100 ppm Glucoxidasas b0: 100 ppm b1: 150 ppm b2: 200 ppm	¿Cuál sería la mejor concentración de glucoxidasas y alfa-amilasas de acuerdo a las características reológicas para elaborar pan?	NTE: INEN 616. 2006 Requisitos de la Harina de trigo. Diseño factorial A*B
	Análisis farinográficos	Absorción de agua, tiempo de desarrollo, estabilidad, índice de tolerancia	¿Se podrá evaluar la aptitud de una harina de panificación?	Farinógrafo Brabender
	Análisis alveográficos	Elasticidad Extensibilidad	¿Las mezclas mejoradas presentarán características de elasticidad, extensibilidad?	Alveógrafo Chopin
	Análisis del comportamiento reológico	Desarrollo de la masa. Debilitamiento de proteína. Gelatinización del almidón Actividad amilásica. Retrogradación	¿El comportamiento reológico de una masa será adecuado para su posterior aplicación?	Mixolab Standard

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

3.5.2. Variable Dependiente: Calidad del pan de papa.

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍAS	INDICADORES	ÍTEMS BÁSICOS	TÉCNICAS O INSTRUMENTOS
Conjunto de aspectos sensoriales y físicos que califican al producto final.	Aspectos sensoriales	Apariencia Sabor Color Textura Aceptabilidad	¿Permite evaluar la calidad del pan estos aspectos sensoriales?	Pruebas de panificación Método tradicional Pruebas Sensoriales Analizador de textura Pro CT3

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

3.6. PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Los datos se recolectaron de manera individual para cada uno de los análisis donde se prueba las hipótesis planteadas, los primeros análisis de farinografía y de parámetros reológicos en el Mixolab System se realizaron en los Laboratorios de la Unidad Operativa de Investigación y Tecnología de Alimentos (UOITA) de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos- Universidad Técnica de Ambato, excepto el análisis de alveografía que se realizó en los laboratorios de la empresa GRANOTEC S. A en la ciudad de Guayaquil.

Los resultados de la fase experimental se obtuvieron por la aplicación de un diseño A*B de mejorantes panarios obteniendo 9 tratamientos mediante el seguimiento de los métodos de trabajo señalados por la casa fabricante de los equipos: Farinógrafo Brabender, Mixolab Chopin, Alveógrafo Chopin, Texturómetro Brookfield.

Se elaboró pan redondo utilizando el método tradicional con una formulación básica, evaluando las características físicas como volumen, diámetro y altura propuesto por Cauvain (1998), comprobando si la elección del mejor tratamiento mediante parámetros farinográficos guarda relación con las características físicas.

A partir del mejor tratamiento y la muestra control se evaluó la parte sensorial con un panel de 50 catadores no entrenados (consumidores frecuentes), los cuales evaluaron al producto registrando su apreciación en cuanto la apariencia, color, sabor, textura y aceptabilidad en la hoja de catación. Se apreció la calidad microbiológica en lo referente a microorganismos aerobios mesófilos, mohos y levaduras, y coliformes totales mediante recuento en placa, y se apreció la parte nutritiva del pan mediante los siguientes análisis: proximal, minerales, y aminoácidos proporcionados por el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

3.7. PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

La información recolectada se tabuló mediante el paquete informático Microsoft Office: Word, Excel, Visio. Para los análisis estadísticos para verificar la hipótesis se utilizó el programa estadístico STATGRAPHICS CENTURION XV.

Para los resultados obtenidos se empleó el diseño A*B con una réplica mediante Análisis de Varianza (ANOVA) a un nivel de significancia del 5 %. Se determinó el mejor tratamiento aplicando la prueba de Comparación Múltiple de Tukey para los diferentes factores y la interacción. Para realizar el análisis estadístico de la evaluación sensorial se empleó un diseño experimental de bloques completos tomando la respuesta de los catadores, determinando si existe diferencia significativa entre los tratamientos de mezclas con mejorantes a un nivel de confianza del 95%.

Para evaluar la calidad microbiológica del pan se comparó con los requisitos microbiológicos para pan establecidos por normas, en cuanto a la parte nutritiva se realizó comparaciones entre el pan control (harina de trigo importado CWRS #1) y pan con mejorantes (mejor tratamiento).

Mediante el procesamiento de la información mencionado anteriormente se obtuvieron resultados interpretables como verificar la hipótesis planteada y para establecer conclusiones y recomendaciones de la investigación efectuada.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados obtenidos de los siguientes análisis: farinográficos, en el mixolab, alveográfico, físico del pan, sensorial del pan, de textura del pan se encuentran en el Anexo A, con sus respectivos análisis estadístico que se encuentra en el Anexo C, y los análisis para determinar la calidad microbiológica y nutritiva (proximal, minerales y aminoácidos) del pan se halla en el Anexo D. Además se presenta el análisis económico de la tecnología adecuada para la industrialización de harina de papa precocida destinada a la elaboración de pan.

En la Tabla 5. (Anexo A) se describe el detalle del diseño experimental y simbología utilizada en este capítulo para describir a los tratamientos de mezclas de harinas con mejorantes.

4.1.1. Análisis Farinográficos

Los farinogramas obtenidos se muestran en el Anexo E-1 (Figura E-1.1. a E-1.20.), los resultados del análisis correspondiente a absorción de agua, tiempo de desarrollo, estabilidad e índice de tolerancia de cada

tratamiento y su réplica se encuentran en el Anexo A-1 (Tabla A-1.1. a A-1.3.)

En la Tabla A-1.1, se describe a detalle los parámetros de absorción de agua, tiempo de desarrollo, estabilidad e índice de tolerancia para las muestras puras, harina de trigo importado, mezcla (80% harina de trigo; 20% harina de papa) y tratamientos con mejorantes y sus respectivas replicas.

La Tabla A-1.2, muestra los resultados obtenidos del análisis realizado en el Farinógrafo Brabender para tratamientos con mejorantes de acuerdo al diseño experimental A*B, con sus respectivas diferencias estadísticas de medias obtenidas mediante la aplicación de la prueba de Tukey.

En la Tabla A-1.3, se observa que la harina de trigo importado posee buenas características viscoelásticas debido a que presenta un tiempo de desarrollo de 4,6 minutos; estabilidad de 7,5 minutos e índice de tolerancia igual 70,50 U.B., determinándose como una harina apta para fines panarios. Según Calaveras, (1996) las harinas aptas para pan deben tener un tiempo de desarrollo >4 minutos, estabilidad >7 minutos e índice de tolerancia igual a 125 U.B. La mezcla pura (harina de trigo importado 80% y harina de papa 20%) es de menor calidad pues presenta menor estabilidad 1,75 minutos, menor tiempo de desarrollo (2,60 minutos) y mayor índice de tolerancia (104,50 U.B); en cuanto a los tratamientos que contiene el kit de mejorantes se observa que se ha logrado mejorar sus características reológicas de la harina con referencia a la mezcla pura sin mejorantes.

A continuación se describe cada uno de los parámetros farinográficos para los tratamientos con mejorantes con el fin de observar diferencias entre ellos.

4.1.1.1. Absorción de Agua

La absorción del agua representa la cantidad de agua necesaria para alcanzar una consistencia de 500 Unidades Brabender (U.B.) en el amasado [Pantaneli A., 1996]. Por otra parte, Calaveras (1996) menciona que la absorción de agua es un indicador de la habilidad de la harina para retener agua mientras mantiene su consistencia.

En el Gráfico B-1.1, se observa que los valores de absorción de agua de los tratamientos oscilan entre 69% -70,3 %. Según Lallemand (2009), los niveles típicos de absorción para harinas panaderas van de 58 a 66 %, por lo que estos tratamientos poseen un alto poder de hidratación debido a la precocción de la harina de papa, siendo este el mayor efecto que produce la absorción de agua. [Proyecto PHPPF., 2009].

Las variaciones de absorción de agua podría atribuirse al efecto de la alfa -amilasa en la mezcla puesto que rompe enlaces del almidón para obtener una masa viscosa dando paso al almidón dañado y producción de dextrinas que influye en la capacidad de retención de agua y en la consistencia de la masa. Asimismo, la glucosa oxidasa refuerza el gluten; el ácido ascórbico refuerza la elasticidad del gluten aumentando la absorción de agua. [Tejero F., 2005a]

Las masas realizadas con harinas tratadas con azodicarbonamida poseen una estructura más cohesiva, toleran mayor absorción de agua [Ran industrias Químicas, 2008]. Y los emulsificantes por su propiedad hidrófila son capaces de ligarse entre las moléculas de grasa-agua, promoviendo mayor absorción de agua. [Bernabé C., 2009]

Es relevante mencionar que el porcentaje de absorción de agua determina por el farinógrafo, es ligeramente superior al añadido al momento de elaborar pan (real) debido a que los otros ingredientes (grasa, sal, azúcar, levadura) influyen en la absorción final de la harina. [Lugo B., 2010]

4.1.1.2. Tiempo de desarrollo

El tiempo de llegada o tiempo de desarrollo de la masa, es la velocidad con que la harina absorbe el agua y forma el gluten al llegar a las 500 U.B. después de 30 segundos de haber sido adicionada el agua. **[De La Llave A., 2004]**

En el Gráfico B-1.2, se observa mínimas variaciones de tiempo de desarrollo de los tratamientos con valores entre 1,55 a 2,08 minutos, por lo que no presentan diferencia significativa a un nivel de confianza del 95%; permitiendo calificarles como harinas flojas con valores inferiores a 4 minutos. **[Calaveras J., 1996]**

Sin embargo, estos valores indican que a pesar de tratarse de mezclas de harinas con disminución de proteínas formadoras de gluten, la adición de mejorantes como: enzimas (glucoxidasa, alfa-amilasa), oxidantes (ácido ascórbico y azodicarbonamida) y emulsificantes (esteoril 2-lactilato de sodio), en dosis adecuadas permiten mejorar el desarrollo de la masa y otras características en el producto final, siempre y cuando se aplique un adecuado tiempo de amasado y este sea corto y controlado. **[Osorio H., 2004]**

En la Tabla C-1.1, se muestra el análisis de varianza para el tiempo de desarrollo, donde el factor A: concentración de alfa-amilasas, factor B: concentración de glucoxidasa e interacción AB no tienen un efecto estadísticamente significativo con un 95,0% de nivel de confianza, indicando que cualquiera de las concentraciones de alfa-amilasa (50 ppm, 75 ppm y 100 ppm) o concentraciones de glucoxidasa (100 ppm, 150 ppm y 200 ppm) no influirá en este parámetro.

4.1.1.3. Estabilidad

La estabilidad es el tiempo (minutos) que resiste la masa sobre la línea de los 500 U.B. **[De La Llave A., 2004]**

En el Gráfico B-1.3, se puede apreciar que el tiempo de estabilidad para los tratamientos presentan valores que oscilan 3,4 - 4,43 minutos lo que indica que son harinas débiles, por tanto mientras menos estables menos fuertes son las harinas y soportan una fermentación corta.**[Calaveras J., 1996]**

La disminución de proteínas del trigo que son las responsables de proporcionar características viscoelásticas a las masas se evidencia en los tratamientos puesto que presentan una estabilidad baja, por ende una corta fermentación en especial los tratamientos con mayor concentración de α -amilasas (a2b0, a2b1, a2b2), ya que la adición de α -amilasas sobre la masa produce el aumento de la velocidad de fermentación, facilitada por la mayor producción de gas y por el ligero reblandecimiento de la masa producido por la liberación del agua absorbida por los gránulos de almidón atacados.**[Tejero F., 2008b]**

Sin embargo, las mezclas de los tratamientos al ser tratadas con ácido ascórbico y azodicarbonamida, permite la regulación de la velocidad de la fermentación que producen las α -amilasas aumentando la tolerancia a la misma **[Caluña J., 2008]**. Por otro lado, la glucosa oxidasa al reforzar el gluten incrementa la estabilidad de las masas **[Grupo LASEM., 2005]**, esto se evidencia claramente con los tratamientos que posee mayor concentración de esta enzima (a0b2, a1b2, a2b2) presentan una estabilidad de 4,20 minutos, 4,43 minutos y 4,08 minutos, respectivamente. Además, los emulsionantes dan mayor estabilidad a la masa, mediante la unión de enlaces entre las proteínas y el almidón. **[Grupo Molinero., 2005]**

Como consecuencia, una concentración intermedia de α -amilasas y la adición de glucosa oxidasa en cualquier concentración, azodicarbonamida, ácido ascórbico y esteaoril 2-lactilato de sodio en concentraciones indicadas, califican como mejor tratamiento a la muestra a1b2 (100 ppm ácido ascórbico + 250 ppm esteaoril 2-lactilato de sodio + 30 ppm Azodicarbonamida + 75 ppm alfa-amilasa + 200 ppm glucosa oxidasa) con una estabilidad de 4,43 minutos, según el análisis estadístico.

En la Tabla C-1.2, se muestra el análisis de varianza para el tiempo de estabilidad, obtenida de los diferentes tratamientos. Se determinó que el factor B: concentración de glucoxidasas, tiene un efecto estadísticamente significativo sobre la estabilidad de la masa con un 95,0% de nivel de confianza, y no existe diferencia en el factor A: concentración de alfa-amilasas e interacción AB. Por lo que se realizó una prueba de comparación múltiple como Tukey para establecer el mejor tratamiento.

Al no existir diferencia significativa en el factor A: concentración de alfa-amilasas, se entiende que para obtener el mismo tiempo de estabilidad podría trabajarse con diferente concentración (50 ppm, 75 ppm y 100 ppm) ya que no incide en los resultados del tiempo de estabilidad, aunque se sugiere utilizar una concentración de 75 ppm ya que la producción de dextrinas aumenta a medida que aumenta la concentración de alfa-amilasa. **[Lallemand, 2001]**

La prueba de comparación múltiple de Tukey para el efecto principal, factor B: concentraciones de glucoxidasas, mostraron diferencia significativa ($\alpha < 0,05$) se presentan en la Tabla C-1.3, donde el mayor valor de la media de tiempo de estabilidad se obtiene con la concentración de 200 ppm de glucoxidasa con un valor de 4,33 minutos, y a concentraciones de 100 ppm y 150 ppm producen un tiempo de estabilidad similar a 3,8 minutos; por ende a una concentración de 200 ppm de glucoxidasas se obtienen un mayor tiempo de desarrollo.

4.1.1.4. Índice de Tolerancia

El índice de tolerancia representa la resistencia de la masa al amasado y mientras más alto sea este valor, más débil es la masa. **[De La Llave A., 2004]**

En el Gráfico B-1.4, se evidencia variaciones en los valores de índice de tolerancia oscilando entre 98,5 -129 U.B, Calaveras (1996) considera que para pan común se acepta un valor < 125 U.B., además se observa valores altos (129 U.B) de índice de tolerancia en el tratamiento a0b0 por lo que se considera como masas débiles, pero que son aptas para panificación. **[De La Llave A., 2004]**

A valores altos de índice de tolerancia las harinas son tenaces, durante el amasado dan la impresión de que nunca llegan a amasarse, rompiéndose durante el mismo **[Garrido G., 2002]**. Cuando los valores de índice de tolerancia son altos las masas son menos tolerantes al trabajo mecánico por ende debe ser controlado por tratarse de harinas flojas. Cuando la harina es floja la masa es débil y poco resistente a la presión del gas (poca tolerancia). **[De La Llave A., 2004]**

Por lo que la combinación de ácido ascórbico y glucosa-oxidasa permite un reforzamiento de la tenacidad y de la elasticidad del gluten en los tratamientos, permitiendo que las masas de los tratamientos toleren por más tiempo a los impactos mecánicos durante el proceso **[Tejero F., 2008b]**. La combinación anterior más azodicarbonamida, presentan una complementariedad considerando la acción intermedia del ácido ascórbico y la acción regenerativa y lenta del azodicarbonamida, permitiendo mejorar la tolerancia al amasado significativamente. **[Castelli E., 2002]**

Los emulsificantes en las mezclas actúan sobre el gluten de la masa, aumentando la fuerza de la misma, lo que conlleva no solamente facilitar la

mecanización, sino también el aumento de tolerancia al trabajo mecánico. **[Tejero F., 2008b]**

Se realizó el análisis de varianza para el índice de tolerancia para tratamientos como se observa en la Tabla C-1.4, donde el factor A: concentración de alfa-amilasas, el factor B: concentración de glucoxidasas y la interacción AB no producen un efecto estadísticamente significativo sobre el índice de tolerancia con un 95,0% de nivel de confianza, por ende indicando que cualquiera de las concentraciones de alfa-amilasa (50 ppm, 75 ppm y 100 ppm) o concentraciones de glucoxidasa (100 ppm , 150 ppm y 200 ppm) no influirá en el tiempo de desarrollo.

4.1.1.5. Comparación de análisis farinográficos muestras puras y mejor tratamiento

Para efecto de comparación se realizaron análisis farinográficos de las muestras puras conjuntamente con el mejor tratamiento realizando una prueba de comparación múltiple como Tukey para determinar diferencias significativas.

En la Tabla A-1.3, se detalla los parametros farinográficos de la harina de trigo importadoCWRS #1 comercial, muestra pura (20% harina de papa; 80% harina de trigo importado) y mejor tratamiento a1b2 (100 ppm alfa-amilasa + 200 ppm glucosa oxidasa + 100 ppm ácido ascórbico + 250 ppm esteaoril 2-lactilato de sodio + 30 ppm azodicarbonamida), mediante la prueba de diferenciación de Tukeya un nivel de confianza del 95 %, las tres muestras analizadas indican diferencia significativa.

En el Gráfico B-1.5., se observa la absorción de agua en la muestra pura y el mejor tratamiento (a1b2), que aumenta considerablemente en relación a la harina de trigo importado esto debido a la precocción de la harina de papa. **[Proyecto PHPPF., 2009]**

En relación con el tiempo de desarrollo se observa diferencia significativa a un nivel de confianza del 95 %, donde con respecto a la harina de trigo importado (4,60 min) existe un descenso en la mezcla pura (1,75 min) y el mejor tratamiento a1b2 (1,70 min), este efecto se da por que la harina de papa no presentan un contenido de proteínas (gliadina y glutenina) las cuales forman el gluten, por lo tanto tardan menos tiempo en formar una masa de consistencia adecuada. **[Prokop S., 2008]**

La estabilidad, muestra diferencia significativa a un nivel de confianza del 95 %, observando que la harina de trigo importado es superior (7,65 min) a la muestra pura y al mejor tratamiento a1b2, esto se debe a que la harina de papa no contiene las proteínas que proporcionan características viscoelásticas a la masa de harina **[Prokop S., 2008]**. En el mejor tratamiento a1b2 la estabilidad superior (4,43 min) en relación a la muestra pura 80 % harina de trigo importado; 20 % harina de papa (2,60 min), este aumento se debe a la acción de las enzimas como glucosa oxidasa, alfa-amilasa y aditivos como el ácido ascórbico, azodicarbonamida que actúan reforzando la red de gluten. **[Tejero F., 2005a]**

En cuanto al valor del índice de tolerancia en el mejor tratamiento (a1b2) es de 110 U.B. mucho mayor al valor de índice de tolerancia de la harina de trigo importado que es 70,50 U.B, lo cual indica que el proceso de amasado debe ser controlado puesto que al aplicarse mayor tiempo de amasado se produce una masa pegajosa. **[Popper L., 2005]**

En general, la composición enzimática utilizada disminuye la tenacidad de la mezcla con harina de papa, permite el incremento la resistencia a la fermentación de la masa y mejora la estabilidad de la masa.

4.1.2. Análisis en el Mixolab Standard Chopin

Este análisis permite la caracterización de las harinas (proteínas, almidón, enzimas) en una sola prueba determinando factores como el desarrollo de la masa, el debilitamiento de proteínas, gelatinización, actividad amilásica y retrogradación. **[Clair L, 2009]**

Las figuras obtenidas de este análisis se encuentran en el Anexo E-2 (Figura E-2.1. a E-2.20.), los resultados del análisis correspondiente a los valores de desarrollo de la masa (C1), debilitamiento de proteínas (C2), gelatinización del almidón (C3), actividad amilásica (C4) y retrogradación del almidón (C5) de cada tratamiento y su réplica se encuentra en el Anexo A-2 (Tabla A-2.1. a A-2.3.)

En la Tabla A-2.1, se describe a detalle los parámetros de desarrollo de la masa, debilitamiento de proteínas, gelatinización del almidón, actividad amilásica y retrogradación del almidón para las muestras puras, harina de trigo importado, mezcla (80% harina de trigo; 20% harina de papa) y tratamientos con sus respectivas replicas.

En la Tabla A-2.2, se muestra los resultados de los gráficos Mixolab Standard Chopin de los tratamientos de acuerdo al diseño A*B. Se analizaron cinco parámetros expresados en una medida de fuerza Par (Newton/metro) que representa la unidad en la que se mide el momento de dos fuerzas (torque) de igual magnitud, direcciones paralelas y sentidos contrarios, provocando un movimiento de rotación.

4.1.2.1. Desarrollo de la masa

Es el tiempo necesario para que la masa alcance la máxima consistencia **[Pantanelli A., 1996]**. El mixolab establece valores de fuerza en el que se desarrolla la masa entre 1,05 -1,5 Nm, por lo que si la curva no se encuentra dentro de estos rangos se debe repetir la prueba por falta o

exceso de agua. Al momento que la masa llega a los 1,1 Nm se compara como cuando la masa en el farinógrafo alcanza las 500 U.B. **[Panera., 2008]**

En el Gráfico B-2.1., se observa la fuerza que ejerce los fraseadores del mixolab para mezclar el agua con harina y formar una masa consistente. En los tratamientos, los valores varían entre 1,07-1,13 Nm deduciendo que los tratamientos a0b2, a1b2, a1b2 son los que mayor absorción de agua presentan. La formación de la masa se debe primeramente a la desintegración de las proteínas de harina, su hidratación para la formación del gluten y la propagación del gluten sobre la superficie de los gránulos de almidón libres, para formar una masa viscoelástica. **[Caspari E., 1977]**

Las harinas de los tratamientos al desarrollar su masa están condicionadas tanto por la formación del gluten como por el grado de exposición de la masa al oxígeno del aire gracias a las glucosa oxidasa, azodicarbonamida que actúan reforzando el gluten **[Tejero F., 2005a]**. Por otra parte, Castelli E (2002), menciona que la adición de los emulsionantes permite un desarrollo rápido de la masa, esto se debe a la atracción con los grupos hidrófilos.

En la Tabla C-2.1, se muestra los resultados de análisis de varianza para el tiempo de desarrollo, donde el factor réplicas tiene un efecto estadísticamente significativo sobre el desarrollo de la masa con un 95,0 % de nivel de confianza, por lo contrario el factor A: concentración de alfa-amilasas, factor B: concentración de glucoxidasas e interacción A*B no producen un efecto significativo.

La variación en el desarrollo de la masa por las réplicas se puede asumir que se produce por cambios de la humedad de la harina, la misma que está relacionada con el lugar de almacenamiento de la harina. En la Tabla C-2.2, se describe la prueba de comparación múltiple de Tukey para

tratamientos encontrando que ninguno de estos no producen diferencia significativa a un nivel de confianza del 95 %.

4.1.2.2. Debilitamiento de proteínas

En cuanto, la temperatura de la masa aumenta la consistencia disminuye; la intensidad de este debilitamiento depende de la calidad de las proteínas, a mayor valor de torque (C2), la proteína de la muestra será más tenaz, lo contrario indicará una proteína más débil, además, valores bajos (C2) indican alta actividad diastásica. **[Panera., 2008]**

En el Gráfico B-2.2, se observa que los tratamientos presentan valores de debilitamiento entre 0,16-0,19 Nm, es decir que necesitan una fuerza inferior de los fraseadores sobre la masa para romper los enlaces de las proteínas, cuando los enlaces proteicos son más rígidos se necesitará más fuerza (Nm) para romper los enlaces **[Clair L., 2009]**. Además, se observa que el tratamiento a0b1 produce un menor debilitamiento de proteínas con 0,19 Nm y el tratamiento a2b0 presenta un debilitamiento de proteínas mayor con 0,155 Nm, mientras que el tratamiento a1b2 presenta un debilitamiento de proteínas de 0,17 Nm, por lo tanto, mientras mayor concentración de alfa-amilasas mayor es el debilitamiento de proteínas.

Por otro lado, la hidratación de las partículas de la harina debilita los enlaces entre proteína-almidón, por lo que la adición de la energía mecánica convierte la mezcla pegajosa y húmeda en una masa lisa y aparentemente homogénea. **[Pylar., 1988]**

Las harinas tratadas con glucosa oxidasa presentan una mejora en la estabilidad proteica por lo tanto fortalece la calidad del gluten **[Clair L., 2009]**. Asimismo, la adición de oxidantes como el ácido ascórbico y azodicarbonamida actúan en la formación de puentes –S-S- entre las cadenas proteicas del gluten, fortaleciendo la estructura proteica. **[Silva C. y col., 2000]**

Las α -amilasas en las harinas de los tratamientos rompen los enlaces de almidón produciendo un rápido debilitamiento de proteínas, esto se evidencia en los tratamientos que poseen mayor concentración de esta enzima (100 ppm). Hay que considerar que no se emplea mayores concentraciones de α -amilasas debido a que el debilitamiento de proteínas sería mayor. **[Tejero F., 2008b]**

En la Tabla C-2.2, se muestra el análisis de varianza para el debilitamiento de proteínas de los tratamientos, donde se determina que el factor A: concentración de alfa amilasa, factor B: concentración de glucoxidasa, tienen un efecto estadísticamente significativo sobre debilitamiento de proteínas con un 95,0% de nivel de confianza pero no existe interacción.

Se realizó la prueba de comparación múltiple de Tukey para el factor A: concentración de alfa-amilasas como se observa en la Tabla C-2.3, por lo que se considera que a concentraciones de 50 ppm la masa soporta significativamente la fuerza de los fraseadores, con referencia a las concentraciones de 100 y 200 ppm que soportan de igual manera y las proteínas se debilitan en un mayor grado.

De la misma manera en la Tabla C-2.4, se observa la prueba de comparación múltiple de Tukey, para el factor B: concentración de glucoxidasas, deduciendo que con el uso de una concentración de 100 ppm, el debilitamiento de proteínas es significativamente mayor, mientras que a concentraciones de 150 y 200 ppm producen un similar debilitamiento de proteínas siendo este menor, por lo tanto se recomienda usar una concentración de 150 ppm permitiendo minimizar costos de producción.

4.1.2.3. Gelatinización del almidón

Es el mecanismo donde los gránulos de almidón nativo en presencia de un medio acuoso caliente, absorben agua y tiende a hincharse, al aumentar la temperatura la estructura del gránulo de almidón rompe los enlaces intramoleculares permitiendo que los sitios implicados en los puentes de hidrógeno acoplen más moléculas de agua. **[Cauvain S. y Young L., 1998]**

A partir de cierta temperatura, los fenómenos vinculados a la gelatinización del almidón se vuelven preponderantes y se observa entonces un incremento de la consistencia. La intensidad de este incremento depende de la calidad del almidón y, eventualmente, de los aditivos añadidos. **[Clair L., 2009]**

En el Gráfico B-2.3, se observa valores de gelatinización que oscilan entre 0,66 -0,71 Nm lo que indica que a esta fuerza los almidones se han gelatinizado por completo, este efecto se puede atribuir a la precocción de la harina de papa puesto que existe la transformación de los almidones contenidos, sometidos a calor y humedad, produciendo una gelatinización lenta, por tanto los gránulos se hinchan a causa de una absorción de agua por los grupos polares hidroxilo, absorción que puede llegar a multiplicar considerablemente el peso inicial del almidón. **[Dana O., 1987]**

En las harinas durante el proceso de amasado la temperatura asciende produciéndose la gelatinización, por lo que el almidón se hincha y forma un gel más o menos rígido en función de la cantidad de alfa-amilasas presentes y su origen; por ende los tres primeros tratamientos (a0b0, a0b1 y a0b2), que contienen menor concentración de alfa-amilasas (50 ppm de alfa-amilasa) necesitan mayor fuerza de los fraseadores para llegar a gelatinizar el almidón, estas enzimas en la gelatinización del almidón, hacen que sea mucho más sensible y lenta esta etapa. **[Tejero F., 2005b]**

En otra instancia, las harinas tratadas con emulsionantes interactúan con el almidón en mayor parte de la harina de papa, modificando las temperaturas de gelatinización y la viscosidad, al combinarse con la amilasa de la harina. **[Castelli E., 2002]**

En la Tabla C-2.5, se indica el análisis de varianza para la gelatinización de almidón, deduciendo que el factor B: concentración de glucoxidasa, tiene un efecto estadísticamente significativo sobre gelatinización de almidón con un 95,0% de nivel de confianza, lo que no sucede con el factor A: concentración de alfa-amilasa y no existe interacción.

Se evaluó el efecto significativo mediante la prueba de comparación múltiple de Tukey para el factor B: concentración de glucoxidasa, como se observa en Tabla C-2.6, determinando que a concentraciones de 200 ppm la gelatinización del almidón es lenta, en comparación con la concentración de 50 ppm que se da una gelatinización del almidón rápida, de esta manera se comprueba que la glucoxidasa refuerza el gluten.

4.1.2.4. Actividad amilásica

La actividad amilásica depende directamente del almidón que contiene amilosa y amilopectina. La α -amilasa rompe una porción de gránulos de almidón cuando ellos empiezan a gelificar, esto incrementa el volumen de la hogaza al retardar la fijación del almidón y permitiendo una mayor expansión de la masa. Ayudan a regular la velocidad de fermentación y facilitan color al pan **[Lallemand., 1996]**. Valores bajos de fuerza indican mayor actividad diastásica. **[Panera., 2008]**

En el Gráfico B-2.4., se observa que los tratamientos presentan valores entre 0,51 y 0,54 Par (N/m) que determina la rapidez con la que se da inicio a la actividad amilásica, proceso que ocurre debido a la adición del contenido de amilasas en la harina.

La harina de papa precocida al presentar mayor cantidad de almidón dañado permite que las amilasas ingresen a los gránulos de almidón. En estos gránulos, muchos de los cuales han sido dañados en la propia molienda, cuando han llegado a un cierto nivel de hidratación, entran las amilasas y empiezan a actuar. **[Miranda R., 2004]**

Por otro lado, las enzimas tienen la capacidad de modificar la viscosidad y elasticidad de las masas, por lo que otro factor que se toma en cuenta es la actividad amilásica. Los tratamientos que contienen mayor concentración de alfa-amilasas (*100 ppm alfa-amilasas*) necesitan menor fuerza de los fraseadores sobre la masa, por lo que la actividad amilásica es alta en estos tratamientos, lo que ocasionaría mayor pegajosidad en las masas y se presentaría dificultad para amasar, por tanto es importante controlar la cantidad de amilasas con el fin de conservar adecuadas características internas y externas del pan. **[Miranda R., 2004]**

Se realizó el análisis de varianza para la actividad amilásica, como se observa en la Tabla C-2.7, deduciendo que el factor B: concentración de glucoxidasa, tiene un efecto estadísticamente significativo sobre la actividad amilásica con un 95,0% de nivel de confianza, y no produce efecto significativo el factor A: concentración de alfa-amilasa y en la interacción AB.

En la Tabla C-2.8, se indica la prueba de comparación múltiple de Tukey para evaluar el efecto significativo del factor B: concentración de glucoxidasa, notando que a una concentración de 200 ppm la masa presenta menor actividad amilásica, y por lo contrario sucede con las masas que contienen concentraciones de 100 y 150 ppm.

4.1.2.5. Retrogradación del almidón

La retrogradación del almidón es el fenómeno que se define como la insolubilización y la precipitación espontánea de las moléculas de amilasa **[Calaveras J., 1996]**. Es una transformación en la que las moléculas

gelatinizadas del almidón se reasocian para formar una estructura cristalina de dobles hélices. **[Cauvain S. y Young L., 1998]**

En el Gráfico B-2.5, se observa valores de retrogradación que oscilan entre 0,57 - 0,64 Nm siendo valores bajos, ya que las masas necesitan menor fuerza de los fraseadores para que se de este proceso, estos valores repercuten directamente en el aumento de tiempo de vida útil debido a la utilización del kit de mejorantes añadido. Es importante mencionar, a pesar que el pan es de consumo diario, se podría considerar como un pan especial para expendirse empacado, tomando en cuenta que poseen una alto contenido de agua.

El uso de este parámetro, a pesar de su gran importancia, no es sumamente extendido ni por molineros ni panificadores, sin embargo es uno de los factores fundamentales en el tiempo de vida útil de un producto. A mayor retrogradación menor tiempo de vida útil tiene el producto. **[Panera., 2008]**

Estos cambios de retrogradación, se ven influenciados por la harina de papa ya que al ser esta precocida el tiempo de vida útil es mayor repercutiendo en la retrogradación de las masas. **[Proyecto PHPPF., 2009]**

La utilización de una concentración adecuada de α -amilasas en las harinas de los tratamientos da una influencia positiva en su conservación, produciéndose un efecto de ralentización de la retrogradación del almidón por lo que se indica que a mayor concentración de α -amilasas (100 ppm) produce valores menores de retrogradación, como es el caso de los tres últimos tratamientos (a2b0, a2b1, y a2b2), sin embargo hay que tomar en cuenta la concentración ideal para evitar masas muy pegajosas.

Adicionalmente, los emulsificantes disminuyen la retrogradación de parte del almidón y reducen la pérdida de agua de la proteína, retrasando así la formación de una estructura rígida de la misma, lo que proporciona una

miga más blanca y esponjosa durante un período más largo de tiempo.
[Tejero F., 2005a]

En la Tabla C-2.9, se indica el análisis de varianza para la actividad amilásica, deduciendo que el factor A: concentración de alfa-amilasa tiene un efecto estadísticamente significativo sobre la retrogradación del almidón con un 95,0% de nivel de confianza, no siendo así con el factor B: concentración de alfa-amilasa y no existe interacción.

Se realizó la prueba de comparación múltiple de Tukey para el factor A: concentración de alfa-amilasa como se distingue en la Tabla C-2.10, deduciendo que a una concentración de 75 ppm se produce menor retrogradación, y a concentraciones de 50 y 100 ppm se produce mayor retrogradación y similar ya que cuando la fuerza producida por los fraseadores es mayor, la retrogradación es menor y viceversa, aunque hay que considerar que los tratamientos presentan valores bajos.

4.1.2.6. Comparación de los parámetros reológicos del Mixolab Standard entre las muestras puras y mejor tratamiento.

Se realizó una comparación de los parámetros de las muestras 100% puras y mejor tratamiento a1b2 (*100 ppm ácido ascórbico + 250 ppm estearoil 2-lactilato de sodio + 30 ppm Azodicarbonamida + 75 ppm alfa-amilasa + 200 ppm glucosa oxidasa*), obtenidos mediante la utilización del mixolab, de tal forma, en la Tabla A-2.3, se muestra los resultados de C1: desarrollo de la masa, C2: debilitamiento de proteínas, C3: gelatinización, C4: actividad amilásica y C5: retrogradación, y para comprobar la existencia de diferencia significativa se aplicó una prueba de comparación múltiple como Tukey a un nivel de significancia del 0,05 %.

Al observar que existe diferencia significativa a un nivel de significancia del 0,05%, se representó gráficamente estos valores como se observa en el Gráfico B-2.6, donde se aprecia de mejor manera estas

diferencias en los parámetros reológicos que se obtiene del mixolab, a continuación se describe la comparación de cada parámetro reológico.

En el debilitamiento de las proteínas se observa que la harina de trigo importado CWRS #1 necesita más fuerza para formar la red glutínica debido a que los enlaces proteicos son más rígidos, mientras que la mezcla pura (harina de papa 20%; harina de trigo importado 80%) y el mejor tratamiento (a1b2) al encontrar una disminución del contenido proteica para formar una masa consistente necesita menor fuerza ya que no forma una masa viscoelástica con características óptimas para panificación. **[Clair L., 2009]**

En cuanto a la gelatinización del almidón, se evidencia en la mezcla pura y mejor tratamiento (a1b2) gelatinización lenta en relación a la harina de trigo importado CWRS #1, debido a la precocción de la harina de papa, es decir almidones gelatinizados ya se encuentran en estas harinas, y también a la presencia de α -amilasas hacen que la gelatinización sea más rápida. Además, el incremento de las α -amilasas ocasionaron mayor actividad amilásica, sobre todo en el mejor tratamiento ya que se añade α -amilasas por lo que actúan rompiendo el almidón por ende el ataque de las enzimas es menos dificultoso. **[Tejero F., 2008b]**

Por último, la retrogradación en la muestra de harina de trigo importado CWRS # 1 es alta con un valor de 2,183 Nm, con respecto a la muestra pura y mejor tratamiento (a1b2) ya que estos indican valores son de 1,30 Nm y 0,63 Nm, respectivamente, y dando lugar a un mayor tiempo de vida útil, esto se debe a la adición de mejorantes panarios como es el ácido ascórbico, emulsificantes como el estearoil 2-lactilato de sodio, ya que una de sus funciones es alargar el tiempo de vida útil del producto. **[Tejero F., 2005a]**

4.1.3. Análisis Alveográficos

Los gráficos de alveografía se indican en el anexo E-3 (Figura E-3.1. a E-3.3.) los resultados de los análisis correspondientes a tenacidad, extensibilidad, equilibrio y fuerza se aprecian en el Anexo A-3 (Tabla A-3.1) para las muestras puras y mejor tratamiento seleccionado.

En la Tabla A-3.1, se expresan los resultados de alveografía: tenacidad, extensibilidad, equilibrio y fuerza para la harina de trigo importado, muestra pura (20% harina de papa; 80% harina de trigo importado) y el mejor tratamiento a1b2: 100 ppm ácido ascórbico + 250 ppm esteaoril 2-lactilato de sodio + 30 ppm azodicarbonamida + 75 ppm alfa-amilasa + 200 ppm glucosa oxidasa.

Se evidencia en la Tabla A-3.1, que la harina de trigo importado presenta valores de fuerza de $311 * 10^{-4}$ (J) y un equilibrio de 1,71, según Pantanelli (1996) indica que esta harina puede ser utilizada para fines de mezcla puesto que presenta una fuerza mayor de 250 y P/L mayor de 0,7; en cuanto a la mezcla pura, los valores de fuerza son mayores que $200 * 10^{-4}$ (J) y un equilibrio es mayor a 2, por ende con una fuerza entre 170 y 250 y P/L mayor a 0.7: son harinas tenaces.

Adicionalmente, se evidencia que en el mejor tratamiento (a1b2) se logró reducir la tenacidad en relación a la mezcla pura, por lo que es importante considerar que cuando una harina presenta valores de tenacidad (P) muy altos, presenta dificultad para retener el CO₂ producido por las levaduras durante la fermentación de una masa para elaborar pan, es decir que la red o malla formada por el gluten es demasiado cerrada o tenaz, entonces se debe controlar el tiempo de proceso de fermentación. **[Gambarotta L., 2005]**

En la mezcla pura y el mejor tratamiento al ser harinas tenaces es necesario que el proceso de amasado sea controlado, ya que al menor estiramiento de la masa, ésta se romperá.

Por otro lado, la glucosa oxidasa, el ácido ascórbico y azodicarbonamida incrementan la retención de gas y también refuerzan la red de gluten. También el uso de mejorantes completos (enzimas, emulsificantes y oxidantes) refuerzan el gluten lo que influye en la fuerza de la masa y en el equilibrio de las masas. **[Tejero F., 2002]**

4.1.3.1. Fuerza (W)

La fuerza panadera indica el trabajo necesario para deformar una lámina de masa empujada por aire hasta su rotura. **[Calaveras J., 1996]**

En el Gráfico B-3.1, se observa que la harina de trigo importado posee una fuerza de $311 \cdot 10^{-4}$ J indicativo de ser una harina de gran fuerza utilizada para pan de molde y otros productos similares; para la mezcla pura el valor de fuerza W es de $227 \cdot 10^{-4}$ J y para el mejor tratamiento (a1b2) es de $201 \cdot 10^{-4}$ J, por lo que pueden ser calificadas como harinas útiles para productos de horno fermentados por poseer una fuerza W entre 180 y 200. **[Pantanelli A., 1996]**

La harina de papa al presentar bajo contenido de proteínas especialmente de gliadinas no le proporciona una buena extensibilidad y viscosidad a las masas, de igual manera, por el bajo contenido de gluteninas pierde elasticidad y una mayor fuerza en la masa. **[Alasino M., 2009]**

Al acondicionar las masas con ácido ascórbico, azodicarbonamida y glucosa oxidasa siendo oxidantes, actúan en el gluten para aumentar su fuerza tomando en cuenta que estas mezclas con harina de papa poseen un nivel de gluten bajo por su sustitución. De igual manera, los emulgentes

actúan sobre las proteínas de la harina dándole elasticidad y fuerza en el gluten. **[Harinas Elizondo., 2002]**

4.1.3.2. Equilibrio (P/L)

Indica la relación que existe entre la tenacidad y la extensibilidad. Del equilibrio depende el destino más adecuado de la harina. **[Calaveras J., 1996]**

En el Gráfico B-3.2, se presentan los valores (P/L) para la harina de trigo importado de 1,71, según Calaveras (1996) califica como una harina equilibrada por encontrarse dentro del rango de harinas mejoradas entre 1,5 y 2. La mezcla pura con un valor de 3,63 y para el mejor tratamiento (a1b2) con 2,59 muestran valores > a 2, consideradas como harinas tenaces.

En el mejor tratamiento fue incorporado mejorantes como glucosa oxidasa, azodicarbonamida y ácido ascórbico, los cuales mejoran la fuerza de la masa y reduce la pegajosidad del gluten reforzándolo, de esta manera, el equilibrio del mejor tratamiento es mejor con referencia a la mezcla pura. No obstante es preciso encontrar un equilibrio, pues si la masa es demasiado tenaz no desarrollará y se obtendrá poco volumen. **[Grupo VILBO., 2004]**

Es importante recalcar que las mezclas de harina de trigo importado (80%) y harina de papa (20%) son ricas en almidón, entonces la cantidad de almidón dañado y almidón pre-gelatinizado presentes en las mezclas de harinas influyen de forma directa en la fuerza panadera, tenacidad, extensibilidad y equilibrio, puesto que mientras mayor es la cantidad de almidón dañado, se requiere más energía para la deformación de la masa, por tanto más tenaz y poco extensible se vuelve la masa. **[Calaveras J., 1996]**

4.1.4. Elaboración de Pan

Después de haber realizado la caracterización de la calidad panadera de las mezclas de harinas con mejorantes, un punto muy importante es la elaboración de pan que permite realmente observar cómo actúan las enzimas en los aspectos de calidad del pan.

Es importante mencionar que para la elaboración de pan se realizó con un método tradicional para pan redondo, ya que al tratarse de harinas débiles no pueden soportar tiempos y temperaturas altas mencionados en la Norma 530:1980 Harina de trigo. Ensayos de panificación, lo que se indica en el diagrama de flujo expuesto en el gráfico 3.

La elaboración del pan comienza con la formación de la masa panaria a partir de la mezcla de la harina con ingredientes como sal, agua, grasa, levadura y azúcar, posterior al amasado, se deja reposar para que haya una interacción de los componentes químicos y se dé la fermentación, produciendo anhídrido carbónico que es el responsable del aumento de volumen. **[Pyle E., 1988]**

En las mezclas con mejorantes para que la masa tome consistencia adecuada, se añadió el 56 % de agua, cantidad suficiente para que se forme una red viscoelástica y cohesiva la cual se esponja durante la fermentación debido a la presión ejercida por el CO₂. **[De La Llave A., 2004]**

Para el proceso de amasado se consideró el índice de tolerancia ya que mediante análisis farinográficos se determinaron valores mayores a 100 U.B en las mezclas (harina de papa 20%; harina de trigo importado 80%) con mejorantes, indicando que son harinas tenaces por lo cual se aplicó un tiempo corto de amasado de 6 minutos/ 0,5 Kg menor al que se le aplica a la harina de trigo importado 100% que es de 8 minutos/0,5 Kg, se amasó hasta lograr un masa viscoelástica, ya que a tiempo largos de amasado la masa tiende a romperse debido al bajo contenido de proteínas.

Mientras que para el proceso de fermentación se toma en cuenta el tiempo de estabilidad determinados mediante ensayos farinográficos, las harinas tratadas se encuentran por debajo de los 4,43 minutos es decir son harinas débiles que no soportaran tiempo largos de fermentación **[Calaveras J., 1996]**. Por lo cual se aplicó un tiempo de fermentación de cuarenta y cinco minutos a las mezclas (80% harina de trigo importado; 20 % harina de papa) con mejorantes, se aplicó tiempos cortos debido a la adición de α -amilasas que sobre la masa produce el aumento de la velocidad de fermentación, por ende un exceso de tiempo de fermentación provocará demasiado almidón roto en la masa, dando lugar a un pan con forma irregular. **[Tejero F., 2005b]**

Al someter las piezas de masa fermentadas al proceso de horneado, se obtiene un pan con una coloración fuerte esto se debe en gran parte al almidón dañado presente en la harina de papa que por acción de alfa-amilasas dan lugar a las dextrinas que son las responsables de la coloración del pan, por otra parte los emulsionantes hace que la miga sea más blanda, tierna y suave durante más tiempo y un aumento de volumen del pan al igual que la glucosa oxidasa. **[Tejero F., 2005a]**

Luego de haber elaborado el pan, se realizó la caracterización física para comprobar si el mejor tratamiento elegido mediante análisis reológicos, también es el mejor demostrando en sus características físicas, y de ahí que a partir del mejor tratamiento y la muestra testigo se realizó un análisis sensorial, evaluación del tiempo de vida útil mediante análisis de textura y microbiología, análisis nutricional (proximal, minerales y aminoácidos).

4.1.4.1. Caracterización del pan

Los resultados de la caracterización correspondiente a peso, diámetro, altura y volumen se aprecian en el Anexo A-4 (Tabla A-4.1 a Tabla A- 4.3.). En el anexo F-3 (Figura F-3.1. a E-3.10.) se observa las fotografías de los panes con tratamiento y muestras puras.

Cauvain y Young (1998), mencionan que entre las características externas del pan más importantes están: las dimensiones, el volumen, la apariencia, el color y la formación de la corteza.

En la Tabla A-4.1, se presentan el peso, las dimensiones, y el volumen, tomadas en el pan con harina de trigo importado, muestra pura (20% harina de papa; 80 % harina de trigo importado) y los panes de los tratamientos con mejorantes. Los promedios de dichas características se establecen en la Tabla A-4.2, además se indica el análisis estadístico del pan utilizando los valores medios de las dimensiones del pan para el test de Tukey para encontrar diferencias estadísticas, letras diferentes indican que hay diferencias significativas al nivel $P \leq 0.05$.

A continuación se describe las dimensiones de los panes de cada tratamiento, en cuanto a peso, diámetro, altura y volumen registrados después de 60 minutos de enfriamiento.

4.1.4.1.1. Peso: luego de haber sido enfriados durante una hora a temperatura normal, los panes son pesados y estos pesos expresados en gramos. **[Richardson A., 1987]**

En el Gráfico B-4.1, se observa que el peso de los panes con mejorantes varían entre 51,4 a 52,2 gramos por lo que no presentan diferencia significativa aun nivel de significancia de 0.05. El registro de pesos del pan se hace con el propósito de unificar las piezas y de esta manera evitar pérdidas económicas.

Se realizó el análisis de varianza para el peso de los panes con mejorantes como se observa en la Tabla C-3.1, donde se describe que el factor A: concentración de α -amilasa, y factor B: concentración de glucoxidasa, no producen un efecto significativo sobre el peso del pan, con un nivel de confianza del 95 %, y no existe interacción.

4.1.4.1.2. Diámetro: es el segmento que pasa por el centro y sus extremos son puntos del pan expresado en centímetros, mediante la utilización del pie de rey [Villegas A., 2011]. Con las medidas del diámetro se determinan cuan extensibles pueden llegar hacer las harinas, por lo tanto a mayor extensibilidad de la harina, mayor será el diámetro en el pan. [Di Prieto R., 2004]

Los valores de diámetro del pan oscilan entre 7,40 a 7,91 cm, como se aprecia en el Gráfico B-4.2, es decir no existe diferencia significativa a un nivel de confianza del 95 %. El aumento de diámetro obtenido en los tratamientos se debe a la acción del ácido ascórbico, el mismo que actúa incrementando la extensibilidad. [Tejero F., 2005a]

En la Tabla C-3.2., se describe el análisis de varianza para el diámetro de los panes con mejorantes se encontró que el factor A: concentración de α -amilasa y factor B: concentración de glucoxidasa e interacción AB, no producen un efecto estadísticamente significativo sobre el diámetro del pan, con un nivel de confianza del 95 %.

4.1.4.1.3. Altura: Es el alto dimensional expresado en centímetros (cm), mediante la utilización del pie de rey. [Villegas A., 2011]

La altura está relacionada con la elasticidad, que es la que permite a la masa soportar la producción de CO₂, por ende a mayor cantidad producida de dióxido de carbono, mayor será la elasticidad de la masa. [Cauvain S. y Young L., 1998]

En el Gráfico B-4.3., se observa que los valores de altura oscilan entre 4,63 a 5,16 cm, es decir no existe diferencia significativa a un nivel de confianza del 95 %. La red de gluten formada por mezclas de harinas resultan ser débiles, por lo que el CO₂ producido no se retiene dentro de la red de gluten, con la adición de glucoxidasa se logró reforzar el gluten y

tener una mayor retención del CO₂, el mismo que se ve reflejado en la altura del pan. **[Tejero F., 2008b]**

Se efectuó el análisis de varianza para la altura de los panes con mejorantes como se distingue en la Tabla C-3.3., determinando que el factor A: concentración de α -amilasa, factor B: concentración de glucoxidasa, e interacción AB no producen un efecto significativo sobre el diámetro del pan, con un nivel de confianza del 95 %.

4.1.4.1.4. Volumen: Es el espacio ocupado por la pieza expresado en centímetros cúbicos, por el método de desplazamiento de semillas **[Sánchez y col., 2003]**. El desplazamiento que presenten las semillas es directamente proporcional al volumen del pan. **[De La Llave A., 2004]**

En el Gráfico B-4.4, se observa que el volumen de los panes con mejorantes oscila entre 166,95 a 199,25 cm³, los panes adquieren un mayor volumen, debido a la adición de oxidantes como glucosa oxidasa, ácido ascórbico y azodicarbonamida que ayudan en gran parte al aumento de volumen del pan **[Tejero F., 2008b]**. La α -amilasa permite el crecimiento durante el horneado y, por tanto, el volumen del pan aumenta considerablemente, además de producir una estructura de los alveolos es más fina y la miga es más blanda y tierna. **[Cauvain S. y Young L., 1998]**

La presencia de ácido ascórbico y azodicarbonamida favorece la formación de enlaces disulfuros intermoleculares entre proteínas adyacentes, mejorando de esta manera las capacidad de retener gas de la malla de gluten **[Quaglia, 1991][Badui, 1999]**. Estos oxidantes al ser adicionados a las masas interaccionan con las proteínas otorgando un elevado hinchamiento que después se corresponderán con el volumen del pan debiéndose a una interacción más fuerte con el gluten **[Alasino M., 2009]**. En general las sustancias oxidantes mejoran la masa, ya que al actuar refuerzan las propiedades mecánicas del gluten y aumentan la capacidad de retención de anhídrido carbónico.

En la Tabla C-3.4, se registra el análisis de varianza para el volumen de los panes tratados, determinándose que el factor A: concentración de α -amilasa, e interacción AB tienen un efecto estadísticamente significativo sobre el volumen del pan con un nivel de confianza del 95%, no produciendo efecto alguno el factor B: concentración de glucoxidasa.

Al observar efectos significativos en el análisis estadístico ANOVA, se realizó la prueba de comparación múltiple de Tukey para el factor A: concentración de α -amilasa como se aprecia en Tabla C-3.5, donde se describe que a diferentes concentraciones producen diferente volumen en el pan, siendo que a 200 ppm se produce un mayor volumen, pero se recomienda utilizar una concentración de 150 ppm ya que a mayor concentración de α -amilasa hay mayor almidón roto lo que produce un pan con una forma y apariencia no muy aceptables. **[Tejero F., 2002]**

En la Tabla C-3.6, se muestra la Prueba de Tukey para la interacción AB: concentración de alfa-amilasa y glucoxidasa, indicando que estas enzimas se combinan entre sí para mejorar las características de la masa y por lo tanto el volumen. El efecto significativo ($\alpha=0,05$) encontrado para la interacción nos demuestra que las enzimas alfa-amilasa y glucoxidasa producen sinergismo enzimático para el aumento de volumen en el pan. En el gráfico B-8, se puede apreciar con claridad la interacción que se produce entre las enzimas.

Los tratamientos que producen un volumen alto son: a1b2 con 197,75 cm³, a2b0 con 199 cm³ y a2b1 con 199,25 cm³, pero los tratamientos (a2b0, a2b1) se descartan ya que la concentración de alfa-amilasas es alta (100 ppm) las mismas que producen masas muy suaves dan lugar a panes de aspecto y forma no aceptables. Por ende se recalca que el mejor tratamiento es el a1b2 (100 ppm ácido ascórbico + 250 ppm estearil 2-lactilato sodio + 30 ppm azodicarbonamida + 75 ppm alfa-amilasa + 200 ppm glucosa oxidasa).

4.1.4.1.5. Comparación de dimensiones y volumen de muestras 100% puras y mejor tratamiento.

Se efectuó una comparación de las dimensiones y volumen del pan realizados en harina de trigo importado CWRS # 1, muestra pura (80% harina de trigo importado; 20% harina de papa nacional) y mejor tratamiento a1b2 (100 ppm ácido ascórbico + 250 ppm estearil 2-lactilato de sodio + 30 ppm azodicarbonamida + 75 ppm alfa-amilasa + 200 ppm glucosa oxidasa), también se aplicó una prueba de comparación múltiple como Tukey a un nivel de significancia del 0,05 % para comprobar la existencia de diferencia significativa.

En la Tabla A-4.3, se observa para el pan con harina de trigo importado buenas dimensiones un volumen alto 246 cm³, una altura de 5,58 cm, diámetro de 8,56 cm y un peso de 50 g, en cambio la muestra pura (20% harina de papa nacional; 80% harina de trigo importado) presentó un volumen 136,5 cm³ y una altura de 3,31 cm resultado de una harina tenaz es decir que existe producción de CO₂ pero no retención, dando lugar a que el gluten forme una malla demasiado cerrada. [Tejero F., 2002]

Mediante la prueba de comparación múltiple se determinó que existe diferencia significativa en las dimensiones y volumen, en el Gráfico B-4.5, se aprecia de mejor manera las diferencias entre las muestras 100 % puras y mejor tratamiento a1b2.

Con respecto al peso, para el pan con harina de trigo importado es 50,6 g, para el pan con la muestra pura es 51 g, y para el pan con el tratamiento (a1b2) es 51,8 g, el aumento de peso se debe a la alta absorción de agua lo que produce un pan más pesado. En lo concerniente al diámetro, para el pan con harina de trigo importado es 8,59 cm, para el pan con muestra pura es de 8,35 cm y para el pan con mejorantes (a1b2) es 7,74 cm. Por otro lado en cuanto a altura, para el pan con harina de trigo importado es

5,58 cm, para el pan con muestra pura es de 3,31 cm y para el pan con mejorantes (a1b2) es 5,04 cm

Para diámetro y altura se ven directamente influenciadas por el tipo de harina ya que la mezcla (20% harina de papa; 80% harina de trigo importado) es considerada una harina tenaz determinada mediante el análisis alveográfico, pues esta presenta valores bajos de extensibilidad por lo que el diámetro resulta pequeño y la altura se relaciona con la tenacidad de la masa a valores muy altos existe cierta dificultad para retener el CO₂. En cuanto a volumen para el pan con harina de trigo importado es de 246 cm³, para el pan con muestra pura es de 136,5 cm³ y para el pan con mejorantes (a1b2) se tiene 197,75 cm³ es decir que el efecto de los mejorantes panarios resultó eficiente en especial cuando se trata de aumentar el volumen del pan.

Las sustancias oxidantes (ácido ascórbico y azodicarbonamida) mejoran la masa, ya que al actuar refuerzan las propiedades mecánicas del gluten y aumentan la capacidad de retención de anhídrido carbónico de tal forma aumentan el volumen. Mientras que el efecto positivo de los emulsionantes puede comprobarse en la elasticidad y viscosidad del gluten de la harina, ya que se consigue un pan de mayor volumen y con mejor estructura que el de aquellos panes en los que no se ha efectuado la adición. [Alasino M., 2009]

4.1.5. Análisis Sensorial del Pan

Los resultados de la evaluación sensorial correspondiente a apariencia, color de la corteza, sabor, textura y aceptabilidad se distinguen en el Anexo A-5 (Tabla A-5.1 a Tabla A- 5.5.).

Posteriormente a la elaboración del pan, es necesario realizar el análisis sensorial para determinar la aceptabilidad del producto, para lo cual se evaluaron atributos de calidad como son: la apariencia, el color, el sabor,

la textura y la aceptabilidad a partir de dos muestras, muestra patrón (100 % harina de trigo importado) y el tratamiento a1b2 (100 ppm ácido ascórbico + 250 ppm esteaoril 2-lactilato de sodio + 30 ppm azodicarbonamida + 75 ppm alfa-amilasa + 200 ppm glucosa oxidasa) con un contenido de 20 % harina de papa precocida.

En la Tabla A-5.6, se establece los resultados sobre 5 puntos para todos los atributos (apariencia, color de la corteza, sabor textura y aceptabilidad) en pan con la muestra y con tratamiento (a1b2), se determina que no existe diferencia significativa al nivel $P \leq 0,05$ a través del análisis estadístico ANOVA mediante la Prueba de Tukey (Tabla C-4.1. a Tabla C-4.5.), lo que indica que sus atributos del pan de las dos muestras son similares.

Se representó gráficamente los puntajes establecidos en los atributos sensoriales para las muestras de pan en el Gráfico B-5.1., observando que dichos atributos de la muestra patrón (100% harina de trigo importado) y tratamiento (a1b2) resultaron muy similares, comprobando con la prueba de Tukey a un nivel de significancia ($P < 0,05$) no existe diferencia significativa para ninguno de los atributos sensoriales.

4.1.5.1. Apariencia

Es el aspecto exterior del pan que se ve reflejado en el color de la corteza y el alveolado. **[NTE INEN 530:1980]**

En la Tabla A-5.6, se observa para el pan de la muestra patrón y para el tratamiento a1b2, el mismo puntaje de 3,97 puntos/5 puntos es decir 4 puntos/5 puntos, calificándole como un pan de buena apariencia siendo aceptable para el consumidor.

La apariencia tiene que ver con el color de la superficie del pan y con el alveolado, por ende a pesar de obtener un mismo puntaje los panes no

eran iguales en estas características, por general el pan con mejorantes (a1b2) el color de la superficie tiende a ser más fuerte por el contenido de azúcares presente en la harina de papa, y un alveolado pequeño por la difícil retención de CO₂, en comparación con el pan con harina de trigo importado que da un color no muy intenso y un buen alveolado. **[Lessafre, 2008]**

4.1.5.2. Color de la corteza.

El color es una característica peculiar del pan producida por la luz reflejada sobre éste y que impresiona a la vista. **[NTE INEN 530:1980]**

En la Tabla A-5.6, se observa el puntaje para el pan de la muestra patrón es 3,10 puntos/5 puntos y para el tratamiento a1b2 es 3,02 puntos/5 puntos es decir 3 puntos/5 puntos, indicando que ambas muestras de pan presentan un color dorado lo que es muy apreciable para el consumidor.

El color de la superficie del pan se debe a la reacción entre los azúcares y los aminoácidos (reacción de Maillard) y a la caramelización de los azúcares por el calor: según el tipo y la cantidad de los azúcares utilizados se obtiene un color más o menos intenso. **[Alasino M., 2009]**

Es importante mencionar que la harina de papa es rica en azúcares, es decir habrá mayor producción de dextrinas por acción de las alfa-amilasas sobre almidón, las mismas que actúan cuando las piezas entran en el proceso de horneado, donde se produce la reacción de Maillard que se ve reflejado en el color de la corteza del pan **[Tejero F., 2003]**. Por lo tanto el pan de papa presenta un color dorado mucho más acentuado que el pan con harina de trigo importado.

Además, las alfa-amilasas añadidas en el mejor tratamiento actúan sobre el almidón dañado produciendo dextrinas, responsables del color de la corteza, pero se debe tomar en cuenta que un exceso de alfa-amilasas, pueden obtenerse colores de corteza rojizos. **[Tejero F., 2003]**

Por otra parte también, las albúminas y las globulinas del trigo desempeñan un papel importante en la formación de la corteza del pan debido a que favorecen las reacciones de oscurecimiento no enzimático responsable del color y el aroma típico de estos productos. **[Badui, Dergal y col., 1999]**

4.1.5.3. Sabor del pan

La contribución más importante al sabor del pan procede de la operación del horneado. A causa de este fenómeno se obtiene una corteza dorada debido al pardeamiento de "Maillard", el 80 % del sabor se da por la corteza. **[Cauvain S. y Young L., 1998]**

Los puntajes para el sabor del pan se establece en la Tabla A-5.6, observando que el puntaje para el pan de la muestra patrón es 4,08 puntos/ 5 puntos y para el pan del tratamiento a1b2 es 4,18 puntos/5 puntos, indicando que el sabor del pan agrada poco, lo que es aceptable ya que ambas muestras tienen una formulación básica, por ende al usar una formulación enriquecida con materias primas como: cremas, manteca, margarina, huevos, leche, chocolate, etc., no solo se logrará mejorar el sabor, sino los demás atributos del pan.

4.1.5.4. Textura del pan

Es el grado de elasticidad o blandura y se determina enteramente con el sentido del tacto, la cual puede describirse como suave, elástica, áspera, tosca, desmenuzable, según el caso. **[NTE INEN 530:1980]**

Se establece el puntaje para las muestras del pan en la Tabla A-5.6., así para el pan de la muestra patrón (100% harina de trigo importado) es 3,47 puntos/5 puntos y para el tratamiento a1b2 (20% harina de papa; 80 % harina de trigo importado) es 3,71 puntos/5 puntos indican que no existe diferencia significativa aun nivel de confianza del 95%, para la muestra

patrón se considera una textura de 3 puntos/5 puntos es decir ni dura/ni suave mientras que para el pan del tratamiento (a1b2) se considera una textura de 4 puntos/5 puntos es decir que es suave.

Al presentar un pan ni dura/ni suave es ideal ya que la textura al ser dura no permitirá permanecer por mucho tiempo al medio ambiente, y al ser muy suave la forma de pan no será adecuada. En este atributo mucho tienen que ver los mejoradores panarios, así los emulsificantes ya que estos suavizan la miga, los oxidantes producen una miga más blanca y de alveolado más uniforme. **[Tejero F., 2005a]**

4.1.5.5. Aceptabilidad del pan

Finalmente, la aceptabilidad permite percibir cuán aceptable es producto por el consumidor. **[Lessafre, 2008]**

En la Tabla A-5.6, se observa el puntaje para el pan de la muestra patrón (100% harina de trigo importado) es 4,07 puntos/5 puntos y para el pan con tratamiento a1b2 es 4,28 puntos/5 puntos dando valores similares entre las dos muestras; se considera un puntaje de 4 puntos/5 puntos es decir que los panes de ambas muestras agradan al consumidor, considerando bueno, ya que el panelista no establece diferencia significativa entre las dos muestras.

Entonces, se concluye que el pan con muestra patrón (100% harina de trigo importado) es aceptable ya que presenta una apariencia buena, color dorado, sabor poco agradable, textura ni dura/ni suave, mientras que el pan con tratamiento (a1b2) también es aceptable ya que presenta características como: apariencia buena, color dorado, sabor agradable y una textura suave.

4.1.6. Análisis de los Cambios de Textura en la Miga del Pan

Muchas veces ciertos alimentos se deterioran porque sus características se vieron afectadas o alteradas antes de apreciar un deterioro microbiológico. Esto suele suceder con frecuencias en los productos de panificación.

La firmeza del pan es un indicador de frescura y ésta se ve afectada por el envejecimiento, dando lugar a cambios en los componentes principales como son almidones, proteínas, lípidos y agua. La firmeza se define como la fuerza requerida para comprimir al producto una distancia determinada. **[De La Llave A., 2004]**

El análisis de firmeza se realizó con el analizador de textura Pro CT3 de Brookfield en muestras de panes con harina de trigo importado CWRS #1, y mejor tratamiento a1b2 con mejorantes: *100 ppm ácido ascórbico + 250 ppm estearil 2-lactilato sodio + 30 ppm azodicarbonamida + 75 ppm alfa-amilasa y 200 ppm glucosa oxidasa*. Es importante mencionar que antes del análisis, los panes se empacaron en fundas de celofán y selladas para que no exista alteraciones en dichas mediciones por los factores del medio que los rodea.

La Asociación Americana de Químicos de Cereales (AACC) ha desarrollado un método estándar para evaluar la firmeza del pan basado en la deformación, que es la fuerza para comprimir una muestra de pan a una distancia y carga específica, simula suave compresión causada por el consumo a la hora de seleccionar su pan en el supermercado. **[Manual Texture Analyzer Pro CT3, 2011]**

Las pruebas de firmeza permiten comprobar la retrogradación del almidón donde se da nuevamente la formación de cristales y se produce un endurecimiento en el producto, que afecta en su textura suave,

esponjosa y por lo tanto la estabilidad del pan. [Cauvain S. y Young L., 1998]

Los parámetros a medir en las muestras de pan son:

- *Dureza (D)*: es la máxima fuerza requerida para comprimir un alimento medida en gramos.
- *Trabajo Dureza Terminado (TDT)*: es el trabajo necesario para vencer la fuerza interna que mantiene un alimento unido medido en mili Joul.
- *Deformación Recuperable (DR)*: es la altura recuperada por un alimento tras soportar una fuerza de compresión medida en milímetros.
- *Elasticidad (E)*: es la capacidad que tiene el alimento para recuperación a su forma original medida en milímetros.

En la Tabla A-6.1, se observan valores de dureza, trabajo de dureza terminado, deformación recuperable y elasticidad para pan TI comercial y pan con mejorantes (a1b2) durante tres días consecutivos, determinando que a un nivel de confianza del 95 % no existe diferencia significativa en todos los parámetros mencionados, por ende el pan con mejorantes (a1b2) tiene características similares al pan con harina de trigo importado CWRS # 1 comercial.

Se presenta valores de dureza (D) que van de 478 g hasta 911 g para pan con aditivos (a1b2) y 450 g hasta 886 g para pan TI comercial, notando que mientras transcurre el tiempo aumenta la dureza, existiendo una relación directamente proporcional, esta condición se rige para el resto de parámetros ya que guardan estrecha relación con la dureza.

Los valores de trabajo de dureza terminado (TDT) van desde 5,05 mJ hasta 11,45 mJ para pan TI comercial, y desde 5,05 mJ a 10,6 mJ para pan con aditivos (a1b2), se presenta valores de deformación recuperable (DR) van desde 1,37 mm hasta 1,715 mm y desde 1,38 mJ hasta 1,55 mJ, así también valores de elasticidad que van desde 2,365 mm hasta 2,53 mm y desde 2,33 mm hasta 2,489 mm, respectivamente.

Los valores de elasticidad en ambas muestras resultaron bajos, indicando que la elasticidad va a cambiar a medida que cambian las propiedades mecánicas del alimento [Castro E., 2007]. Es decir, que en el pan analizado estas propiedades no han sufrido un cambio significativo, por ende el pan a los tres días su textura no ha cambiado, presentando una miga suave, esto se debe a la adición de mejorantes en especial emulsificantes que son los encargados de alargar el tiempo de vida útil. Por ende se concluye que a mayor elasticidad mayor envejecimiento presenta el pan.

En el gráfico B-6.1, y B-6.2, se observa las gráficas para pan TI comercial, y pan con mejorantes (a1b2) que proporciona el equipo a lo largo que se realiza las pruebas, se aprecia que a medida que pasa los días la carga para comprimir el pan es mayor.

En los gráficos B-6.3, y B-6.6, se encuentran las curvas de tiempo versus los valores obtenidos de los parámetros (dureza, trabajo de dureza terminado, deformación recuperable, y elasticidad) para cada muestra de pan, determinando que los valores de los parámetros aumentan a medida que transcurre el tiempo, pero que son valores que indican un pan con menor envejecimiento y fresco. Lo que da la idea de que esta mezcla de mejorantes se podría utilizar para la elaboración de pan en rodajas almacenado en fundas adecuadas y que se expende por varios días.

En lo que se refiere a la retrogradación del almidón en el análisis realizado en el Mixolab se demostró que las mezclas de harinas mostraron

una retrogradación lenta lo que influye directamente en el tiempo de vida útil del pan, debido a la presencia de mejorantes en especial los emulsionantes que interaccionan con el almidón formando con restos de glucosa unos compuestos denominados clartratos que tienen una estructura en espiral y que impiden que el almidón sufra el cambio que se produce en el proceso de endurecimiento. **[Quaglia G., 1991]**

4.1.7. Análisis Microbiológico del Pan

La seguridad alimentaria es un aspecto prioritario que las industrias alimenticias deben cumplir en sus alimentos, ya que sus productos son dirigidos al consumo por ende se considera que las panaderías deben poner en el mercado productos seguros para el consumidor. **[Tejero F., 2005c]**

Por todo ello, las panaderías al igual que el resto de industrias, deben adaptar sus condiciones de producción a la implantación de sistemas eficaces de autocontrol que garanticen la seguridad de los alimentos que elaboran. Por ende se debe realizar un análisis microbiológico con el que se determina la calidad microbiológica del producto, es decir, si se halla contaminación ya sea de las materias primas (harina), o durante los procesos de elaboración. Las siembras se realizaron mediante recuento en placa siguiendo los métodos establecidos por las normas INEN 1529-7, INEN 1529-5 e INEN1529-10.

Así en la Tabla D-1.1., se establece los recuentos microbiológicos realizados durante 3 días para el pan con sustitución parcial del 20% de harina de papa con tratamiento a1b2 (*100 ppm ácido ascórbico + 250 ppm estearoil 2-lactilato de sodio + 30 ppm azodicarbonamida + 75 ppm alfa-amilasa + 200 ppm glucosa oxidasa*). En la Tabla D-1.2., se detalla los criterios microbiológicos para pan que establece la NTE INEN 616: 2006 mediante los cuales se determinan si los niveles de contaminación del pan con mejorantes (a1b2) se encuentra dentro de límites máximos establecidos.

4.1.7.1. Aerobios mesófilos

En la Tabla D-1.1., se observa crecimiento microbiano, así en el primer recuento se tiene $8 \cdot 10^3$ ufc/g, en el segundo recuento es de $28 \cdot 10^3$ ufc/g y en el último recuento es de $23 \cdot 10^2$ ufc /g, valores que se encuentran dentro de los límites máximos establecidos por la NTE INEN 616:2006 ya que se acepta una contaminación de aerobios mesófilos hasta 100000 ufc/g.

La presencia de aerobios mesófilos se da por contaminación fuera del proceso de elaboración del pan, ya que la temperatura de horneado (180°C) permite eliminar cualquier tipo de microorganismos, se considera como medios de contaminación el aire que circula durante el enfriamiento del pan, manipulación del pan durante la siembra microbiológica. Para lo cual se recomienda aplicar BPM (*Buenas Prácticas de Manufactura*).

4.1.7.2. Coliformes totales

En la Tabla D-1.1, se establece ausencia de Coliformes totales en pan con mejorantes (a1b2) encontrándose dentro de lo establecido por la NTE INEN 616:2006, la misma que indica que la existencia de Coliformes totales en pan debe ser ausente. Una contaminación de coliformes totales indicaría falta de sanidad en el personal que lo manipula, por eso en las panaderías el uso de guantes debería ser obligatorio.

4.1.7.3. Mohos y levaduras

En la Tabla D-1.1, se observa los ensayos microbiológicos para mohos y levaduras obteniendo como resultado, la inexistencia de dichos microorganismos, cumpliendo con lo establecido por la NTE INEN 616:2006 la misma que establece aceptar una contaminación de mohos y levaduras hasta 500 ufc/g.

4.1.8. Análisis Nutricional del Pan

El pan es un alimento ampliamente difundido. Sin embargo no es completo desde el punto de vista nutricional porque no contiene, en cantidad suficiente, todos los componentes en especial minerales y aminoácidos esenciales para la síntesis proteica. Así, es que las mezclas con otros cereales, leguminosas o tubérculos permiten cubrir estas falencias, de esta manera se realizaron los siguientes análisis: bromatológico, minerales y aminoácidos en pan elaborado con harina de trigo importado CWRS #1 y pan con mejorantes: 100 ppm ácido ascórbico + 250 ppm estearil 2-lactilato de sodio + 30 ppm azodicarbonamida + 75 ppm alfa-amilasa + 200 ppm glucosa oxidasa, realizando una breve comparación de sus componentes.

4.1.8.1. Análisis Bromatológico

En la Tabla D-2.1, se expone el análisis bromatológico de pan con harina de trigo importado CWRS #1 y pan con el mejor tratamiento (a1b2), los componentes principales determinados son: cenizas, fibra, proteína, grasa carbohidratos y la energía calórica producida por cada 100 gramos de pan.

En cuanto al contenido de ceniza para la muestra de pan de harina de trigo importado CWRS # 1 es 2,09 % y para el pan con mejorantes es 2,82 %, esta diferencia se debe a que la papa es rica en elementos inorgánicos como potasio, fosforo, magnesio, calcio por lo que se diferencia del pan con harina de trigo importado CWRS # 1 ya que esta es harina blanca es decir libre de salvado que es el que contiene elementos inorgánicos antes mencionados.

Además, el contenido de ceniza es directamente proporcional con la cantidad de partículas de salvado es decir mientras mayor es esta cantidad de salvado mayor es el contenido de ceniza, y por otra parte también se podría atribuir por el grado de impurezas presentes en las harinas. La mayor

parte de las sustancias inorgánicas del trigo se encuentran en el salvado y en la capa aleurónica y su cantidad oscila entre el 1,5 y el 2%. Entre los elementos inorgánicos sobresalen el fósforo, potasio, magnesio, calcio, azufre, hierro y galio. **[Quaglia G., 1991]**

En lo referente al contenido de fibra para el pan con harina de trigo importado CWRS #1 es 1,41%, y para pan con mejorantes (a1b2) es 1,89%, su porcentaje al ser menor al 3% de fibra/100 g se consideran que no son fuente de fibra establecido por el CODEX Alimentarius, esto se debe a que la harina de papa por su naturaleza no es buena fuente de fibra ya que ésta se concentra en su cáscara, por otro lado la harina de trigo es harina blanca es decir que no es rica en fibra ya que una parte de los nutrientes y de la fibra dietaria se pierde con el salvado y el germen. **[Buss y col., 1985]**

El contenido de proteína para el pan con harina de trigo importado CWRS # 1 es 12,17% y el pan con mejorantes (a1b2) presenta un valor de 11,06%, esta variación se debe a que la papa no es una buena fuente de proteína por lo que al utilizar como sustituto de la harina de trigo que es rico en proteínas se produce un breve descenso del contenido de proteína. El valor proteico de un alimento corresponde a su capacidad para satisfacer las necesidades del consumidor en nitrógeno y aminoácidos y asegurar así un crecimiento y mantenimiento convenientes. Esto depende del contenido y calidad de las proteínas. **[Cheftel col., 1989]**

El contenido de grasa para pan con harina de trigo importado CWRS # 1 es 12,59 % y para pan con mejorantes (a1b2) es 11,87 % siendo estos valores similares, este contenido va de acuerdo al porcentaje añadido de materia grasa a la masa para la elaboración del pan, ya que en harinas este porcentaje es relativamente bajo así la harina de trigo presenta 1,54 % y para la harina de papa es 0,90 % **[Proyecto PHPPF, 2009]**. Por otra parte el contenido de carbohidratos para pan con harina de trigo importado CWRS # 1 es 71,74 % y para pan con mejorantes (a1b2) es 72,36 % indicando que ambas muestras de pan son buena fuente de nutrientes básicos como el

almidón que es la principal fuente de energía y fundamental en la dieta del ser humano.

La energía calórica de un producto alimentario es resultante de su composición bioquímica y de la composición fisiológica de sus componentes orgánicos mayoritarios (carbohidratos, lípidos y proteínas), así el pan con harina de trigo importado CWRS #1 aporta 448,95 kilo calorías y el pan con mejorantes (a1b2) aporta 440,51 kilo calorías esto por cada 100 gramos de pan, tomando en cuenta que el pan que se consume diariamente es de 60 gramos estaría aportando con más de las 250 kilo calorías, siendo una energía sumamente significativa para la dieta diaria del ser humano. El valor nutritivo, contribuyen a que los alimentos sean más apetecibles y de aspecto más agradable. **[Ordoñez y col., 1998]**

4.1.8.2. Análisis de Minerales

Se evaluó el contenido de minerales como: calcio, fósforo, magnesio, potasio, sodio, cobre y hierro, para las harinas utilizadas para la elaboración de pan y para el pan con harina de trigo importado CWRS #1 y pan con mejorantes (a1b2) como se aprecia en la Tabla D-2.2.

Los minerales además de su importancia fisiológica, participan en el sabor y activan o inhiben la catálisis enzimática y otras reacciones que influyen en la textura de los alimentos **[Alasino M., 2009]**. Los minerales evaluados como: calcio, fósforo, magnesio, potasio, sodio, son considerados macronutrientes esenciales que son necesarios en 100 mg/día y en el caso del cobre, hierro, manganeso y zinc son micronutrientes esenciales necesarios en cantidades no superiores a unos mg/día. **[Talentos de la vida, 2011]**

El contenido de minerales para harina de trigo importado CWRS # 1, harina papa, mezcla (harina CWRS 80%; harina de papa 20%) pan CWRS y pan con mejorantes (a1b2) se describen a continuación: para calcio para

todas las muestras es de 0,02 %, en cuanto al contenido de fósforo es 0,04 %; 0,09%, 0,04%, 0,03% y 0,04% respectivamente, el contenido de magnesio se presenta en los siguientes porcentajes: 0,4 %, 0,54%, 0,43%, 0,33% y 0,4% respectivamente. De la misma manera se presenta el contenido de potasio con 0,27 %, 1,88 %, 0,46%, 0,2% y 0,44%; el contenido de sodio es 0,01%, 0,39 %, 0,27%, 0,67% y 0,82%, respectivamente.

Los siguientes minerales como: cobre, hierro, manganeso y zinc son microelementos que están expresados en partes por millón (ppm) siendo valores muy bajos, pero muy esenciales en nuestro organismo, y que se encuentran presentes el pan cubriendo una pequeña parte de la ingesta diaria de minerales. **[Talentos de la vida, 2011]**

De la misma forma los porcentajes para harina de trigo importado CWRS # 1, harina papa, mezcla (harina CWRS 80%; harina de papa 20%) pan CWRS y pan con mejorantes (a1b2) se presentan respectivamente: contenido de zinc es 6 ppm, 10 ppm, 7 ppm, 4 ppm y 6 ppm; el contenido de hierro es 35 ppm, 125 ppm, 46 ppm, 74 ppm y 66 ppm; contenido de manganeso es 9 ppm, 8 ppm, 9 ppm, 9 ppm y 8 ppm; y contenido de zinc es 29 ppm, 79 ppm, 36 ppm, 37 ppm y 49 ppm.

Observando que tanto la harina de papa precocida es la que mejor contenido de minerales posee, lo que repercute en el aumento de minerales en el pan con mejorantes (a1b2) resultando este ser levemente mayor al contenido que presenta el pan con harina de trigo importado, cabe indicar que la ingesta diaria de estos minerales se complementa conjuntamente con otros alimentos como leche y sus derivados, carnes, vegetales, jugos de frutas, frutos secos, aceitunas, conservas, embutidos, jamón, tocino, pescados y mariscos. **[Talentos de la vida, 2011]**

4.1.8.3. Contenido de aminoácidos

La composición de aminoácidos presentes en pan con harina de trigo importado CWRS # 1 y pan con mejorantes (a1b2) se presenta en la Tabla D-3.1., identificando 17 aminoácidos de los 20 presentes en las proteínas expresados en gramos/100 gramos de harina en base seca como: ácido aspártico, treonina, serina, ácido glutámico, prolina, glicina, alanina, cistina, valina, metionina, isoleucina, leucina, tirosina, fenilalanina, histidina, lisina, arginina, triptófano, observando que los valores varían entre sí, siendo relevante el contenido de ácido aspártico en el pan con mejorantes (a1b2) que es de 0,74 g con respecto al pan con harina de trigo importado que es de 0,59 g.

Al utilizar harina de un solo cereal en la elaboración de pan, como sucede con el pan de trigo importado no es capaz de proveer todos los aminoácidos esenciales necesarios para un apropiado desarrollo, ya que es deficiente en algunos aminoácidos esenciales, como por ejemplo la lisina.

Para mejorar la calidad proteica de la dieta se puede recurrir a la combinación de cereales, leguminosas, ya que ambas proteínas se complementan. La papa posee altos contenidos de almidón y de proteína cruda con alto valor biológico (ya que son ricas en leucina e isoleucina) y ácido ascórbico. En base seca, estos valores aumentan a 75,30% de almidón y 7,94% de proteína. **[Pérez E. y col., 2007]**

La composición de aminoácidos presentes en pan con harina de trigo importado CWRS #1 y pan con mejorantes (a1b2) expresados en gramos/100 gramos de proteína se describe en la Tabla D-3.2. La función principal de las proteínas presentes en los alimentos es aportar el nitrógeno y los aminoácidos necesarios para la síntesis de las proteínas corporales y las demás sustancias nitrogenadas. **[Cheftel y col., 1989]**

Además, se observa que existen pequeñas diferencias en la composición de las diversas fracciones, el elevado contenido de ácido glutámico y de prolina son claramente evidentes, para pan con harina de trigo importado CWRS #1 (35,57 g y 9,71 g) y pan con mejorantes a1b2 (34,78 g y 7,26 g) respectivamente, y el bajo contenido de lisina e histidina para pan con harina de trigo importado CWRS #1 (1,90 g y 2,38 g) y pan con mejorantes a1b2 (2,34 g y 2,84 g) respectivamente, resulta en el bajo carácter iónico de las proteínas del gluten, estas son características distintivas de todas las proteínas del gluten; aproximadamente uno de cada tres residuos de aminoácidos es glutamina, y aproximadamente uno de cada siete residuos es prolina. **[Alasino M., 2009]**

La composición de aminoácidos en el gluten, no sólo pone en evidencia las características tecnológicas de la harina, sino también permite determinar el valor biológico de la misma. La composición en aminoácidos de la fracción proteica muestra notables diferencias: la gliadina resulta muy pobre en algunos aminoácidos esenciales, como la lisina y la metionina que son aminoácidos limitantes, la glutenina presenta un contenido más elevado de estos aminoácidos **[Alasino M., 2009]**. La metionina que presenta valores de 1,63 g/ 100 g proteína para el pan con harina de trigo importado CWRS #1 y 1,67 g para el pan con mejorantes (a1b2).

También se observa un mayor contenido de prolina en la muestra de pan con harina de trigo importado CWRS #1 es 9,71% y en el pan con mejorantes (a1b2) es 7,26% este aminoácido favorece a la formación de estructuras similares a la red de gluten y para que establezcan las interacciones hidrofóbicas entre las cadenas de proteínas, necesarias para la producción de pan. Por otra parte en cuanto al contenido de cistina se observa para el pan con harina de trigo importado CWRS # 1 es 2,10% y para el pan con mejorantes (a1b2) es 1,42%, ya que este aminoácido es importante pues aporta con enlaces sulfhidrilo y disulfuro los mismos que mejoran la reología de las masas panarias. **[Alasino M., 2009]**

Por último, se deduce que algunos aminoácidos esenciales como lisina, metionina y triptófano se encuentran presentes en cantidades relativamente bajas, lo que resulta una menor calidad nutricional para estas proteínas en comparación con proteínas de alto valor biológico como las de la leche, huevo y carnes **[Alasino M., 2009]**. En cuanto al resto de aminoácidos se encuentran en niveles superiores al 2%, indicando que conjuntamente con la ingesta de otros alimentos se complementa los aminoácidos esenciales requeridos por el organismo.

En la Tabla D-3.3, se presenta el perfil de aminoácidos esenciales expresados en gramos/100 gramos de proteína, para pan con harina de trigo importado CWRS #1 y pan con mejorantes (a1b2) comparados con el patrón de aminoácidos requeridos para niños >1 y adultos formulado por el Institute of Medicine, National Academy of Science.

Se observa que la mayoría de los aminoácidos esenciales se encuentran dentro del patrón propuesto por el Institute of Medicine, National Academy of Science, excepto de la lisina y el triptófano que son aminoácidos que se presentan en cantidades inferiores en ambas muestra, para pan con harina de trigo importado (1,90 % y 0,61%) y pan con mejorantes a1b2 (2,34 % y 0,92 %) respectivamente, siendo este último que presentan mayor absorción de la lisina y triptófano.

Las proteínas de la papa incluyen albúminas, globulinas, prolaminas y glutelinas; la principal proteína es una globulina, la tuberina, y corresponde al 70% del total de proteínas. El resto lo comprende la tuberinina y otras proteínas que incluyen: glicoproteínas (patatina y lectinas en la pared celular), metaloproteínas, fosfoproteínas y núcleo proteínas. La tuberinina contiene todos los aminoácidos esenciales en los niveles adecuados, excepto metionina. **[Pérez E., 2007]**

En el perfil de aminoácidos, que muestra el Gráfico B-7.1, se traza los límites necesarios para suplir las necesidades de aminoácidos, comparando

el pan con harina de trigo importado CWRS #1 y pan con mejorantes (a1b2), observando que los aminoácidos esenciales fenilalanina + tirosina duplican los requerimientos establecidos por Institute of Medicine, National Academy of Science mientras que se denota una falta del aminoácido lisina para cubrir lo requerido.

En la Tabla D-3.4, se muestran los aminoácidos esenciales deficitarios y aminoácidos limitantes tanto del pan con harina de trigo importado CWRS #1 y pan con mejorantes (a1b2), determinado que el aminoácido limitante es la lisina en ambas muestras de pan, para el pan con harina de trigo importado CWRS #1 es 37,27 % y para el pan con mejorantes (a1b2) es 45,79 %, mientras que como aminoácido deficitario para la muestra con harina de trigo importado CWRS #1 es la treonina con 93,03% y el triptófano con 87,29%, mientras que en la muestra de pan con mejorantes (a1b2) no existe aminoácido limitante.

En el pan con mejorantes (a1b2), existe un buen porcentaje de aminoácidos esenciales mayor al 100% de requerimiento, pero se aprovecha el 45,79% total de aminoácidos, debido a que el aminoácido lisina limita su ingesta total, este porcentaje es mayor al que presenta el pan con harina de trigo importado CWRS #1 que es 37,27 %. Si dos proteínas se ven limitadas en su acción por el mismo aminoácido, el valor biológico de una mezcla, a partes iguales de ambas, es la media de sus valores biológicos por separado. Si cada una de ellas tiene un aminoácido distinto, entonces la restricción de una de ellas es suplida en parte por la otra proteína, es decir existe complementación proteica. **[Bender A., 1977]**

Puesto que los aminoácidos ingeridos en exceso no pueden ser almacenados de ningún modo en el organismo, la máxima eficiencia se consigue cuando se aportan todos los aminoácidos en las proporciones adecuadas a un mismo tiempo. Por lo tanto el mezclar diversas fuentes de proteínas alimenticias tiene un fundamento fisiológico, los aminoácidos presentes en las proteínas de la dieta no están siempre disponibles en forma

total, porque la digestión de la proteína o la absorción de los aminoácidos pueden ser incompletas, por lo que se recomienda complementar con los aminoácidos de las proteínas animales. [Alasino M., 2009]

4.1.9. Análisis económico de la elaboración de pan con mejorantes

Con el fin de conocer la factibilidad de implementar la tecnología de obtención de harina de papa destinada a la elaboración de pan utilizando enzimas, aditivos y emulsificantes, se propuso realizar un análisis económico sobre la tecnología de obtención de pan a escala de laboratorio.

Los detalles del análisis económico sobre la tecnología para la elaboración de pan diario se encuentran en el ANEXO A-7 (Tabla A-7.1. a Tabla A-7.8.)

El análisis económico se realizó en base al mejor tratamiento, es decir mezcla de harina de papa 20% y harina de trigo importado 80 % con mejorantes como: 75 ppm de alfa-amilasa; 200 ppm de glucosa oxidasa; 100 ppm ácido ascórbico; 30 ppm azodicarbonamida; 250 ppm estearoil 2-lactilato de sodio. A continuación se detalla el análisis de costos para este tratamiento sobre una base de 100 kg de harina (2 sacos de 50 Kg). Y a partir de la siguiente formulación básica para pan: Harina 100%, manteca 15%, sal 2%, azúcar 10 %, levadura 4% y agua > 50%

Detalle del estudio económico realizado:

Ingresan: 187,1 kg de mezcla

Se obtiene: 3118 panes de 60 gramos y se venden a razón de 7 centavos la unidad.

El costo unitario del pan es de 7 centavos, y en el mercado nacional es de 12 centavos, debido al alza en el costo de la harina de trigo importado. Indicando que existe una utilidad de 1 centavo por pan y una utilidad total de 46,30 dólares diarios.

En definitiva la tecnología de producción de pan empleando harina de papa y harina de trigo importado en una proporción 20:80 con mejorantes panarios, es recomendable, considerando que la formulación utilizada se emplean los ingredientes básicos, al momento de manejar materias primas (margarina, huevos, leche, chocolate, etc) por tanto aumenta el precio de cada pan y por ende su utilidad, dando lugar a un pan de buena calidad y mejores características sensoriales, de esta manera se contrarresta la sobreproducción de papa nacional que sufre el país.

4.1.10. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Mediante el análisis estadístico realizado a través del Diseño Factorial A*B se obtuvo la Razón de Varianza para cada parámetro del análisis en el Farinógrafo Brabender, Mixolab Chopin y características externas del pan.

En la Tabla C-5.1., se muestra con mayor detalle la verificación de hipótesis.

Para rechazar H_0 (Hipótesis nula) al 5% de significancia, la Razón de Varianza está sujeta a la siguiente regla de decisión: los valores de probabilidad deben ser menor que 0,05. O a su vez $F_{\text{calculado}} > F_{\text{tablas}}$.

La Tabla C-5.1. , presenta los valores de la probabilidad y F_{tablas} para cada parámetro, a un nivel de confianza del 95%. Determinando lo siguiente:

Se **acepta** H_0 y se rechaza la hipótesis alternativa para los parámetros tiempo de desarrollo, índice de tolerancia, desarrollo de la masa, gelatinización del almidón, peso, diámetro y altura: La aplicación de diferentes concentraciones (ppm) de glucoxidasas y alfa-amilasas produce efectos iguales en la calidad del pan de papa.

$$H_0: T_1 = T_2 = \dots = T_n$$

Se rechaza H_0 y **se acepta** la hipótesis alternativa para los parámetros estabilidad, debilitamiento de proteínas, actividad amilásica, retrogradación del almidón y volumen: La aplicación de diferentes concentraciones (ppm) de glucoxidasas y alfa-amilasas produce efectos diferentes en la calidad del pan de papa.

Hi: $T_1 \neq T_2 \neq \dots \neq T_n$

Por lo tanto, se acepta esta hipótesis ya que se comprobó con la elaboración de pan, mostrando características diferentes los panes de los tratamientos. Muestra de ello, resultaron ser los tratamientos a1b2, a1b0, a0b1, a0b2, a2b0, a2b1, a0b0, a1b1 seleccionando el tratamiento con las características reológicas similares a la muestra testigo: harina de trigo importado CWRS #1 correspondientes al tratamiento a1b2 con mejorantes como: 75 ppm de alfa-amilasa; 200 ppm de glucosa oxidasa; 100 ppm ácido ascórbico; 30 ppm azodicarbonamida y 250 ppm estearil 2-lactilato de sodio.

Además, para mayor eficacia estos resultados fueron corroborados mediante análisis en el alveógrafo sobre el comportamiento reológico de las mezclas de harinas (80% harina de trigo importado; 20% harina de papa) con mejorantes.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se estudió el efecto de la adición glucoxidasas y alfa-amilasas en nueve mezclas de harinas (80% harina de trigo importado; 20 % harina de papa nacional) con diferentes concentraciones, glucoxidasas: 100, 150 y 200 ppm y alfa – amilasas: 50, 75 y 100 ppm, además se utilizó mejoradores en concentraciones fijas como: 100 ppm de ácido ascórbico, 250 ppm de esteaoril 2-lactilato de sodio, y 30 ppm de azodicarbonamida, en la elaboración de pan.
- Se realizó análisis reológicos en el farinógrafo Brabender, determinando que la adición de mejoradores en la mezcla pura (80% harina de trigo importado; 20 % harina de papa nacional) permitió incrementar los parámetros farinográficos, sobre todo la estabilidad con valores entre 3,40 - 4,43 minutos, calificándolas como una harina de calidad discreta, por sus características panificables se estableció que los procesos de amasado y fermentación deben ser cortos y controlados. En el análisis en el Mixolab Standard las mezclas de harinas tratadas con mejorantes presentaron un mejoramiento en el debilitamiento de las proteínas,

mayor gelatinización y actividad amilásica, y una retrogradación más lenta. Los parámetros alveográficos para la harina de trigo importado, la mezcla pura y la muestra con mejorantes (a1b2) registraron valores de fuerza (W) > $201 \cdot 10^{-4}$ J, y un equilibrio (P/L) >1 considerando como harinas más tenaces que extensibles, con la adición de mejoradores se logró disminuir la tenacidad en la muestra con mejorantes (a1b2), por lo tanto las condiciones de equilibrio se vieron mejoradas, por lo tanto estas muestras presentan aptitudes adecuadas para panificación, a pesar de la disminución de la calidad proteica en las mezclas de harinas.

- Se determinó la mejor concentración de oxidantes, enzimas y emulsificantes en la mezcla de harina (20% harina de papa; 80% harina de trigo importado) destinada a la elaboración de pan, mediante un análisis estadístico aplicando un diseño factorial A*B a través de ANOVA y Prueba de comparación múltiple de Tukey a un nivel de confianza del 95%, tomando como criterio aquellos tratamientos que presentaron características farinográficas afines con la muestra control (100% harina de trigo importado CWRs#1) en especial la estabilidad con tiempo de 4,43 minutos, resultando el tratamiento a1b2 con la mejor concentración de mejorantes, el mismo que contiene: 100 ppm de ácido ascórbico + 250 ppm de esteoril 2-lactilato de sodio + 30 ppm de azodicarbonamida + 75 ppm de alfa-amilasa + 200 ppm de glucosa oxidasa.
- Se determinó la aceptabilidad del pan con mejorantes mediante análisis sensorial, evaluando atributos de calidad del pan de la muestra control (100% harina de trigo importado) y pan del tratamiento a1b2 (100 ppm ácido ascórbico + 250 ppm esteoril 2-lactilato de sodio + 30 ppm Azodicarbonamida + 75 ppm alfa-amilasa + 200 ppm glucosa oxidasa) indicando similitud en sus atributos por parte de los catadores mediante la prueba de Tukey a través de los valores medios se indica que no existe diferencia significancia ($P < 0,05$)., ambas muestras presenta una apariencia buena, color dorado, sabor que agrada, textura para la muestra control ni dura/ ni suave y para el pan con mejorantes

(a1b2) suave dando como resultado una aceptabilidad agradable, lo que significa la aceptación de pan elaborado con harina de papa.

- Se comprobó el efecto de oxidantes (ácido ascórbico, azodicarbonamida), enzimas (alfa-amilasa, glucoxidasa) y emulsificante (esteaoril 2-lactilato de sodio) en las características organolépticas del pan, como consecuencia de la adición de oxidantes se tiene un pan con una miga blanca, corteza brillante, y textura agradable, en cuanto a las enzimas contribuyen a mejorar el volumen, textura, color y sabor, mientras que el emulsificante mejora el volumen, suavidad de la miga y mayor tiempo de vida útil del pan, además el color en el pan con la mejor concentración fue acentuado debido a las dextrinas producidas por la harina de papa precocida resultando más vistoso para el consumidor, dichos mejoradores lograron que las características de pan con mejorantes (a1b2) sean semejantes al pan con harina de trigo importado CWRS #1, creando la posibilidad de diversificar los productos de panificación.
- Se estimó el valor nutritivo del pan, mediante la evaluación bromatológica, minerales y aminoácidos de las muestras de pan con harina de trigo importado CWRS #1 y pan con mejorantes (a1b2) que contiene: 100 ppm ácido ascórbico + 250 ppm esteaoril lactilato de sodio + 30 ppm azodicarbonamida + 75 ppm alfa-amilasa + 200 ppm glucosa oxidasa, dando como resultado que la harina de papa precocida es rica en minerales y aminoácidos, incrementando levemente el contenido de minerales en el pan con mejorantes (a1b2), en relación al pan con harina de trigo importado CWRS #1, además con el consumo de pan con mejorantes el organismo aprovecha el 45,79% de los aminoácidos esenciales, mientras que el pan con harina de trigo importado CWRS #1, se aprovecha el 37,27% por lo que se determina que las mezclas de cereales y tubérculos aumenta la síntesis de aminoácidos y otros componentes.

- Se elaboró el análisis económico de la “elaboración de pan de papa”, por lo que se obtuvo el precio del pan de 60 gramos es \$ 0,07, que resulta bajo al compararlo con el precio del mercado que es \$12,00, obteniendo una utilidad de \$ 46,30 por cada 100 Kg de harina, indicando que existe rentabilidad. Sin embargo, sí se enriquecería el sabor el pan sería más aceptable por el consumidor, y habría la necesidad de adquirir insumos enriquecedores para el pan, aumentando el costo de producción y al mismo tiempo su utilidad.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se sugiere desarrollar una tecnología adecuada para la industrialización de harina de papa cruda destinada a la elaboración de pan, y adaptables a la realidad nacional.
- Se recomienda realizar estudios para encontrar otros usos a la harina de papa, ya que no solo se puede emplear para la elaboración de pan, sino también en el uso de galletas o como parte de coladas nutritivas.
- Se recomienda realizar ensayos de textura y frescura para evaluar tiempos de vida útil, en la mezcla con adición de mejoradores panarios.
- Es necesario estudiar la utilización de otros tubérculos y raíces para fines panarios, considerando que en ciertos lugares de provincias están dedicadas a cultivos de tubérculos y raíces como la yuca (*Manihotesculenta C*), camote (*Ipomoea batatas*), oca (*Oxalis tuberosa*), mashua (*Tropaeolum tuberosum*) entre otras.
- Es importante que la industria molinera utilice mezclas de harinas de papa con el fin de reducir la importación de trigo, y de esta manera el precio del pan pueda mantenerse en equilibrio por mayor tiempo.
- En el caso de que las molineras decidan implementar una línea de producción de mezclas con harinas de tubérculos, es relevante implementar programas de capacitación para establecer acuerdos entre molineras y agricultores, de esta manera evitar pérdidas en ambas partes.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1. DATOS INFORMATIVOS

Título: “Desarrollo tecnológico para la elaboración de harina de papa cruda para uso en panificación”

Institución Ejecutora: Universidad Técnica de Ambato a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos (FCIAL) y Unidad Operativa de Investigación en Tecnología de Alimentos (UOITA).

Beneficiarios: Sector agrícola, Sector molinero, Panificadores del país.

Ubicación: Ambato – Ecuador

Tiempo estimado para la ejecución: 6 meses

Inicio: Julio 2011.

Final: Noviembre 2011.

Equipo técnico responsable: Egda. Marcela Pulloquina L. e Ing. María Rodríguez MSc.

Costo: \$ 2131,50

6.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

El trigo es el principal cereal demandado por la industria molinera en el país. Las importaciones abastecen el 96% de la demanda nacional, pues la producción interna tan solo logra cubrir el 4% del requerimiento total. Si bien cada año se importa una cantidad relativamente constante que llega a las 470 mil TM aproximadamente en el 2008, el valor cancelado por la importación fue casi el doble con respecto al 2007, esto se debe a que durante ese año se dio un incremento importante de los precios de los combustibles que repercutió en los precios de los insumos agrícolas y finalmente en los precios de los commodities. **[MAGAP., 2010]**

Por otra parte la sobreproducción de papa, han causado relevantes pérdidas económicas en los agricultores, por lo que es necesario contrarrestar esta sobreproducción y minimizar las importaciones de trigo mediante el desarrollo de la tecnología de elaboración de harina de papa cruda para uso en panificación, de esta manera se le da un valor agregado al pan común. Un estudio reciente de la FAO en más de 70 de los países más vulnerables del mundo revela que la inflación de los precios de la papa es muy inferior respecto a la de los cereales. **[MAGAP., 2010]**

En este estudio se ha determinado un kit de mejorantes panarios, para compensar las propiedades panificables de las mezclas de harinas, por tal motivo este kit sería una buena opción para utilizar en las mezclas con harina de papa cruda. La producción, consumo y utilización de los tubérculos en el país, mantiene una tendencia decreciente. Principalmente por la falta de demanda, desconocimiento del cultivo, políticas macroeconómicas, y migración interna.

En estudio reciente se ha demostrado que la elaboración de pan con sustitución parcial de harina de papa cruda resulta eficiente, determinando parámetros reológicos de las mezclas de harina de papa en una concentración 10, 20 y 30 % con harina de trigo importado obtenidos a

través del farinógrafo Brabender y mixolab profiler, se entiende a mayor sustitución de harina de papa las características reológicas de la masa disminuyen.

En mezclas 20% harina de papa y 80% harina de trigo importado, los parámetros farinográficos son: absorción de agua 63,2 %, tiempo de desarrollo es 2,5 minutos, estabilidad es 6 minutos, índice de tolerancia 40 UB, calificándole como una harina de buena calidad, estos resultados se corroboran con los valores de los índices establecidos por el mixolab profiler: absorción: 8, amasado: 3, gluten: 5, viscosidad: 7, amilosis: 7 y retrogradación un valor de 4. **[Paredes, M. y Lascano, A., 2011]**

Tomando en cuenta los resultados obtenidos de los parámetros reológicos, las harinas mixtas adecuadas para procesos de panificación encontradas son camote al 10%, papa al 20%, yuca al 10, 20 y 30% y zanahoria blanca al 10 y 20%, por lo que el desempeño encontrado por las harinas mixtas de raíces y tubérculos es mejor que el obtenido por las mezclas de harinas con sustitución de cereales nacionales (cebada, quinua y maíz al 10%, 20% y 30 %) diferentes al trigo, según la comparación de los parámetros encontrados en los análisis farinográficos realizados en otros estudios. **[Paredes, M. y Lascano, A., 2011]**

Es importante mencionar que a partir de la crisis financiera mundial del 2008, se emprendió la iniciativa de elaborar harina de papa, para afrontar el problema de las importaciones de trigo por el cual Ecuador y Bolivia al ser países productores de papa, se interesaron en reproducir el modelo de papapan aplicado en Perú, con el fin de sustituir a la de trigo, por lo que los estudios avanzan para respaldarnos de mejor manera. **[Benza G., 2008]**

Por tal motivo, es conveniente dar una propuesta en la que se estudie la sustitución de harina de papa cruda con harina de trigo importado, puesto que la harina de papa cruda podría dar mejores resultados que al emplearse

harina de papa pre-cocida, además al establecer esta tecnología se reducen los costos de producción de la harina de papa.

Si no se efectúa este estudio, no se lograría dar solución a las altas importaciones de trigo, por ende el costo de los productos de panificación y derivados subirían aún más, y por otra parte la sobreproducción de papa seguiría causando pérdidas económicas a los agricultores lo que conduce abandonar el cultivo de tubérculos. Y lo más importante perder la posibilidad de ofrecer al consumidor un pan con alto contenido de nutrientes como minerales.

6.3. JUSTIFICACIÓN

Hoy en día se ve que los precios de las harinas panaderas en Latinoamérica se mueven entre US\$ 33-43/saco harina de 50 kg, y se podría esperar que durante el 2011 estos precios sigan incrementándose al igual que el de otros ingredientes usados en la panificación. Los precios mundiales de los alimentos subieron a un nivel sin precedentes en diciembre del 2010, y hablando específicamente del trigo este ha subido más de US\$ 135/TM desde julio 2010. Es indudable que el poder conocer con cierta exactitud de qué manera variará su costo a lo largo del tiempo, se ha convertido en una gran preocupación no solo para el molinero, sino también para el panadero. **[Galdos M., 2011]**

Sin lugar a duda, los países emergentes son los más vulnerables a estas alzas en los precios de la harina, ya que estas inciden directamente en la inflación y el ingreso familiar. En Latinoamérica, particularmente, los sectores más pobres consumen más del doble de pan que los sectores acomodados. Durante el 2011 se tendrá que aprender a vivir con nuevos precios en las harinas panaderas, lo que sin duda será un problema para la mayoría de los mercados latinoamericanos que están acostumbrados a usar harinas de alta proteína (mayor precio) para la producción de pan como es el caso del Ecuador, esto debido al uso de procesos directos de panificación, lo

que aparte de ser más costoso para el panadero, penaliza la calidad final del pan. **[Galdos M., 2011]**

He ahí, que es conveniente desarrollar una tecnología adecuada para la elaboración de harina de papa cruda para sustituir parcialmente la harina de trigo, ya este es un tubérculo que en nuestro país presenta alta demanda, de esta manera minimizar las importaciones de trigo, dando la oportunidad de ofertar al consumidor ecuatoriano un pan nutritivo. Las papas son una buena fuente de potasio, fósforo, ácido ascórbico y otros nutrientes. Muchos de estos se concentran cerca de la superficie de la papa.

El país, al observar las costosas importaciones de trigo, se verá en la necesidad de adquirir harinas de baja proteína que resultan un más económicas, considerando que las mezclas (80 % harina de trigo importado; 20% harina de papa) son consideradas harinas débiles por su baja proteína, por lo que los profesionales se verían en la situación de dar solución a los costos de producción, recomendando el uso de procesos tradicionales de panificación (prefermentos) y tecnología enzimática la misma que se estudió en el presente trabajo de investigación, y los más importante mejorar la calidad del pan. **[Galdos M., 2011]**

Debido a que la harina de papa no contiene proteína de gluten, diluye el gluten de la harina de trigo. Esto, generalmente ocasiona una leve pérdida en el volumen del producto horneado. Para compensar este efecto no deseable, se utiliza la tecnología enzimática. **[Panera., 2009]**

Con este estudio se logrará resaltar este importante cultivo y producto alimentario, haciendo énfasis en sus atributos biológicos y nutritivos, y promover de esta manera su producción, elaboración, consumo y comercialización, permitiendo a los pequeños productores la papa se convierta con rapidez en valiosa fuente de ingresos monetarios, requisito indispensable para la seguridad alimentaria.

6.4. OBJETIVOS

6.4.1. General

- Desarrollar la tecnología para la elaboración de harina de papa cruda para uso en panificación.

6.4.2. Específicos

- Estudiar variedades de papas que sean rentables para una mayor obtención de harina.
- Determinar las propiedades reológicas de las mezclas usando el farinógrafo Brabender, mixolab Chopin y alveógrafo Chopin.
- Evaluar la calidad de las mezclas de harinas adicionando el kit de mejorantes, mediante ensayos de panificación.
- Establecer el mejor tratamiento que presente óptimas características reológicas de masas en mezclas con harina de papa cruda y trigo importado.
- Evaluar la aceptabilidad del pan mediante análisis sensorial.
- Realizar el estudio económico para la tecnología de elaboración de pan con sustitución parcial de harina de papa cruda.

6.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

El presente proyecto de investigación es de carácter tecnológico, debido a que contribuye a desarrollar una tecnología adecuada para la elaboración de harina de papa cruda de diferentes variedades, que se utiliza como sustituto parcial de harina de trigo y se destina al uso en panificación, además de poner a disposición esta tecnología.

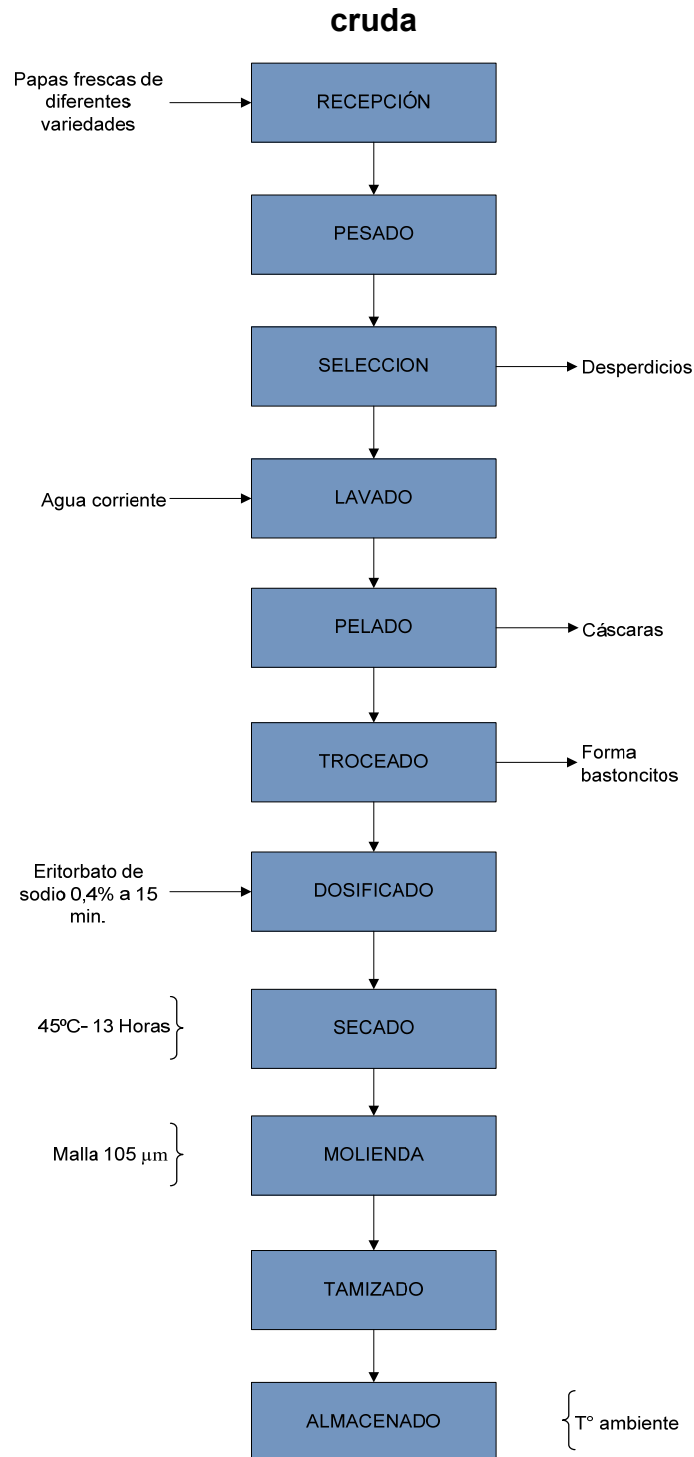
Para la factibilidad del proyecto se debe tomar en cuenta otro factor como el socio-económico, ya que este tema de investigación puede ser implementado por las industrias panificadoras, para diversificar los productos de panadería, y al mismo tiempo se favorecerán los pequeños y grandes productores de papa, lo que evitará pérdidas económicas evitando la sobreproducción de papa, para lo cual se analiza la posibilidad de la obtención de la materia prima como el trigo importado y papa de diferentes variedades, consideran los lugares con mayor producción de papa de excelente calidad.

Poniendo a disposición a los molineros tecnologías para fabricar harina de papa cruda proveniente de diferentes variedades, con el fin de realizar mezclas con harina de trigo y así minimizar las costosas importaciones considerando la calidad panera de estas mezclas. Por otra parte, se lograría contrarrestar la sobreproducción de papa evitando pérdidas económicas en los agricultores, y el abandono del cultivo, de esta manera se fomentaría fuentes de empleo, y la recuperación de cultivos andinos.

Para la factibilidad de este proyecto es imprescindible contar con: la ayuda técnica de personal capacitado, laboratorio que cuente con los equipos, materiales y reactivos tanto para la obtención de harina de papa y para la elaboración de pan como para la realización de los análisis reológicos en mezclas de harinas.

En el Gráfico 4, se detalla el flujograma para el proceso de obtención de harina a partir de papa cruda, y a continuación la descripción de las etapas del proceso:

GRÁFICO 6. Diagrama de flujo para la obtención de harina de papa cruda



Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

6.5.1. Descripción del proceso de obtención de la harina de papa cruda.

- **Recepción.-** Se adquiere la materia prima (papas) de diferentes muestras (variedades) para un análisis en el laboratorio y poder determinar la calidad de la materia prima.
- **Pesado.-** Se pesa la materia prima con el fin de determinar rendimientos, además de fijar la cantidad apta según la capacidad de los equipos.
- **Selección.-** La materia prima es clasificada de acuerdo a la características requeridas, además se rechaza papas con golpes, magulladuras o con contaminación.
- **Lavado.-** Las papas se lavan manualmente con agua corriente para eliminar impurezas como tierra y reducir la carga microbiana.
- **Pelado.-** Una vez lavado las papas, se realiza el proceso de pelado en un cilindro con paredes de material abrasivo hasta la eliminación su cáscara.
- **Troceado.-** Se trocea las papas en forma de bastoncitos, mientras menor es el trozo de papa más eficiente es el proceso de secado.
- **Dosificado.-** Los bastoncitos de papa se colocan en un tanque con solución de eritorbato de sodio como antioxidante en proporción del 0.4% (P/V) durante aproximadamente 15 minutos.
- **Secado.-** Las papas en bastoncitos fueron colocados en bandejas e introducidos en una cámara de secado durante 13 horas a una temperatura de 41°C para terminar con 45°C hasta llegar a un contenido de humedad apta para la molienda (12% de humedad).

- **Molienda.-** Este proceso se lleva a cabo utilizando un molino de discos, controlando la rotura para así evitar un sobrecalentamiento de la harina en el proceso de molienda.
- **Tamizado.-** Con este proceso se obtuvo harina con un tamaño de partícula de 105 µm. Los productos retenidos por el tamiz fueron sometidos nuevamente a una molienda hasta obtener una harina apta para panificación.
- **Almacenamiento.-** Una vez empacada la harina se etiqueta, y se almacena en condiciones adecuadas para evitar la alteración de las características del producto procesado.

A partir de la harina de papa cruda obtenida, se harán las mezclas de harinas y se trabajará con los métodos establecidos por las casas fabricantes y normas.

En la Tabla 7, se exponen los recursos económicos que se necesitarán para la realización del presente proyecto de investigación.

TABLA 7. Recursos económicos de la propuesta

RECURSOS	VALOR (\$)
RECURSOS HUMANOS	150,00
Tutor	
Graduando	500,00
RECURSOS MATERIALES	
Materias primas	400,00
Enzimas y mejorantes	250,00
Uso de equipos de laboratorio	450,00
Materiales de laboratorio	200,00
Materiales de oficina	80,00
OTROS	
Imprevistos (5%)	101,50
TOTAL	2131,50

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

6.6. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO-TÉCNICA

La papa es un tubérculo muy nutritivo, tiene alto contenido de carbohidratos, por lo cual son una buena fuente de energía, un contenido más elevado de proteínas (en torno al 2,1% del peso del producto fresco) de la familia de los cultivos de raíces y tubérculos, y sus proteínas son de una calidad razonablemente buena, ya que sus aminoácidos corresponden a las necesidades humanas. Además tienen abundante vitamina C: una papa mediana contiene cerca de la mitad de la ingesta diaria recomendada, y contienen una quinta parte del valor recomendado diario de potasio. **[FAOSTAT, 2008]**

A diferencia del arroz, el trigo y el maíz, la papa no participa en el comercio mundial y sus precios por lo general se determinan a través de la oferta y la demanda locales. Un estudio reciente de la FAO en más de 70 de los países más vulnerables del mundo revela que la inflación de los precios de la papa es muy inferior respecto a la de los cereales. Por lo tanto, es un cultivo muy recomendado para la seguridad alimentaria, que puede ayudar a los países de bajos ingresos a compensar los problemas causados por el aumento de los precios de los alimentos. **[Prakash A., 2008]**

Además de poderse comercializar en fresco, presenta una gran variedad de posibilidades para ser industrializada y obtener productos con valor agregado de gran aceptación por el consumidor en general. Aunque su uso no es generalizado, no son pocas las aplicaciones que tiene la papa en los productos panificables, así como el rol activo que juega como agente, en las investigaciones que se vienen haciendo respecto al almidón modificado. **[Reyes M., 2009]**

La papa ya forma parte importante del sistema alimentario mundial. Es el producto no cerealero número 1 y la producción alcanzó la cifra sin precedentes de 325 millones de toneladas en 2007. El consumo de papa se extiende vigorosamente en el mundo en desarrollo, que hoy produce más de

la mitad de la cosecha mundial, y donde la facilidad de cultivo y el gran contenido de energía de la papa la han convertido en valioso producto comercial para millones de agricultores.

A la vez, a diferencia de los principales cereales, sólo una parte del total de la producción de la papa entra en el comercio internacional y los precios por lo general se determinan por los costos locales de producción y no por las fluctuaciones del mercado mundial. Por lo tanto, es un cultivo muy recomendado para la seguridad alimentaria que puede ayudar a los agricultores de bajos ingresos y a los consumidores vulnerables a atravesar el momento de inestabilidad que experimentan hoy el suministro y la demanda mundial de alimentos. **[Prakash A., 2008]**

Si bien la mayor parte de las papas se consumen como vegetales, los panificadores en el mundo han venido añadiendo este vegetal a sus formulaciones con la finalidad de encontrar diferentes texturas que les permitan diferenciarse de los productos tradicionales. Los consumidores encontraron una sensación agradable al tacto con el paladar, al consumir productos como el “pan de papa”. Hoy en día uno puede encontrar en muchas panaderías una variedad de productos panificables muy deliciosos que han sido formulados con distintos tipos de granos y con hojuelas de papa deshidratada. **[Reyes M., 2009]**

Las papas son un alimento denso nutritivo. En su forma deshidratada, de productos de papa (harina, gránulos y hojuelas) encuentran muchas aplicaciones en los productos de alimentación. En estos alimentos, los productos de papa no solamente pueden reemplazar parte de la harina en la formulación, pero también tiene la tendencia a modificar la textura del producto, la cual usualmente se percibe como “más fresca”. **[Panera., 2009]**

La papa y sus derivados, son un gran aliado de la industria panificadora, los beneficios que otorga como aditivo (mejorar la textura del

producto final) o como un sustituto de la grasa (reduciendo las calorías de los productos), son solo ejemplos del verdadero rol que la papa puede tener.

Los almidones de papa encuentran una gama de aplicaciones en la industria alimenticia y están disponibles no solamente como almidón regular, sino también en sus presentaciones modificadas y pregelatinizadas. Como otras malto dextrinas producidas de cereal y de almidones de raíz, la maltodextrina de papa ha sido usada exitosamente en reemplazar parcialmente, y en algunos casos, toda la grasa en los alimentos de panificación con una reducción significativa en el conteo de calorías. **[Panera., 2009]**

Debido a que la harina de papa no contiene proteína de gluten, diluye el gluten de la harina de trigo. Esto, generalmente ocasiona una leve pérdida en el volumen del producto horneado. Para compensar este efecto no deseable, muchos panificadores usan una harina más fuerte para pan y rollos de papa, junto con los productos deshidratados de papa.

También hay una tendencia a reducir levemente la cantidad de azúcar que normalmente se adiciona a los productos formulados con papa. Esta reducción de azúcar ayuda a controlar el color de la cubierta del pan durante el horneado. Tradicionalmente, el pan de papa es horneado como un pan más ancho y ligeramente más corto comparado con el pan blanco del mismo peso. Esto hace que la proporción de la corteza respecto a la miga que se produce, sea menor y que éstas a su vez sean más húmedas. **[Panera., 2009]**

Porque las papas son relativamente fáciles de almacenar, son considerados como alimentos básicos en varios países, para la obtención de harina basta deshidratar la papa indicando que ya no es necesario cocinar las papas por adelantado durante el proceso de la elaboración de la masa del pan. **[Reyes M., 2009]**

6.7. METODOLOGÍA. Modelo Operativo

Para el “Desarrollo tecnológico de la harina de papa cruda para uso en panificación” se plantea el siguiente Plan de Acción como se observa en la Tabla 8, que percibe las siguientes etapas:

Tabla 8. Modelo Operativo de la propuesta (Plan de acción)

Fases	Metas	Actividades	Responsables	Recursos	Presupuesto	Tiempo
1. Formulación de la propuesta	Investigar tecnologías adecuadas para elaboración de harina de papa cruda.	Revisión bibliográfica	Investigadora	Humanos Materiales Económicos	\$ 100	1 Mes
2. Desarrollo preliminar de la propuesta	Cronograma de propuesta	Obtención de harinas de papa cruda. Determinar la calidad de las harinas obtenidas de diferentes variedades. Adición de mejorantes panarios establecidos.	Investigadora	Humanos Materiales Económicos	\$ 900	2 meses
3. Implementación de la propuesta	Ejecutar la propuesta	Caracterización reológica en mezclas (20% harina de papa; 80% harina de trigo importado) con mejorantes. Ensayos de panificación.	Investigadora	Humanos Materiales Económicos	\$ 1000	2 meses
4. Evaluación de la propuesta	Comprobar la aceptabilidad del producto final	Evaluación sensorial de pan. Interpretación de datos.	Investigadora	Humanos Materiales Económicos	\$ 131,5	1 mes

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

Para el cumplimiento de la metodología es importante tomar en cuenta:

6.7.1. Materiales directos e indirectos

- Papas de diferentes variedades
- Eritorbato de sodio (0,4 % p/p)

6.7.2. Equipos

- Pelador de papas
- Cortador
- Secador
- Molino de discos
- Tamices.

6.7.3. Análisis de calidad de harinas

Análisis farinográficos: está basado en el método ICC (International Association of Cereal Chemistry: ICC-Standard N0. 155).

Análisis en el Mixolab System: basado en el método ICC-Standard N0. 173).

Análisis alveográficos: establecido por el método ICC (International Association of Cereal Chemistry) No 121.

Caracterización del pan: mediante lo establecido por la NTE INEN 530: Harina de trigo. Ensayos de panificación.

Análisis Sensorial: la aceptación del producto será evaluada por una prueba sensorial discriminativa, utilizando una escala hedónica estructurada calificando atributos como: apariencia, color, sabor, textura y aceptabilidad a través de la hoja de catación correspondiente a pan.

6.8. ADMINISTRACIÓN

La administración de la propuesta, para la ejecución del proyecto antes mencionado, se realizará bajo el planteamiento de la Tabla 9:

Tabla 9. Administración de la Propuesta

Indicadores a mejorar	Situación actual	Resultados esperados	Actividades	Responsables
Características reológicas de masas de mezclas de harinas de papa cruda.	Elaboración de productos de panificación con harina 100 % trigo importado causada por el desconocimiento tecnológico para la industrialización de tubérculos.	Características reológicas de las masas de harinas buenas para panificación. Productos de panificación con excelentes características sensoriales. Contrarrestar la sobreproducción de papa, e incentivar el cultivo en sitios que lo han dejado de hacer.	Obtención de harina de papa cruda de diferentes variedades. Adición de enzimas y mejorantes. Caracterización reológica de masas de harinas Ensayos de panificación. Evaluación sensorial del pan.	Investigadora Coordinadora

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

6.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

La previsión de la evaluación plantea la toma de decisiones oportunas que permitan mantener la propuesta de solución, mejorarla, modificarla, suprimirla o sustituirla, la que se simplifica en la Tabla 10, así:

Tabla 10. Previsión de la Evaluación

PREGUNTAS BÁSICAS	EXPLICACIÓN
¿Quiénes solicitan evaluar?	Molineros del país Panificadores del país Comunidad científica
¿Por qué evaluar?	Escasa información sobre las características reológicas de mezclas de harinas de papa cruda y el efecto de enzimas y mejorantes. Diversificar la elaboración de productos de panificación a partir de estas mezclas. Darle el valor agregado a los productos de panificación.
¿Para qué evaluar?	Para determinar hasta qué porcentaje de sustitución en harina de trigo importado es factible reemplazar por harinas de papa cruda, y si resulta factible. Para determinar la factibilidad de sustituir parcialmente el harina de trigo importado por la harina de papa cruda.
¿Qué evaluar?	Tecnología utilizada Materias primas Efecto del uso de enzimas y mejorantes sobre las propiedades reológicas de mezclas de harinas de cereales y tubérculo con trigo importado. Características organolépticas de pan.
¿Quién evalúa?	Tutor de Investigación Consumidor final
¿Cuándo evaluar?	Terminado los análisis reológicos de las masas. Una vez elaborado el pan para la evaluación sensorial.
¿Cómo evaluar?	Obtención de datos reológicos de mezclas de harina de papa cruda. Mediante la Hoja de catación
¿Con qué evaluar?	Bibliografía relacionada al tema. Normas establecidas (AACC, INEN) Programas estadísticos (Statgraphics, Excel)

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

MATERIALES DE REFERENCIA

BIBLIOGRAFÍA

ALASINO, M. 2009. "Harina de arveja en la elaboración de pan. Estudio del efecto de emulsionantes como mejoradores de volumen y vida útil" Tesis de grado. Facultad de Ingeniería Química. Universidad Nacional del Litoral. Pág. 10-20, 33-46,76-81.

ANZALDÚA-MORALES, A. 1998. "Evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica". Editorial Acribia. Zaragoza-España. Pág.: 198.

BADUI DELGAR, S.; BOURGES RODRIGUEZ, H.; ANZALDÚA MORALES, A. 1999. "Proteínas". Capítulo 3 del libro Química de los Alimentos. Edit. Pearson. México.

BARBA, L. 1989. "Elaboración de pan con harina de yuca" Tesis de grado. Facultad de Ingeniería Química. Escuela Politécnica Nacional. Pág.: 83-90

BENDER, A. E. 1977. "Nutrición y alimentos dietéticos". Cap. 2 y 7. Segunda Edición. Publicado por Edit. Acribia. Zaragoza. España.

BENION, E. 1970. "Fabricación del Pan". Editorial Acribia. Zaragoza-España. Pág.: 70-76

BERNABÉ, C. 2009. "Influencia de los componentes de la harina en la panificación" Reportaje INDESPANSL Panorama Panadero Pág. 3-4

BUSS, D.; TYLER, H.; BARBER, S.; CRAWLEY, H. 1985. "Manual de Nutrición" Cap. 1-5 y 11. Edit. Acribia. Zaragoza. España.

CALAVERAS, J. 2004. "Tratado de panificación y bollería" Segunda Edición, Editorial ENESA, Madrid-España, Pág. 53-59, 89 -90, 174- 193.

CALUÑA, J. 2008. "Evaluación agronómica y productiva del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), variedad INIAP-gabriela a la aplicación de tres fertilizantes foliares en la parroquia San Lorenzo, Provincia Bolívar" Tesis de grado, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Estatal de Bolívar., Pág. 15-20

CASTELLI, E. 2002. "Ensayos comparativos del sustitutos de bromato de potasio para su uso en panificación" Universidad del Centro Educativo latinoamericano Rosario Argentina. Invenio volumen 5 número 008., Pág. 133-140.

CASTRO, E. 2007. "Parámetros mecánicos y textura de los alimentos". Tesis de grado. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Departamento de Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química. Universidad de Chile. Pág.

CASPARI, E. W. 1977 "Avances en genética" academicpress pág. 2-6

CAUVAIN, S y YOUNG, L. 1998. "Fabricación del Pan". Editorial Acribia. Zaragoza-España. Pág. 60-69

DANA, O. 1987. "Manual de ciencia de los alimentos" Editorial Acribia. Zaragoza-España. Pág. 220

DE LA LLAVE, A. 2004. "Efecto de la adición de fibra soluble sobre las características fisicoquímicas y sensoriales en un producto de panificación". Tesis Licenciatura. Ingeniería de Alimentos. Departamento de Ingeniería Química y Alimentos, Escuela de Ingeniería, Universidad de las Américas Puebla. Mayo. Pág. 36-45

DI PRIETO, R. 2004. "Análisis Industrial de la harina de trigo". Revista Heladería Panadería Latinoamericana N.-165. Pág. 18-29.

FERRERAS, R. 2009. "Análisis reológico de las diferentes fracciones de harina obtenidas en la molienda del grano de trigo". Tesis de grado. Escuela Politécnica Superior De Zamora. Pág. 81-82, 97-101.

FRIEDMAN, H.; WHITNEY, J. y SZCZESNIAK, A., 1963. "The Texturometer: a new instrument for objective texture measurement". J. Food Sci. 28, 390-396.

GALVAN. M, RUBIO. C, FRÍAS. Y, y HARDISSON A. 2001. "Optimización Reológica de una harina utilizando proteasas". Revista Alimentación, Equipos y Tecnología. N.-163. Pág. 57-62.

GAMBAROTTA. L, 2005 "Caracterización de las fracciones de harina de trigo pan. Análisis de las propiedades físico-químicas y reológicas de las fracciones de harina de trigo pan obtenidas en el molino experimental" Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Belgrano. Pág. 200-210.

GARRIDO. G, GUTIERREZ. N, NUÑEZ. G, TUBIO. J y VALDERRAMA. G. 2002. "Optimización de las propiedades reológicas y fermentativas de la harina mediante la aplicación de enzimas de última generación".

Departamento de Control de Calidad de Harinera Vilafranca S.A.- Cádiz
Pág. 1-17.

GUÁMAN, D. 2009. "Investigación de las características tecnológicas de la harina en el mercado, y su influencia en los parámetros de control de calidad en la empresa Molinos Miraflores" Pág. 7-24

INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización). Normas Técnicas Ecuatorianas. Norma 530:1980. Harina de trigo. Ensayos de Panificación. Quito-Ecuador.

INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización). Normas Técnicas Ecuatorianas. Norma 616:2006. Harina de trigo. Requisitos. Quito-Ecuador.

JIMÉNEZ, R. 2009. "Estudio del Efecto de las Glucosidasas en los parámetros Farinográfico y Panificables de las Harinas Panificables en la industria "MOLINOS MIRAFLORES". Tesis de grado. FCIAL. UTA. Pág. 70-73

KENT, N, 1987. "Tecnología de Cereales". Editorial Acribia.S.A, Zaragoza. Pág. 140.

LASCANO, A. 2010. "Estudio reológico de mezclas de harinas de cereales: cebada (*Hordeum vulgare*), maíz (*Zea mays*), quinua (*Chenopodium quinoa*), trigo (*Triticum vulgare*) y tubérculo: papa (*Solanum tuberosum*) nacionales con trigo (*Triticum vulgare*) importado para orientar su uso en la elaboración de pan y pastas alimenticias" Tesis de grado. FCIAL. UTA. Pág. 70-73, 82-115.

MANUAL TEXTURE ANALYZER PRO CT3. 2011. Prueba de evaluación de textura basado AACC 74-10 A. Brookfield.

MONTALDO, A. 1984. "Cultivo y mejoramiento de la papa". Costa Rica. Pág. 15-25.

NOVOZYMES. 2003. "Ventas fuertes de la lipasa que fortalece la masa". Revista Biotimes. #4. Pág.: 10-11.

OFIAGRO. 2008. "Diagnóstico de la situación actual de la cadena agroalimentaria de la papa en el Ecuador". Pág. 9-30.

ORDOÑEZ, J. A.; CAMBERO, M. I.; FERNÁNDEZ, L.; GARCÍA, M. L.; GARCÍA DE FERNANDO, G.; DE LA HOZ, L.; SELGAS, M. D. 1998. "Tecnología de Alimentos". Vol. I. Cap. 2-6. Edit. Síntesis. Madrid.

OSORIO, H. 2004. "Estudio tecnológico de la utilización de harina de yuca en la panificación" Tesis de grado. Facultad de ingeniería agroindustrial. Universidad nacional de Colombia. Pág. : 65-70

PAZMIÑO. J, y SALAVARRÍA. 1982. "Evaluación de mezclas de Harinas de Trigo ecuatoriano e importado para Panificación", Tesis de Grado, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Pág. 6 – 26.

PYLER, E. 1988. "Efecto de la adición de diferentes niveles de ingredientes sobre la calidad en pan de dulce (bizcocho)" pag. 96

PÉREZ E, León A, Rosell C. 2007. "DE TALES HARINAS, TALES PANES: granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica" Raíces y tubérculos; edición literaria: Alberto Edel León y Cristina Rosell. - 1a ed. - Córdoba: Hugo Báez Editor. Pág. 363-402

PROYECTO PHPPF. 2009. "Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (maíz, quinua y cebada) y papas ecuatorianas como sustitutos parciales del trigo importado para la elaboración de pan y fideos". UTA-SENACYT.

QUAGLIA, G. 199). "El trigo". Capítulo 1 del libro "Ciencia y tecnología de la panificación". Publicado por Edit Acribia. Zaragoza. España.

SANCHEZ, H. D.; OSELLA, C. A.; DE LA TORRE, M. A. 200). "Optimization of Gluten – free bread prepared from cornstarch, rice flour and cassava starch". Journal of food science vol. 67, (1): 416-419.

RECALDE, H. RODRÍGUEZ, M. 2003. "Utilización de las enzimas α -amilasa y xilanasas con ácido L-ascórbico como mejoradores panarios" Tesis de Grado, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, UTA. Pág. 60

RED G. Y Thorn, J. A. (1964). "Enzymes. Wheat (Chemistry and Technology)". Editorial I. Hlynka Minnesota

RIBOTTA. P, PESSOA. P, TADINI. C, 2009. "Alternativas tecnológicas para la elaboración y la conservación de productos panificados". Editorial. Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales Primera edición: argentina Córdoba.

RICHARSON, A. 1987. "Tratado de molinería" Editorial Sintet. Barcelona-España. Pág. 140-155.

ROLLIN, E. 1962. "Tratado de panadería y pastelería". Editorial Sintet. Barcelona-España. Pág.: 38-39, 420-421.

RUBIO A, MACRITCHIE F, GANDIKOTA S, HOU G, 2005. "Relaciones de la composición proteínica y mediciones reológicas en masa con calidad panadera de harinas de trigo" Revista Fitotécnica Mexicana. Volumen 28 (3), pág. 243-251

SALTOS H., 1993, "Diseño Experimental". Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos". UTA. Ambato –Ecuador, Pág. 43-55.

SANDOVAL E, QUINTERO A, CUVELIER G, "Propiedades Viscoelásticas de masas de yuca reconstituidas" 2007 Pág. 137-141

SILVA C, GONZALEZ P, MARTINEZ I y ESCALONA H. 2000 “Comparación de las propiedades panificables de dos tipos de harinas de trigo” Ingeniería en Alimentos, Departamento PTI, ITESO A.C. pág. 2-3

VÁSQUEZ-LARA y col, 2009. “Propiedades reológicas y composición proteica: parámetros de calidad en harinas de líneas experimentales de trigo” Revista BIOTecnia, VOL. XI, NO. 2, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo pág. 1-8

WEBGRAFÍA

AÑO INTERNACIONAL DE LA PAPA. 2008. La planta. Disponible en: <http://www.potato2008.org/es/lapapa/index.html>

ATLAS MUNDIAL DE LA PAPA; FAOSTAT; WORLD POTATO CONGRESS; ARGENPAPA; INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRÍCOLAS. 2008a. “Asia y Oceanía”. Año Internacional de la Papa Información proporciona por Disponible en: <http://www.potato2008.org/es/mundo/asia.html>

ATLAS MUNDIAL DE LA PAPA; FAOSTAT; WORLD POTATO CONGRESS; ARGENPAPA; INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRÍCOLAS. 2008b. “América Latina”. Año Internacional de la Papa Información proporciona por Disponible en: Disponible en: http://www.potato2008.org/es/mundo/america_latina.html

BRUNO, R. 2005. “Birrefrgerancia”. Disponible en www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2002/mar-abr/Art.-5.pdf.2005

BENZA, G. 2008. Ecuador y Bolivia interesados en introducir papapan en sus países para enfrentar crisis financiera. Sierra Exportadora Andina agencia peruana de noticias. Disponible en: <http://www.andina.com.pe/Espanol/Noticia.aspx?id=7kP++XmdydU=>

CÁMARA DE AGRICULTURA DE LA 1RA ZONA. 2004. “La papa en el Ecuador”. Quito-ecuador. Disponible en: http://www.agroecuador.com/web/index.php?option=com_content&view=article&id=930:la-papa-en-ecuador&catid=137:papa&Itemid=88

CÁMARA DE AGRICULTURA DE LA 1RA ZONA. 2004. “La papa en el Ecuador”. Boletín informativo N° 13. Quito-ecuador. Disponible en: http://www.agroecuador.com/web/index.php?option=com_content&view=article&id=930:la-papa-en-ecuador

CONSULTORES CEREALISTAS S.A. 2007. “Alveógrafo”. Barcelona – España. Disponible en: <http://www.concereal.com/es/productos/alveografo.htm>

CLAIR, L. 2009. Mixolab: “Análisis completo de la harina”. Chopin technologies Laboratoire d’ Applications ALIM. Disponible en: www.granonews.com/descargas/Mixolab-System_ES.pdf

CODEX ALIMENTARIUS. 2003. “Documento debate para una definición, un método de análisis y condiciones del contenido de fibra dietética. Pág. 3.

DIARIO EL COMERCIO. 2011. “Acuerdan la subida de dos centavos en el precio del pan popular en Ecuador”. Disponible en <http://www.univisionsandiego.com/noticia/2011/01/10/225668-acuerdan-subida-dos-centavos-precio-pan-popular-ecuador.html>

DOBLES, C., ZÚÑIGA, M. Y GARCÍA, J. 1998. Investigación en educación: procesos, interacciones y construcciones. San José: EUNED. Disponible en: <http://www.cidse.itcr.ac.cr/revistamate/ContribucionesV4n22003/meza/pag1.html>

DOERRY, W. 2009. “La Papa en la Industria Panificadora. La Papa y los Productos Panificables (Parte I)”. Revista Panera N° 14. Ediciones S.A.C.

Lima - Perú. Pág. 13-17. Disponible en:
<http://peru.grupopanera.com/pages/visor-revistas.php?page=Rev-14>

[El trigo de Canadá. 2000. Disponible en:
www.authorstream.com/aSGuest37039-315075-EL-TRIGO-05-CANADA-can-Product-Training-Manuals-ppt-powerpoint/

FAOSTAT. 2008. “El mundo de la papa”. Año Internacional de la Papa. Disponible en: <http://www.potato2008.org/es/mundo/index.html>

GALDOS, M. 2011. “¿Se acabaron los precios bajos en las harinas?” Revista Panera N° 24. Ediciones S.A.C. Lima - Perú. Pág. 8. Disponible en: <http://peru.grupopanera.com>; <http://www.youblisher.com/p/103498-Revista-Panera-No-24/>

GRUPO LASEM, 2005. “Emulsionantes”. Disponible en:
<http://www.lasem.com/apliena/esp/productos.htm>

GRUPO MOLINERO. 2005. “Pruebas reologicas” Disponible en:
www.grupomoliner.com.ar/grupo_moliner_pruebas_reologicas.htm

GRUPO VILBO, 2004 “Mejoradores para Panificación”, España. Disponible en: http://www.alimentariaonline.com/imprimir_notas.asp?did=964

HARINAS ELIZONDO. 2002. “Harinas preguntas frecuentes”. Disponible en:
<http://www.harinaselizondo.com/servfaq.html>

INDUSTRIA ALIMENTICIA. 2010. “Reologia de Ajuste de Masas” Disponible en: http://www.industriaalimenticia.com/Archives_Davinci?article=1274

JARAMILLO, J. 2010. “Beneficios en la elaboración de pan de barra”. Disponible en: <http://www.alimentacion.enfasis.com/notas/17618-beneficios-la-elaboracion-pan-barra->

LALLEMAND BAKING UPDATE. 2001. "Enzimas". Volumen 1/Número 14. Disponible en: www.lallemandmexico.com/pdf/LBU-01-14.pdf

LALLEMAND BAKING UPDATE. 2009. "Calidad de las harinas. Cómo la Harina Afecta la Calidad del Pan" Volumen 1/Número 17. Disponible en: www.lallemandmexico.com/pdf/LBU-01-17.pdf

LALLEMAND BAKING UPDATE. 1996. "Estandarizando niveles de enzimas en harina" Volumen 1/Número 15 Pág. 1-2. Disponible en: www.lallemandmexico.com/pdf/LBU-01-15.pdf

LESSAFRE, 2008. "Análisis sensorial dar sentido a las creaciones". Baking Center de Lesaffre Internacional. Disponible en: <http://www.coupelouislesaffre.es/espacio-miembros/analisis-sensorial.html>

LÓPEZ X, "Enzimas mecanismo de acción y su evaluación" Granotec Disponible en: www.granolife.com.ar

LUGO B, 2010. "Hacer pan es un "Arte" o una "Ciencia"". Directora de la Escuela Latinoamericana de Molinería. Disponible en: <http://www.magazinedelpan.com/detalle.asp?Seccion=El+Pan+tiene+su+ciencia&id=285>

Manitoba agriculture and food. 2002. "Trigo". Disponible en: <http://www.gov.mb.ca/trade/globaltrade/agrifood/pdf/cta79s19.pdf>

Mejorantes Panarios. 2007. Disponible en: <http://www.foros.net/viewtopic.php?t=15525&mforum=Mundopadres>

MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA, PESCA Y ALIMENTOS ECUADOR. 2006. "Papa". Disponible en: <http://www.agroecuador.com/html/angendaInter/estcebollazanahoria/Papa.pdf>

MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA, ACUACULTURA Y PESCA. (MAGAP). 2008. "Principales productos de importación trigo". Disponible en: http://www.magap.gob.ec/sigagro/charts/comext_pp_importacion.htm

MIRANDA, R. 2004. "Actividad de las amilasas en panificación" Artículo Técnico. Pág. 4-6 Disponible en: <http://www.alfa-editores.com/alimentaria/NovDic%2004/TECNOLOGIA%20Amilasas%20en%20Panificac%20.pdf>

PRAKASH, A. 2008. La economía mundial de la papa. Año Internacional de la Papa. División de Comercio y Mercados de la FAO. Disponible en: <http://www.potato2008.org/es/lapapa/IYP-3es.pdf>

PANERA Revista. 2009a. "La industria panificadora en Ecuador". N°13. Panera Ediciones S.A.C. Lima-Perú. Págs: 8-12. Disponible en: <http://peru.grupopanera.com/pages/visor-revistas.php?page=Rev-13>

PANERA REVISTA. 2008. "Nueva técnica para medir la suavidad que aportan ciertos insumos en productos horneados". N°10. Panera Ediciones S.A.C. Lima-Perú. Pág. 6-7. Disponible en: www.panera.com.pe/revistas/Rev10/Rev10_6-7_Internacional1.pdf

PANERA REVISTA. 2009. "La papa en la industria panificadora. La papa y los productos panificables (Parte II)". N° 15. Panera Ediciones S.A.C. Lima-Perú. Pág. 18-20. Disponible en: <http://peru.grupopanera.com/pages/visor-revistas.php?page=Rev-15>

PANIFICADOS Y PRODUCTO DE CONFITERÍA, 2002. "Guía de aplicación de buenas prácticas de manufactura" obtenido de www.panificados.com

PANTANELLI A. 1996. "Parámetros Industriales de la Calidad del Trigo" Disponible en:

http://www.aaprotrigo.org/calidad%20panadera/parametros_industriales_calidad_trigo.htm

PAREDES, M. Y LASCANO, A. 2011. "Uso de raíces y tubérculos en la elaboración de productos de panificación". Il conferencia latinoamericana de cereales ICC 2011. Granotec Chile. Disponible en: <http://www.lacerealconference.com/index.php?varcont=slider&sw=1>

POPPER, L. 2005. "Enzimas: las mejores amigas de las harinas". Mühlenchemie GmbH & Co. KG. Alemania. Disponible en <http://www.muehlenchemie.de/downloads-expertenwissen/mc-enzyme-popper-esp.pdf>

PROKOP, S. 2008. Año Internacional de la Papa. "Las papas, la nutrición y la alimentación" disponible en: www.potato2008.org

PETRYK, N. 2002. "Entre papas y patatas". Disponible en: <http://www.alimentacionsana.com.ar/informaciones/chef/papas%20y%20patatas.htm>

RAN INDUSTRIAS QUÍMICAS, 2008 "Azodicarbonamida" disponible en: <http://www.ransa.com/panificacion/ingredientes1/azodicarb.htm>

REYES, M. 2009. "La Papa en la Industria Panificadora. La papa como aliado de la industria panificadora. El Potencial Alimenticio de la Papa". Revista Panera N° 14. Ediciones S.A.C. Lima-Perú. Pág. 11-12. Disponible en: <http://peru.grupopanera.com/pages/visor-revistas.php?page=Rev-14>

SICA. 2008. "Situación actual de la papa". Disponible en: <http://www.sica.gov>

Talentos para la vida. 2011. "Valor nutritivo de la papa. Mens sana incorpore sano". Disponible en: <http://www.talentosparalavida.com/nota151.asp>

TEJERO. F. 2005a. "El ácido ascórbico en las masas fermentadas". Molinería y Panadería. Disponible en: <http://www.franciscotejero.com/tecnica/mejorantes/acido%20ascorbico.htm>

TEJERO F. 2003. "Factores determinantes del color y alveolado del pan". Molinería y Panadería. Disponible en: <http://www.franciscotejero.com/tecnica/sistemas%20de%20produccion/alveolo.htm>

TEJERO F. 2002. "Factores que influyen en la fuerza de la masa". Molinería y Panadería. http://www.alimentariaonline.com/desplegar_notas.asp?did=908

TEJERO F. 2008a. "Las enzimas en los nuevos procesos de panificación". Molinería y Panadería. Pág. 18-23. Disponible en: www.franciscotejero.com/tecnica/mejorantes/ENZIMA.pdf

TEJERO F. 2005b. "La evolución de los mejorantes en las masas". Molinería y Panadería. Pág. 3-8 Disponible en: http://www.franciscotejero.com/tecnica/mejorantes/mejorantes_en_masas.htm

TEJERO F. 2008b. "Los mejorantes en panificación". Molinería y Panadería. Disponible en: <http://www.franciscotejero.com/tecnica/mejorantes/los%20mejorantes.htm>

TEJERO F. 2005c. "Manual de control de calidad en la panadería". Molinería y Panadería. Disponible en: <http://www.franciscotejero.com/tecnica/sistemas%20de%20produccion/Manual.htm>

VELÁSQUEZ. 2009. Panificación influencia de los ingredientes. Disponible en: www.granolife.com.ar

VILLEGAS, A. 2011. Determinaciones físicas en alimentos diámetro ensayos y documentos. Disponible en: <http://www.buenastareas.com/temas/determanciones-fisicas-en-alimentos-diametro/700>

ANEXOS

ANEXO A

RESULTADOS

TABLA 6. Detalle del diseño experimental y simbología

Tratamiento	Abreviaciones	Significado
Control	TI comercial	Harina de Trigo importado CWRS # 1
	Mezcla pura	Harina de Trigo importado CWRS # 1 (80%) + Harina de Papa nacional variedad Gabriela (20%)
1	a0b0	50 ppm de alfa-amilasa +100 ppm de glucosa oxidasa+ 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio.
2	a0b1	50 ppm de alfa-amilasa+ 150 ppm de glucosa oxidasa+ 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio.
3	a0b2	50 ppm de alfa-amilasa +200 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio.
4	a1b0	75 ppm de alfa-amilasa +100 ppm de glucosa oxidasa+ 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio.
5	a1b1	75 ppm de alfa-amilasa+ 150 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio.
6	a1b2	75 ppm de alfa-amilasa+ 200 ppm de glucosa oxidasa+ 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio
7	a2b0	100 ppm de alfa-amilasa + 100 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio.
8	a2b1	100 ppm de alfa-amilasa+ 150 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio.
9	a2b2	100 ppm de alfa-amilasa + 200 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio.

Elaborado: Marcela Pulloquina L, 2011

ANEXO A-1. Análisis Farinográficos

TABLA A-1.1. Resultados de los parámetros farinográficos de muestras puras y tratamientos con mejorantes.

Tratamientos	Humedad	Absorción de agua (%)		Tiempo de desarrollo (min)		Estabilidad (min)		Índice de Tolerancia (U.B)	
		Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2
TI comercial	12,750	65,00	65,00	4,50	4,70	7,50	7,80	70,00	71,00
Mezcla pura	12,100	71,60	71,60	1,70	1,80	2,50	2,70	105,00	104,00
a0b0	12,367	70,30	70,30	1,75	2,15	4,30	4,00	137,00	121,00
a0b1	12,267	70,00	70,00	1,65	2,10	4,25	3,90	101,00	116,00
a0b2	12,338	70,00	70,20	1,40	1,80	4,20	4,20	110,00	120,00
a1b0	12,405	70,00	69,80	2,20	1,95	3,40	3,40	119,00	118,00
a1b1	12,483	70,30	70,30	1,80	1,45	3,40	3,90	98,00	123,00
a1b2	12,120	69,60	69,60	1,60	1,80	4,45	4,40	100,00	120,00
a2b0	12,350	69,40	69,40	1,80	1,30	4,00	3,80	102,00	95,00
a2b1	12,321	69,30	69,20	1,35	2,00	4,00	3,60	110,00	110,00
a2b2	12,442	69,00	69,00	1,80	1,40	4,00	4,150	119,00	120,00

Fuente: Proyecto PHPPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

TABLA A-1.2. Promedios de los resultados de los parámetros farinográficos con diferencias significativas para tratamientos con mejorantes.

Tratamientos	Humedad	Absorción de agua	Tiempo de desarrollo	Estabilidad	Índice de Tolerancia
	(%)	%	(min)	(min)	(U.B)
a0b0	12,367	70,30	1,950 ^a	4,150 ^{ab}	129,000 ^a
a0b1	12,267	70,00	1,875 ^a	4,075 ^{ab}	108,500 ^a
a0b2	12,338	70,10	1,600 ^a	4,200 ^{ab}	115,000 ^a
a1b0	12,405	69,90	2,075 ^a	3,400 ^c	118,500 ^a
a1b1	12,483	70,30	1,625 ^a	3,650 ^{ab}	110,500 ^a
a1b2	12,120	69,60	1,700 ^a	4,425 ^a	110,000 ^a
a2b0	12,350	69,40	1,550 ^a	3,900 ^{ab}	98,500 ^a
a2b1	12,321	69,25	1,675 ^a	3,800 ^{ab}	110,000 ^a
a2b2	12,442	69,00	1,600 ^a	4,075 ^{ab}	119,500 ^a

Letras diferentes indican que hay diferencias significativas al nivel $P \leq 0.05$.

Fuente: Proyecto PHPPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

Tabla A-1.3. Comparación de resultados de farinografía de muestras 100 % puras y mejor tratamiento.

Tratamientos	Humedad	Absorción de agua	Tiempo de desarrollo	Estabilidad	Índice de Tolerancia
	(%)	%	(min)	(min)	(U.B)
Harina de trigo importado comercial	12,750	65,000 ^a	4,600 ^a	7,650 ^a	70,500 ^a
Harina de mezcla sin mejorantes	12,100	71,600 ^c	1,750 ^b	2,60 ^b	104,500 ^a
Mejor Tratamiento (a1b2)	12,120	69,600 ^b	1,700 ^b	4,425 ^c	110,000 ^a

Letras diferentes indican que hay diferencias significativas al nivel $P \leq 0.05$.

Fuente: Proyecto PHPPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

ANEXO A-2. Análisis del Mixolab

TABLA A-2.1. Resultados parámetros del mixolab para muestras puras y tratamientos con mejorantes

Tratamientos	Humedad	Absorción de agua (%)		Tiempo de desarrollo (min)		Estabilidad (min)		Índice de Tolerancia (U.B)	
		Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2
TI comercial	12,750	1,10	1,10	0,41	0,41	1,59	1,55	1,51	1,49
Mezcla pura	12,100	1,10	1,09	0,18	0,17	1,32	1,30	0,94	0,92
a0b0	12,367	1,08	1,11	0,16	0,17	0,68	0,67	0,52	0,52
a0b1	12,267	1,08	1,14	0,18	0,17	0,71	0,67	0,54	0,51
a0b2	12,338	1,13	1,12	0,19	0,19	0,71	0,71	0,56	0,53
a1b0	12,405	1,06	1,08	0,16	0,16	0,67	0,66	0,52	0,52
a1b1	12,483	1,10	1,15	0,17	0,16	0,70	0,66	0,53	0,54
a1b2	12,120	1,12	1,13	0,17	0,17	0,69	0,70	0,55	0,56
a2b0	12,350	1,11	1,13	0,15	0,16	0,67	0,66	0,50	0,51
a2b1	12,321	1,13	1,11	0,16	0,17	0,64	0,68	0,50	0,52
a2b2	12,442	1,08	1,11	0,16	0,17	0,69	0,69	0,53	0,54

Fuente: Proyecto PHPPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

TABLA A-2.2. Promedios de los resultados de mixolab con diferencias significativas para tratamientos con mejorantes.

Tratamientos	Desarrollo de la masa	Debilitamiento de la proteína	Gelatinización del almidón	Actividad amilásica	Retrogradación del almidón
	C1 Par (Nm)	C2 Par (Nm)	C3 Par (Nm)	C4 Par (Nm)	C5 Par (Nm)
a0b0	1,095 ^a	0,165 ^b	0,675 ^{ab}	0,520 ^{bc}	0,565 ^c
a0b1	1,110 ^a	0,175 ^{ab}	0,690 ^{ab}	0,525 ^{abc}	0,580 ^{bc}
a0b2	1,125 ^a	0,190 ^a	0,710 ^a	0,545 ^{ab}	0,635 ^a
a1b0	1,070 ^a	0,160 ^b	0,665 ^b	0,520 ^{bc}	0,625 ^{ab}
a1b1	1,125 ^a	0,165 ^b	0,680 ^{ab}	0,535 ^{abc}	0,630 ^{ab}
a1b2	1,125 ^a	0,170 ^{ab}	0,695 ^{ab}	0,555 ^a	0,630 ^{ab}
a2b0	1,120 ^a	0,155 ^b	0,695 ^b	0,505 ^c	0,570 ^c
a2b1	1,120 ^a	0,165 ^b	0,660 ^b	0,510 ^c	0,585 ^{abc}
a2b2	1,095 ^a	0,165 ^b	0,690 ^{ab}	0,535 ^{abc}	0,600 ^{abc}

Letras diferentes indican que hay diferencias significativas al nivel $P \leq 0.05$.

Fuente: Proyecto PHPPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

TABLA A-2.3. Comparación de resultados de mixolab de muestras 100 % puras y mejor tratamiento.

Tratamientos	Desarrollo de la masa	Debilitamiento de la proteína	Gelatinización del almidón	Actividad amilásica	Retrogradación del almidón
	C1 Par (Nm)	C2 Par (Nm)	C3 Par (Nm)	C4 Par (Nm)	C5 Par (Nm)
Harina de trigo importado comercial	1,100 ^{ab}	0,410 ^a	1,570 ^a	1,500 ^a	2,183 ^a
Harina de mezcla sin mejorantes	1,095 ^b	0,175 ^b	1,310 ^b	0,930 ^b	1,300 ^b
Mejor Tratamiento (a1b2)	1,125 ^a	0,170 ^b	0,695 ^c	0,555 ^c	0,630 ^c

Letras diferentes indican que hay diferencias significativas al nivel $P \leq 0.05$.

Fuente: Proyecto PHPPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

ANEXO A -3. Resultados de Análisis Alveográfico

TABLA A-3.1. Resultados del alveógrafo realizados con muestras 100% puras de harina y mejor tratamiento

CARACTERÍSTICAS	Harina de trigo Importado	Harina de mezcla sin mejorantes	Mejor tratamiento (a1b2)
TENACIDAD (P)	120	145	119
EXTENSIBILIDAD (L)	70	40	46
EQUILIBRIO (P/L)	1,71	3,63	2,59
FUERZA (W)	311	227	201

Fuente. Proyecto PHPPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

ANEXO A-4. CARACTERIZACIÓN DEL PAN

TABLA A-4.1. Resultados de características físicas del pan con muestras de harinas puras y tratamientos con mejorantes

Tratamientos	Peso (g)		Volumen (cm ³)		Diámetro (cm)		Altura (cm)	
	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2
TI comercial	50,60	50,90	238,00	240,00	8,56	8,60	5,58	5,49
Mezcla pura	51,00	51,50	136,50	140,00	7,48	7,56	3,66	3,60
a0b0	51,80	51,40	186,00	176,00	7,54	7,50	4,89	5,05
a0b1	52,60	51,50	169,00	179,00	7,43	8,28	4,97	4,29
a0b2	51,70	51,90	172,40	161,50	7,31	7,48	4,70	4,87
a1b0	52,50	51,90	178,00	182,50	7,69	8,14	4,84	4,41
a1b1	52,00	51,40	174,50	172,50	7,49	7,61	4,94	4,72
a1b2	51,60	52,00	195,00	200,50	7,66	7,83	4,80	5,29
a2b0	51,50	51,60	204,00	194,00	7,90	7,83	4,94	5,30
a2b1	52,00	51,10	194,00	204,50	7,86	7,95	4,93	5,38
a2b2	51,50	51,30	192,50	198,00	7,89	7,87	4,75	5,36

Fuente: Proyecto PHPPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquinga L, 2011.

TABLA A-4.2. Resultados de características físicas del pan de tratamientos con mejorantes.

Tratamientos aditivados	Peso	Diámetro	Altura	Volumen
	(g)	(cm)	(cm)	(cm ³)
a0b0	51,60 ^a	7,52 ^a	4,97 ^a	181,00 ^{bc}
a0b1	52,05 ^a	7,85 ^a	4,63 ^a	174,00 ^c
a0b2	51,80 ^a	7,40 ^a	4,78 ^a	166,95 ^c
a1b0	52,20 ^a	7,91 ^a	4,63 ^a	180,25 ^c
a1b1	51,70 ^a	7,55 ^a	4,83 ^a	173,50 ^c
a1b2	51,80 ^a	7,74 ^a	5,04 ^a	197,75 ^a
a2b0	51,55 ^a	7,86 ^a	5,12 ^a	199,00 ^a
a2b1	51,55 ^a	7,91 ^a	5,16 ^a	199,25 ^a
a2b2	51,40 ^a	7,88 ^a	5,05 ^a	195,25 ^{ab}

Letras diferentes indican que hay diferencias significativas al nivel $P \leq 0.05$.

Fuente. Proyecto PHPPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

TABLA A-4.3. Comparación de características físicas del pan de muestras 100% puras y mejor tratamiento.

Tratamientos	Peso	Diámetro	Altura	Volumen
	(g)	(cm)	(cm)	(cm ³)
Harina de trigo importado comercial	50,750 ^a	8,580 ^a	5,535 ^a	226,000 ^a
Harina de mezcla de sin mejorantes	52,350 ^b	7,520 ^c	3,630 ^b	139,500 ^c
Mejor Tratamiento (a1b2)	51,800 ^{ab}	7,745 ^b	5,045 ^a	197,750 ^b

Letras diferentes indican que hay diferencias significativas al nivel $P \leq 0.05$.

Fuente. Proyecto PHPPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

ANEXO A-5. RESULTADOS DE EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PAN

TABLA A-5.1 CARACTERÍSTICA: APARIENCIA

Catador	Control			Mejor tratamiento a1b2		
	Réplica 1	Réplica 2	Promedio	Réplica 1	Réplica 2	Promedio
1	4	4	4,0	4	4	4,0
2	4	5	4,5	4	5	4,5
3	5	3	4,0	4	4	4,0
4	4	5	4,5	4	4	4,0
5	3	4	3,5	3	4	3,5
6	3	3	3,0	4	3	3,5
7	3	4	3,5	4	3	3,5
8	3	4	3,5	5	4	4,5
9	5	5	5,0	4	3	3,5
10	5	5	5,0	5	4	4,5
11	5	4	4,5	4	4	4,0
12	4	5	4,5	5	3	4,0
13	4	4	4,0	4	3	3,5
14	3	5	4,0	5	3	4,0
15	4	4	4,0	4	4	4,0
16	4	3	3,5	3	4	3,5
17	3	4	3,5	4	5	4,5
18	3	4	3,5	4	3	3,5
19	4	4	4,0	5	4	4,5
20	5	4	4,5	4	5	4,5
21	3	4	3,5	4	4	4,0
22	3	5	4,0	4	4	4,0
23	4	5	4,5	5	4	4,5
24	4	5	4,5	5	4	4,5
25	3	4	3,5	5	3	4,0
26	4	5	4,5	5	3	4,0
27	4	4	4,0	4	4	4,0
28	5	3	4,0	3	4	3,5
29	4	5	4,5	4	4	4,0
30	5	4	4,5	4	4	4,0
31	3	4	3,5	5	4	4,5
32	3	4	3,5	4	5	4,5
33	4	5	4,5	5	4	4,5
34	4	4	4,0	3	5	4,0
35	4	2	3,0	3	4	3,5
36	3	3	3,0	4	4	4,0
37	5	3	4,0	4	4	4,0

(Continuación)

38	4	4	4,0	5	4	4,5
39	5	3	4,0	3	3	3,0
40	3	4	3,5	4	4	4,0
41	4	4	4,0	4	4	4,0
42	4	4	4,0	4	4	4,0
43	4	5	4,5	4	3	3,5
44	5	4	4,5	5	3	4,0
45	4	4	4,0	4	5	4,5
46	5	4	4,5	4	5	4,5
47	3	5	4,0	4	3	3,5
48	2	5	3,5	4	3	3,5
49	3	3	3,0	4	2	3,0
50	3	4	3,5	4	3	3,5
Promedio			3,97			3,97

Fuente: Proyecto PHPPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

Control: pan con harina de trigo 100% importado; **Tratamiento a1b2:** pan con mejorantes: 75 ppm alfa-amilasa + 200 ppm de glucoxidasa + 30 ppm azodicarbonamida + 250 esteaoril 2-lactilato de sodio + 100 ppm ácido ascórbico.

TABLA A-5.2. CARACTERÍSTICA: COLOR

Catador	Control			Mejor tratamiento a1b2		
	Réplica 1	Réplica 2	Promedio	Réplica 1	Réplica 2	Promedio
1	3	4	3,5	4	4	4,0
2	4	3	3,5	2	3	2,5
3	4	4	4,0	3	3	3,0
4	3	3	3,0	3	2	2,5
5	3	4	3,5	4	3	3,5
6	4	2	3,0	3	3	3,0
7	3	2	2,5	3	2	2,5
8	3	4	3,5	3	3	3,0
9	3	3	3,0	3	2	2,5
10	3	3	3,0	4	3	3,5
11	3	3	3,0	4	3	3,5
12	3	2	2,5	4	2	3,0
13	3	3	3,0	2	3	2,5
14	3	3	3,0	3	3	3,0
15	2	3	2,5	2	3	2,5
16	3	3	3,0	3	3	3,0
17	3	3	3,0	3	3	3,0
18	3	4	3,5	3	2	2,5
19	3	3	3,0	2	3	2,5
20	3	4	3,5	3	4	3,5
21	3	3	3,0	3	3	3,0
22	3	3	3,0	3	4	3,5
23	3	5	4,0	3	5	4,0
24	3	3	3,0	3	3	3,0
25	3	3	3,0	3	3	3,0
26	3	4	3,5	4	4	4,0
27	3	3	3,0	3	3	3,0
28	3	2	2,5	4	3	3,5
29	3	3	3,0	4	3	3,5
30	4	3	3,5	2	4	3,0
31	3	3	3,0	2	3	2,5
32	2	3	2,5	3	3	3,0
33	3	3	3,0	3	3	3,0
34	3	3	3,0	3	2	2,5
35	3	2	2,5	3	2	2,5
36	2	3	2,5	3	3	3,0
37	2	3	2,5	3	2	2,5
38	4	3	3,5	4	3	3,5
39	4	3	3,5	4	4	4,0

(Continuación)

40	2	4	3,0	3	3	3,0
41	4	3	3,5	2	2	2,0
42	4	4	4,0	3	3	3,0
43	2	3	2,5	2	3	2,5
44	3	4	3,5	2	3	2,5
45	3	2	2,5	2	2	2,0
46	3	3	3,0	3	3	3,0
47	3	5	4,0	4	5	4,5
48	3	4	3,5	4	5	4,5
49	3	3	3,0	4	2	3,0
50	2	3	2,5	2	2	2,0
Promedio			3,02			3,10

Fuente: Proyecto PHPPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

Control: pan con harina de trigo 100% importado; **Tratamiento a1b2:** pan con mejorantes: 75 ppm alfa-amilasa + 200 ppm de glucoxidasa + 30 ppm azodicarbonamida + 250 estearoil 2-lactilato de sodio + 100 ppm ácido ascórbico

TABLA A-5.3. CARACTERÍSTICA: SABOR

Catador	Control			Mejor tratamiento a1b2		
	Réplica 1	Réplica 2	Promedio	Réplica 1	Réplica 2	Promedio
1	4	3	3,5	4	3	3,5
2	5	4	4,5	3	4	3,5
3	5	5	5,0	4	4	4,0
4	5	5	5,0	5	5	5,0
5	5	5	5,0	3	3	3,0
6	4	2	3,0	5	3	4,0
7	5	3	4,0	3	4	3,5
8	2	3	2,5	5	4	4,5
9	5	5	5,0	4	3	3,5
10	5	4	4,5	4	3	3,5
11	3	3	3,0	4	3	3,5
12	4	5	4,5	5	5	5,0
13	5	4	4,5	5	4	4,5
14	5	5	5,0	5	4	4,5
15	4	5	4,5	5	5	5,0
16	5	3	4,0	4	3	3,5
17	1	2	1,5	5	4	4,5
18	5	2	3,5	4	4	4,0
19	4	3	3,5	4	5	4,5
20	5	4	4,5	4	4	4,0
21	3	4	3,5	5	5	5,0
22	5	5	5,0	3	4	3,5
23	3	5	4,0	4	5	4,5
24	5	4	4,5	5	4	4,5
25	4	5	4,5	4	4	4,0
26	4	5	4,5	5	5	5,0
27	4	5	4,5	4	4	4,0
28	5	4	4,5	4	3	3,5
29	5	5	5,0	4	3	3,5
30	1	4	2,5	5	5	5,0
31	4	4	4,0	5	4	4,5
32	5	5	5,0	5	4	4,5
33	5	5	5,0	5	5	5,0
34	5	4	4,5	5	3	4,0
35	5	3	4,0	5	3	4,0
36	2	2	2,0	4	5	4,5
37	4	3	3,5	4	5	4,5
38	5	4	4,5	3	4	3,5
39	4	1	2,5	4	5	4,5

(Continuación)

40	4	1	2,5	5	3	4,0
41	5	5	5,0	4	4	4,0
42	4	3	3,5	5	4	4,5
43	4	5	4,5	5	4	4,5
44	3	4	3,5	5	5	5,0
45	5	5	5,0	5	5	5,0
46	5	5	5,0	5	4	4,5
47	4	5	4,5	4	4	4,0
48	5	5	5,0	4	4	4,0
49	4	4	4,0	3	5	4,0
50	4	3	3,5	4	2	3,0
Promedio			4,08			4,18

Fuente: Proyecto PHPPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

Control: pan con harina de trigo 100% importado; Tratamiento a1b2: pan con mejorantes: 75 ppm alfa-amilasa + 200 ppm de glucoxidasa + 30 ppm azodicarbonamida + 250 esteaoril 2-lactilato de sodio + 100 ppm ácido ascórbico.

TABLA A-5.4. CARACTERÍSTICA: TEXTURA

Catador	Control			Mejor tratamiento a1b2		
	Réplica 1	Réplica 2	Promedio	Réplica 1	Réplica 2	Promedio
1	3	3	3,0	4	4	4,0
2	3	4	3,5	3	4	3,5
3	4	4	4,0	3	5	4,0
4	2	4	3,0	3	5	4,0
5	3	4	3,5	2	3	2,5
6	5	2	3,5	4	3	3,5
7	3	2	2,5	3	2	2,5
8	3	4	3,5	3	3	3,0
9	2	4	3,0	3	3	3,0
10	3	4	3,5	3	4	3,5
11	4	5	4,5	4	2	3,0
12	4	3	3,5	4	5	4,5
13	4	4	4,0	4	5	4,5
14	5	5	5,0	5	4	4,5
15	5	4	4,5	5	4	4,5
16	3	2	2,5	3	2	2,5
17	5	3	4,0	3	5	4,0
18	5	3	4,0	5	4	4,5
19	5	4	4,5	4	5	4,5
20	3	3	3,0	3	3	3,0
21	2	5	3,5	5	5	5,0
22	4	5	4,5	5	3	4,0
23	3	5	4,0	2	5	3,5
24	3	5	4,0	5	5	5,0
25	2	4	3,0	5	4	4,5
26	3	3	3,0	4	5	4,5
27	4	5	4,5	4	3	3,5
28	3	3	3,0	2	2	2,0
29	3	5	4,0	4	3	3,5
30	2	4	3,0	4	4	4,0
31	2	3	2,5	3	3	3,0
32	4	3	3,5	5	4	4,5
33	3	3	3,0	3	5	4,0
34	4	4	4,0	4	5	4,5
35	4	1	2,5	4	2	3,0
36	2	3	2,5	4	3	3,5
37	3	4	3,5	3	4	3,5
38	4	4	4,0	3	4	3,5
39	5	2	3,5	3	2	2,5

(Continuación)

40	2	4	3,0	4	4	4,0
41	4	4	4,0	3	3	3,0
42	2	2	2,0	3	3	3,0
43	2	4	3,0	4	3	3,5
44	2	2	2,0	5	5	5,0
45	4	2	3,0	5	2	3,5
46	4	5	4,5	4	4	4,0
47	2	4	3,0	3	5	4,0
48	5	5	5,0	4	4	4,0
49	3	4	3,5	4	3	3,5
50	2	3	2,5	3	4	3,5
Promedio			3,41			3,71

Fuente: Proyecto PHPPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

Control: pan con harina de trigo 100% importado; **Tratamiento a1b2:** pan con mejorantes: 75 ppm alfa-amilasa + 200 ppm de glucoxidasa + 30 ppm azodicarbonamida + 250 esteaoril 2-lactilato de sodio + 100 ppm ácido ascórbico.

TABLA A-5.5. CARACTERÍSTICA: ACEPTABILIDAD

Catador	Control			Mejor tratamiento a1b2		
	Réplica 1	Réplica 2	Promedio	Réplica 1	Réplica 2	Promedio
1	2	4	3,0	4	5	4,5
2	3	4	3,5	3	4	3,5
3	5	5	5,0	4	4	4,0
4	5	5	5,0	3	5	4,0
5	5	4	4,5	3	3	3,0
6	4	3	3,5	3	3	3,0
7	3	3	3,0	5	4	4,5
8	3	4	3,5	5	5	5,0
9	4	5	4,5	4	3	3,5
10	4	4	4,0	4	4	4,0
11	4	3	3,5	3	2	2,5
12	4	5	4,5	5	5	5,0
13	5	5	5,0	5	5	5,0
14	5	5	5,0	5	5	5,0
15	5	5	5,0	5	5	5,0
16	5	5	5,0	5	5	5,0
17	4	2	3,0	5	5	5,0
18	5	2	3,5	5	4	4,5
19	4	3	3,5	4	5	4,5
20	4	4	4,0	4	4	4,0
21	2	4	3,0	5	5	5,0
22	5	5	5,0	3	4	3,5
23	3	5	4,0	3	5	4,0
24	5	5	5,0	5	4	4,5
25	3	5	4,0	3	4	3,5
26	4	4	4,0	5	5	5,0
27	4	4	4,0	4	4	4,0
28	4	4	4,0	3	3	3,0
29	5	5	5,0	5	3	4,0
30	4	3	3,5	5	4	4,5
31	4	5	4,5	5	5	5,0
32	4	5	4,5	4	4	4,0
33	5	5	5,0	5	5	5,0
34	5	5	5,0	5	4	4,5
35	5	2	3,5	5	1	3,0
36	2	3	2,5	4	5	4,5
37	4	4	4,0	4	5	4,5
38	5	4	4,5	4	5	4,5
39	4	1	2,5	4	5	4,5

(Continuación)

40	4	2	3,0	5	3	4,0
41	5	5	5,0	3	5	4,0
42	5	3	4,0	5	4	4,5
43	3	5	4,0	5	4	4,5
44	4	4	4,0	5	5	5,0
45	4	5	4,5	5	5	5,0
46	4	5	4,5	3	4	3,5
47	5	4	4,5	4	5	4,5
48	4	4	4,0	5	5	5,0
49	3	3	3,0	5	5	5,0
50	4	4	4,0	4	4	4,0
Promedio			4,07			4,28

Fuente: Proyecto PHPPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

Control: pan con harina de trigo 100% importado; **Tratamiento a1b2:** pan con mejorantes: 75 ppm alfa-amilasa + 200 ppm de glucoxidasas + 30 ppm azodicarbonamida + 250 esteaoril 2-lactilato de sodio + 100 ppm ácido ascórbico.

TABLA A-5.6. Características Sensoriales de la muestra patrón y tratamiento con enzimas.

Tratamientos		Apariencia	Color	Sabor	Textura	Aceptabilidad
Pan harina de trigo importado	R 1	3,84	3,02	4,22	3,32	4,1
	R 2	4,1	3,18	3,94	3,62	4,04
	Prom.	3,97 ^a	3,10 ^a	4,08 ^a	3,47 ^a	4,07 ^a
Mejor tratamiento a1b2	R 1	3,8	3,04	4,34	3,7	4,28
	R 2	4,14	3	4,02	3,72	4,28
	Prom.	3,97 ^a	3,02 ^a	4,18 ^a	3,71 ^a	4,28 ^a

Letras diferentes indican que hay diferencias significativas al nivel $P \leq 0.05$

Fuente: Proyecto PHPPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

ANEXO A-6. Pruebas de Textura en Pan

TABLA A-6.1. Textura de la muestra control y mejor tratamiento (a1b2)

TIPO DE PAN	TIEMPO	PROPIEDADES											
		Dureza (g)			Trabajo de Dureza Terminado (mJ)			Deformación Recuperable (mm)			Elasticidad (mm)		
		R 1	R 2	Promedio	R 1	R 2	Promedio	R 1	R 2	Promedio	R 1	R 2	Promedio
Pan control	1 día	631,00	325,00	478,00^a	6,400	3,700	5,050^a	1,510	1,230	1,370^a	2,440	2,290	2,365^a
	2 días	782,00	709,00	745,50^a	8,500	8,300	8,400^a	1,500	1,620	1,560^a	2,370	2,440	2,405^a
	3 días	996,00	826,00	911,00^a	13,200	9,700	11,450^a	1,820	1,610	1,715^a	2,530	2,530	2,530^a
Pan aditivado a1b2	1 día	475,00	425,00	450,00^a	5,300	4,800	5,050^a	1,430	1,330	1,380^a	2,320	2,340	2,330^a
	2 días	814,00	780,00	797,00^a	9,200	8,700	8,950^a	1,510	1,450	1,480^a	2,660	2,200	2,430^a
	3 días	882,00	890,00	886,00^a	10,200	11,000	10,600^a	1,400	1,70	1,550^a	2,460	2,510	2,485^a

Letras diferentes indican que hay diferencias significativas al nivel $P \leq 0.05$

Control: pan con harina de trigo 100% importado; **Tratamiento a1b2:** pan con mejorantes: 75 ppm alfa-amilasa + 200 ppm de glucoxidasa + 30 ppm azodicarbonamida + 250 esteaoril 2-lactilato de sodio + 100 ppm ácido ascórbico.

Fuente: Analizador de Textura Pro CT3. Proyecto PHPPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

ANEXO A-7. Estudio Económico del Pan

TABLA A-7.1. Materiales directos e indirectos

MATERIALES	CANTIDAD USADA (KG)	VALOR UNITARIO (\$)	PRECIO TOTAL (\$)
Harina de trigo Importado (80%)	80,00000	0,72000	57,60000
Harina de Papa (20%)	20,00000	0,80000	16,00000
Levadura	4,00000	4,00000	16,00000
Grasa	15,00000	1,86667	28,00000
Azúcar	10,00000	0,88000	8,80000
Sal	2,00000	0,33000	0,66000
Agua	56,00000	0,00030	0,01680
Glucosa oxidasa	0,02000	0,64000	0,01280
Ácido ascórbico	0,01000	0,20000	0,00200
Alfa-amilasa fúngica	0,00750	0,02925	0,00022
Esteaoril 2-lactilato de sodio	0,02500	0,10625	0,00266
Azodicarbonamida	0,00300	0,01260	0,00004
		SUMAN	127,09451

Fuente: Proyecto PHPPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

TABLA A-7.2. Equipos y utensilios

EQUIPO	COSTO (\$)	VIDA ÚTIL (AÑOS)	COSTO ANUAL	COSTO DÍA	COSTO HORA	HORAS DE USO	COSTO USO (\$)
Balanza Analítica	250,00	5	50,000	0,200	0,025	0,150	0,004
Báscula (100 Kg)	150,00	10	15,000	0,060	0,010	0,300	0,002
Amasadora (25 Kg)	9000,00	10	900,000	3,600	0,450	2,000	0,900
Cámara de fermentación	7500,00	10	750,000	3,000	0,375	4,000	1,500
Horno 10 latas nacional	8000,00	10	800,000	3,200	0,400	1,400	0,560
2 Mesas metálicas (3*1,5 m)	1700,00	10	170,000	0,680	0,085	2,000	0,170
Utensilios varios	500,00	5	100,000	0,400	0,050	2,000	0,100
SUMAN							3,236

Fuente: Proyecto PHPPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

TABLA A-7.3. Suministros

SERVICIO	UNIDAD	CONSUMO	VALOR UNITARIO (\$)	VALOR TOTAL (\$)
Agua	m ³	1	0,200	0,200
Energía	Kw-h	18	0,160	2,880
Teléfono	min	10	0,020	0,200
Gas	Kg	10	0,150	1,150
SUMAN				4,780

Fuente: Proyecto PHPPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

TABLA A-7.4. Personal

HOMBRES	SUELDO	DÍAS LABO- RABLES	HORAS LABO- RABLES	C/ DÍA (\$)	C/HORA (\$)	HORAS UTILIZADAS	TOTAL (\$)
2	736,620	20	8	36,831	4,604	8	36,831
SUMAN							36,831

Fuente: Proyecto PHPPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

TABLA A-7.5. Costos de producción diario

Capital de Trabajo	Monto
Materiales Directos e Indirectos	127,095
Equipos	3,236
Suministros	4,780
Personal	36,831
SUMAN	171,942

Fuente: Proyecto PHPPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

TABLA A-7.6. Resumen del análisis económico realizado

Costo Total de producción (\$)	171,94
Costo unitario del pan (\$)	0,06
Precio de venta unitario	0,07
Precio de venta total	218,24
Utilidad por pan	0,01
Utilidad total diaria	46,30

Fuente: Proyecto PHPPF.

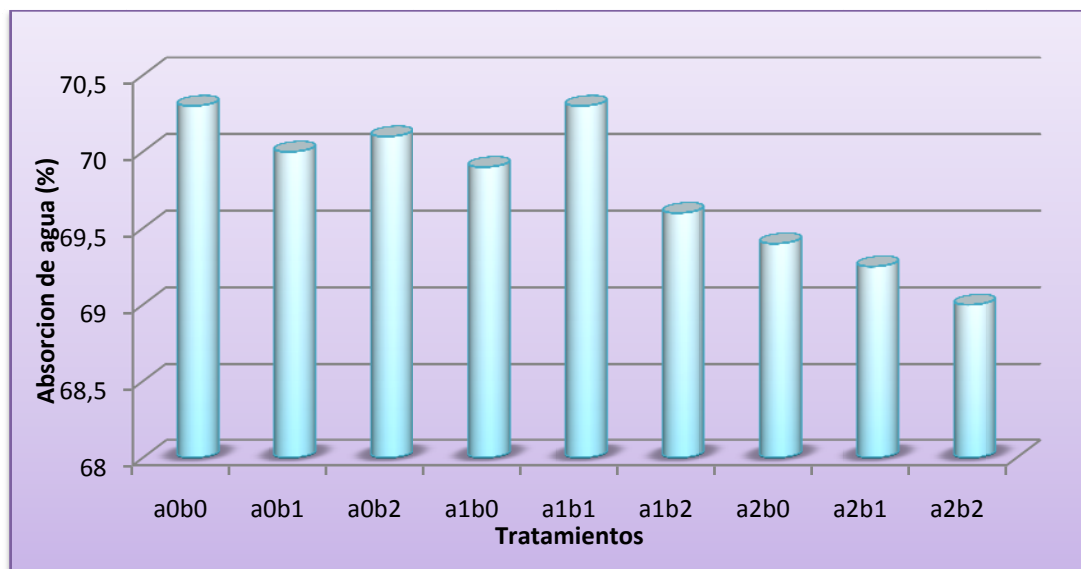
Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

ANEXO B

GRÁFICOS DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES

ANEXO B-1 GRÁFICOS DE PARÁMETROS FARINOGRÁFICOS

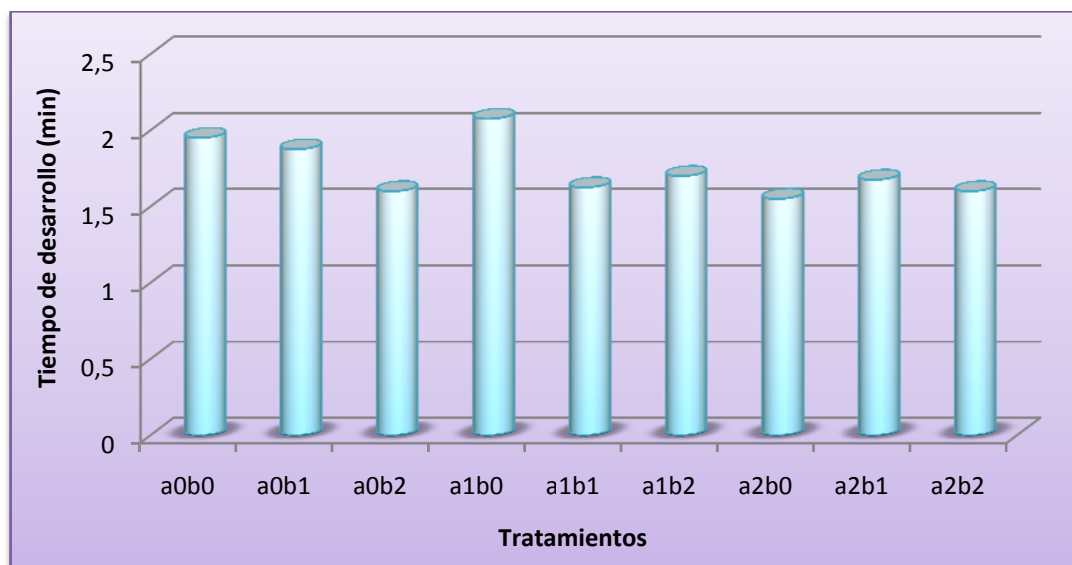
GRÁFICO B-1.1. Porcentaje de absorción de agua en tratamientos con mejorantes.



Fuente: Proyecto PHPPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

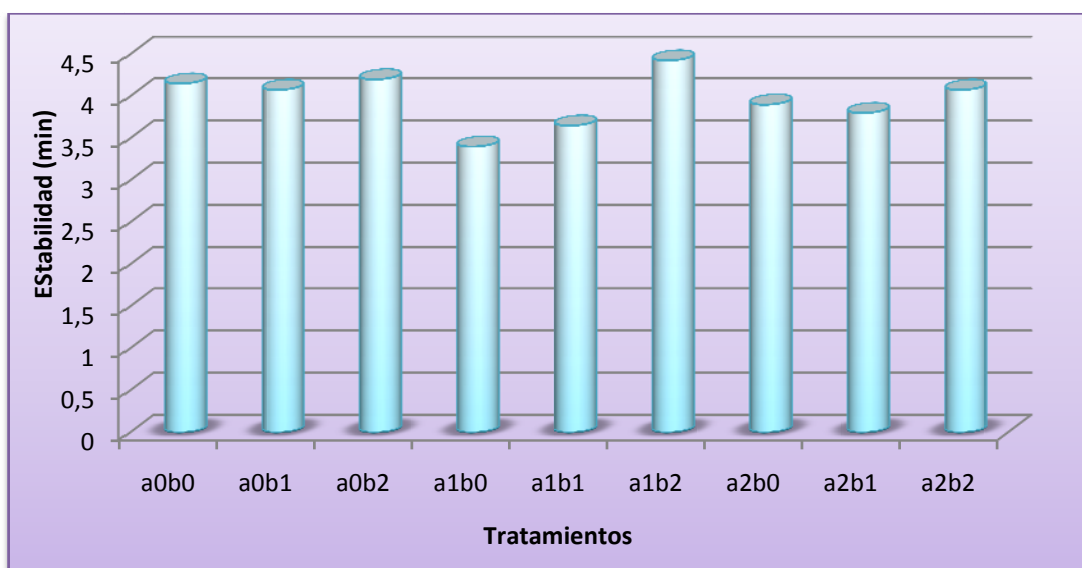
GRÁFICO B-1.2. Tiempo de desarrollo en tratamientos con mejorantes



Fuente: Proyecto PHPPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

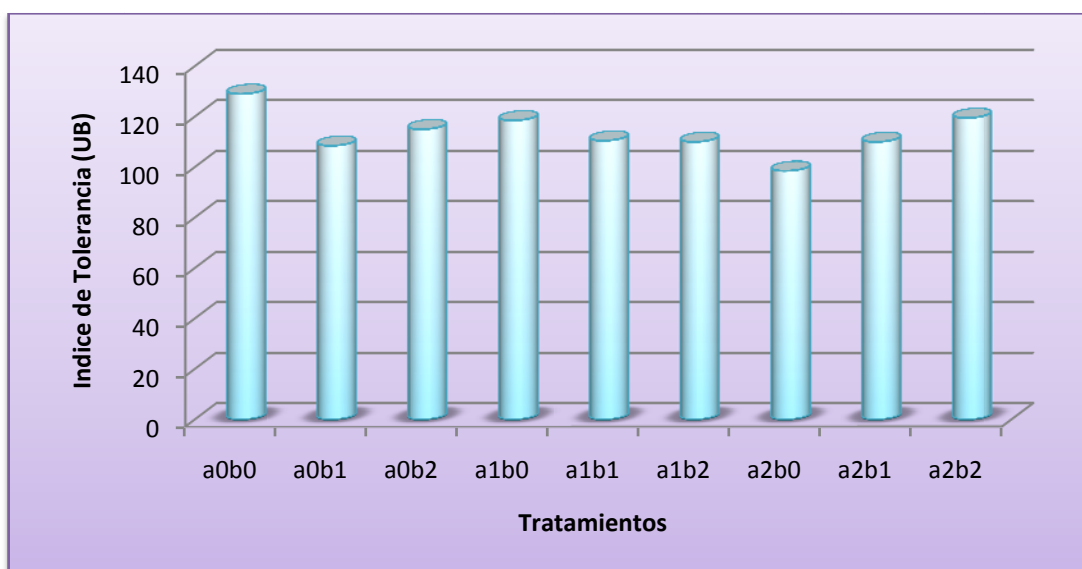
GRÁFICO B-1.3. Estabilidad en tratamientos con mejorantes



Fuente: Proyecto PHPPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

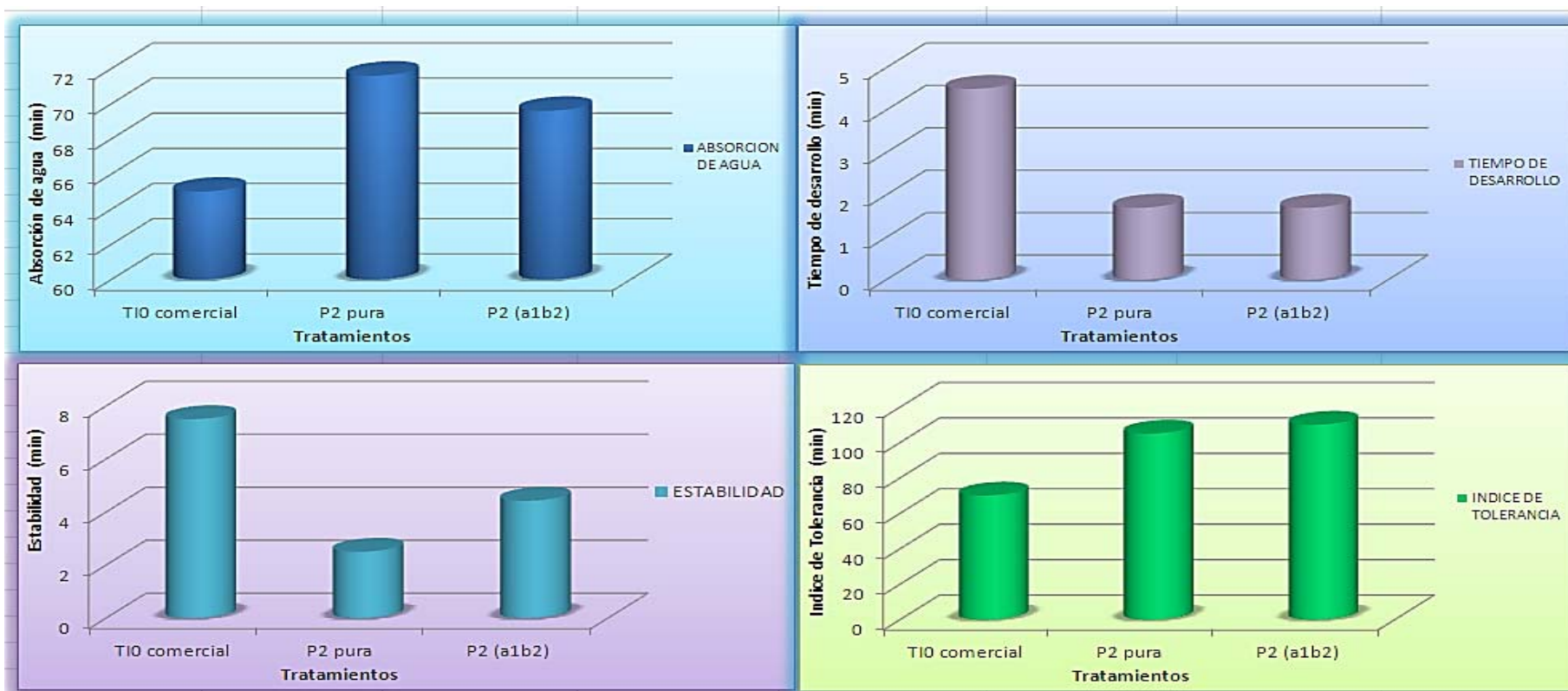
GRAFICO B-1.4. Índice de Tolerancia en tratamientos con mejorantes



Fuente: Proyecto PHPPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

GRAFICO B-1.5. Comparación de Parámetros Farinográficos de Harina de Trigo Importado CWRS #1 comercial, muestra pura y mejor tratamiento



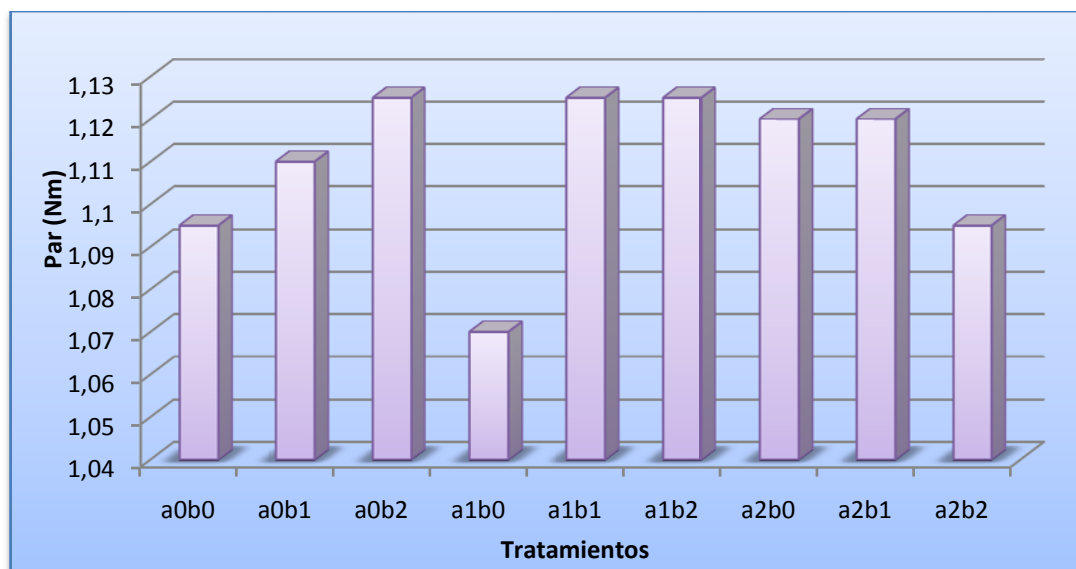
TI0 comercial: harina de trigo importado CWRS #1, **P2 pura:** mezcla pura (20 % harina de papa precocida; 80% harina de trigo importado), **P2 (a1b2):** tratamiento con mejorantes; 75 ppm alfa-amilasa + 200 ppm de glucoxidasa + 30 ppm azodicarbonamida + 250 estearoil 2-lactilato de sodio + 100 ppm ácido ascórbico.

Fuente: Proyecto PHPPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

ANEXO B-2 GRÁFICOS DE PARÁMETROS DEL MIXOLAB STÁNDAR

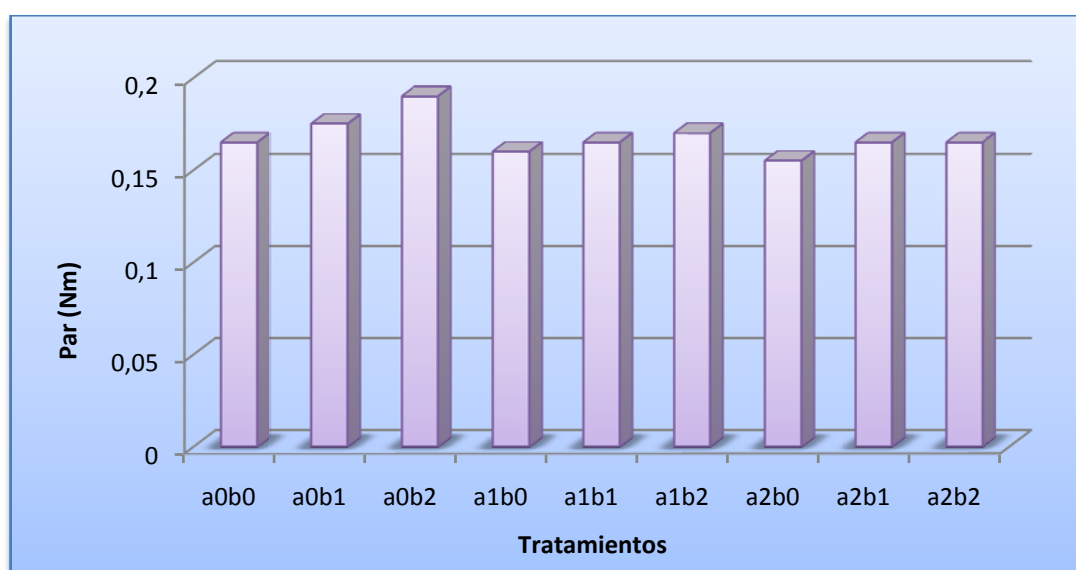
GRÁFICO B-2.1. Desarrollo de la masa en tratamientos con mejorantes



Fuente: Proyecto PHPPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

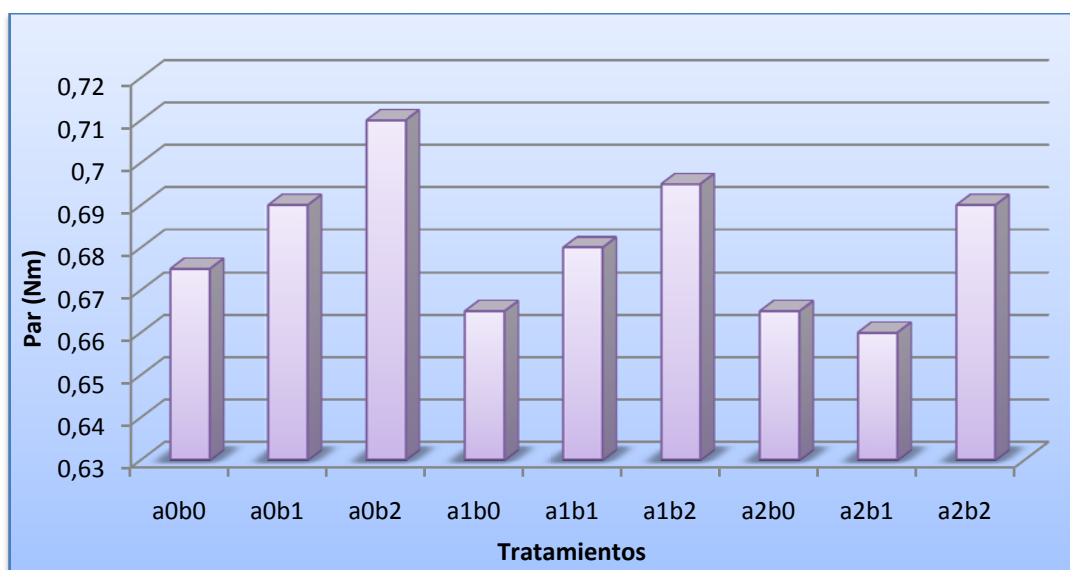
GRÁFICO B-2.2. Debilitamiento de las proteínas en tratamientos con mejorantes



Fuente: Proyecto PHPPF.

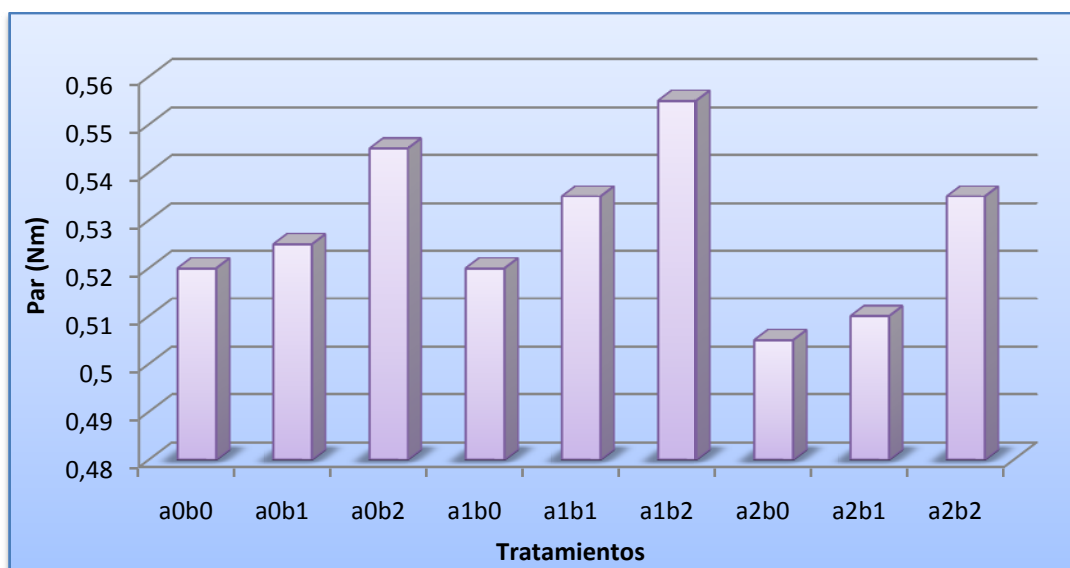
Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

GRÁFICO B-2.3. Gelatinización del almidón en tratamientos con mejorantes



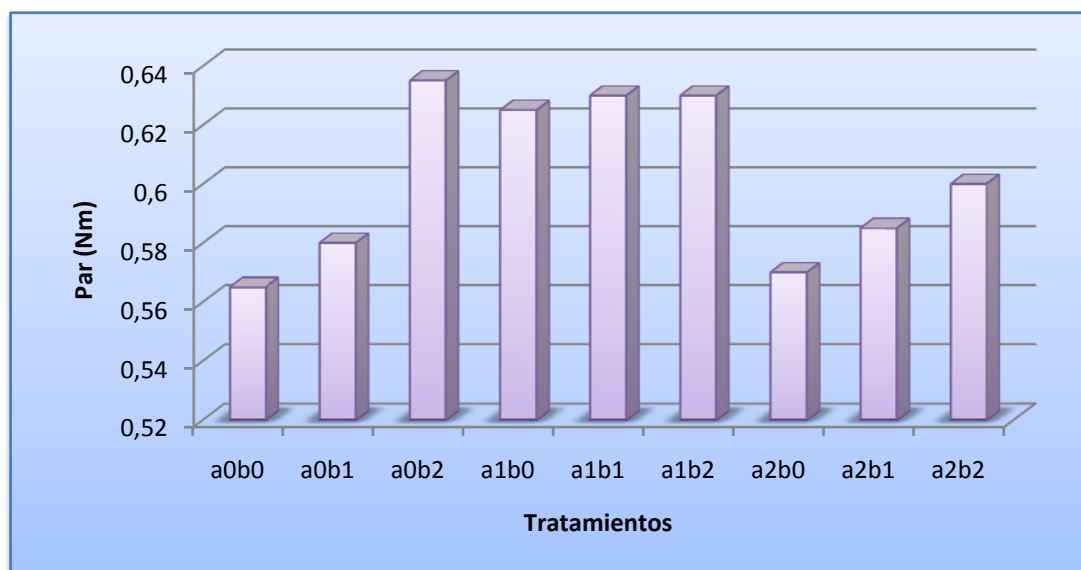
*Fuente: Proyecto PHPPF.
Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.*

GRÁFICO B-2.4. Actividad amilásica en tratamientos con mejorantes



*Fuente: Proyecto PHPPF.
Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.*

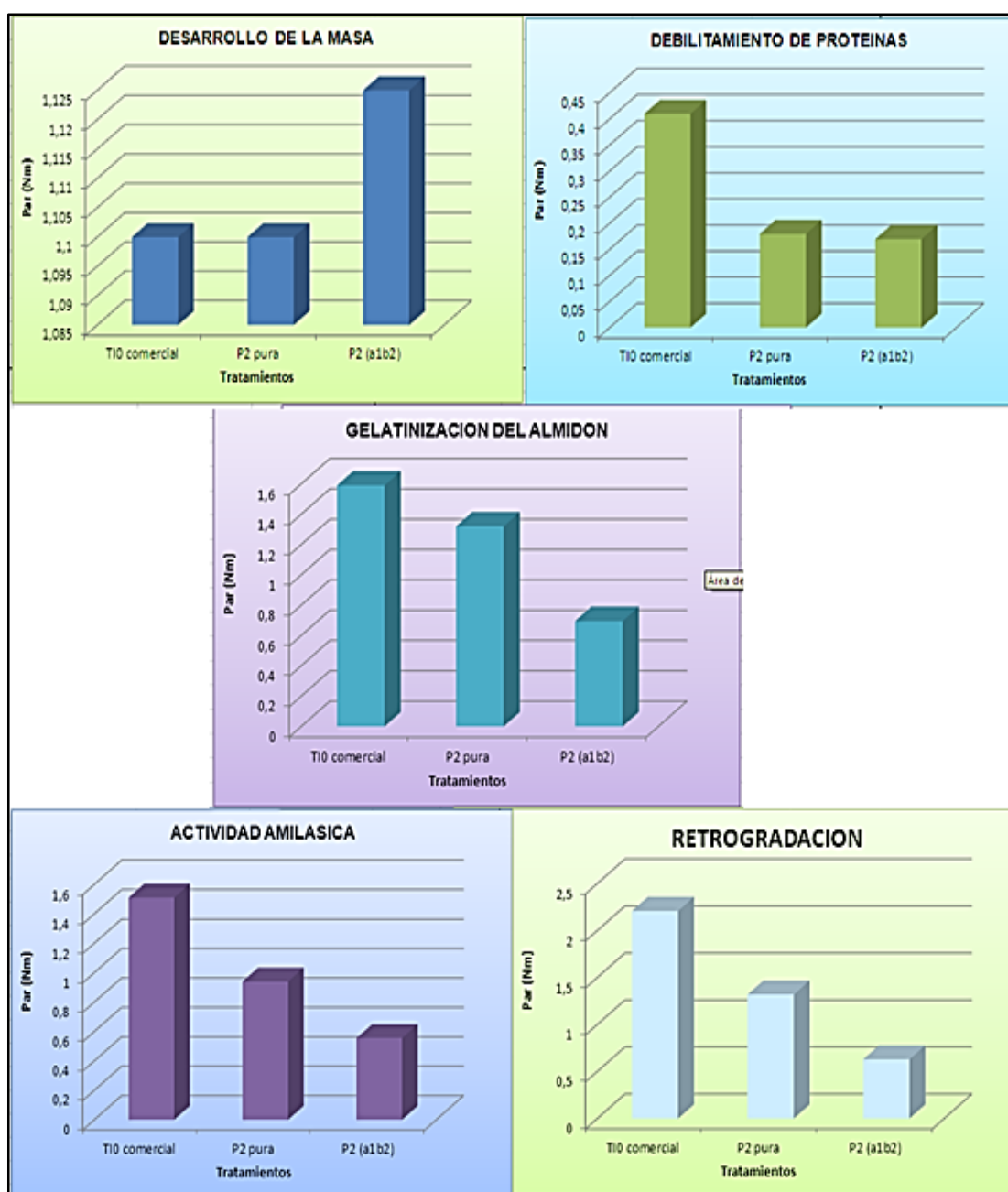
GRÁFICO B-2.5. Retrogradación del almidón en tratamientos con mejorantes



Fuente: Proyecto PHPPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

GRAFICOB-2.6. Comparación de Resultados de los Parámetros del Mixolab para muestras 100 % puras y mejor tratamientos



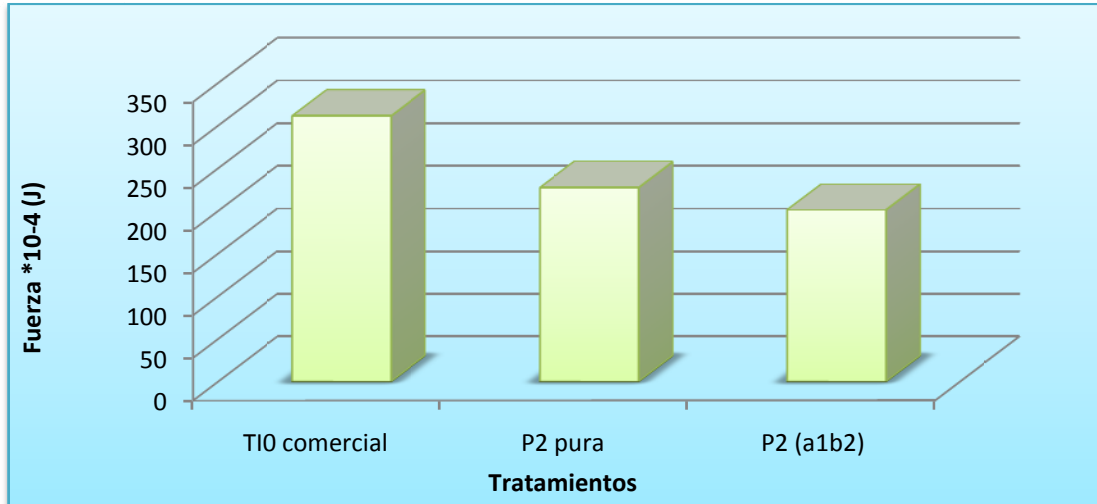
T10 comercial: harina de trigo importado CWRS #1, **P2 pura:** mezcla pura (20 % harina de papa precocida; 80% harina de trigo importado), **P2 (a1b2):** tratamiento con mejorantes 75 ppm alfa-amilasa + 200 ppm de glucoxidasa + 30 ppm azodicarbonamida + 250 estearoil 2-lactilato de sodio + 100 ppm ácido ascórbico.

Fuente: Proyecto PHPPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

ANEXO B-3. GRÁFICOS DE ANÁLISIS DE ALVEOGRAFÍA

GRÁFICO B-3.1. Fuerza que presenta la masa de la harina de trigo CWRS #1, mezcla pura y mejor tratamiento

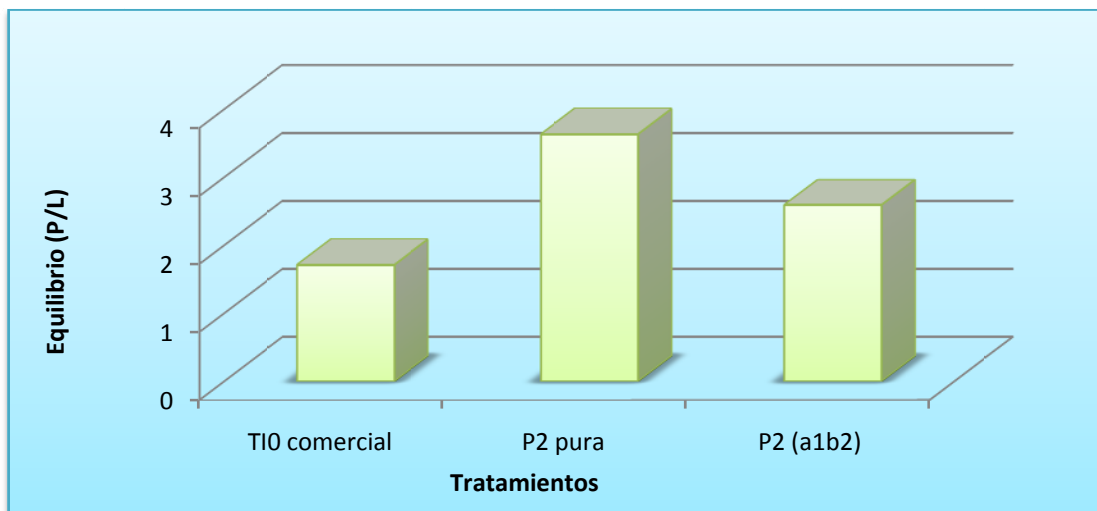


T10 comercial: harina de trigo importado CWRS #1, **P2 pura:** mezcla pura (20 % harina de papa precocida; 80% harina de trigo importado), **P2 (a1b2):** tratamiento con mejorantes 75 ppm alfa-amilasa + 200 ppm de glucoxidasa + 30 ppm azodicarbonamida + 250 estearoil 2-lactilato de sodio + 100 ppm ácido ascórbico.

Fuente: Proyecto PHPPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

GRÁFICO B-3.2. Equilibrio (P/L) de la harina de trigo CWRS #1, mezcla pura y mejor tratamiento



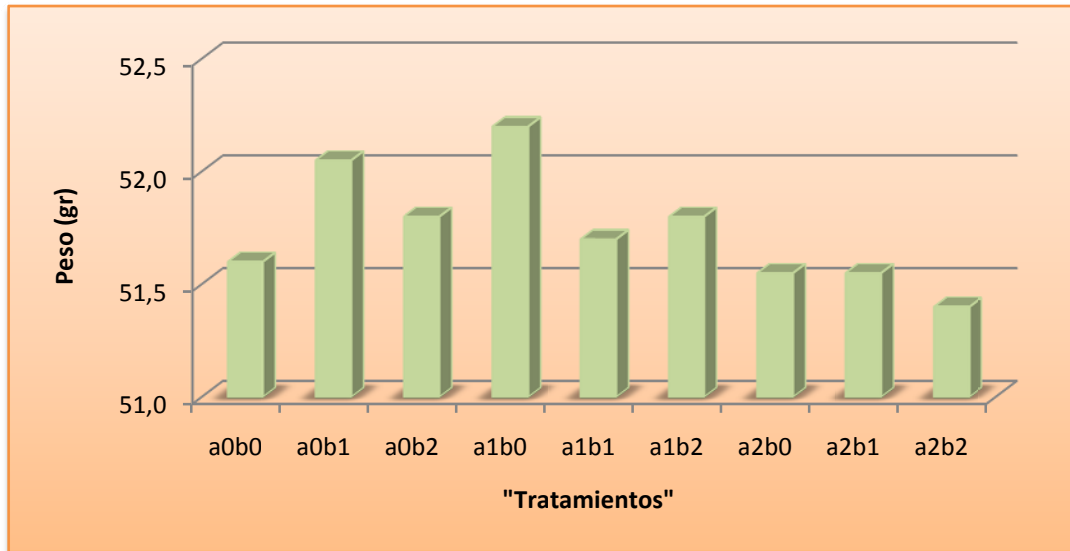
T10 comercial: harina de trigo importado CWRS #1, **P2 pura:** mezcla pura (20 % harina de papa precocida; 80% harina de trigo importado), **P2 (a1b2):** tratamiento con mejorantes 75 ppm alfa-amilasa + 200 ppm de glucoxidasa + 30 ppm azodicarbonamida + 250 estearoil 2-lactilato de sodio + 100 ppm ácido ascórbico.

Fuente: Proyecto PHPPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

ANEXO B-4 GRÁFICO DE DIMENSIONES Y VOLUMEN DEL PAN

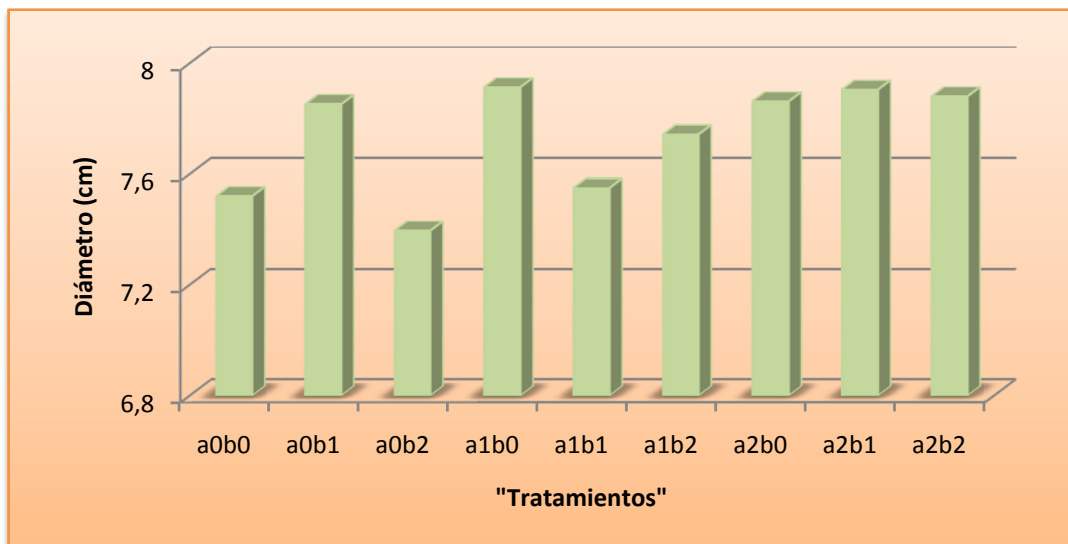
GRÁFICO B-4.1. Peso de panes en tratamientos con mejorantes



Fuente: Proyecto PHPPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

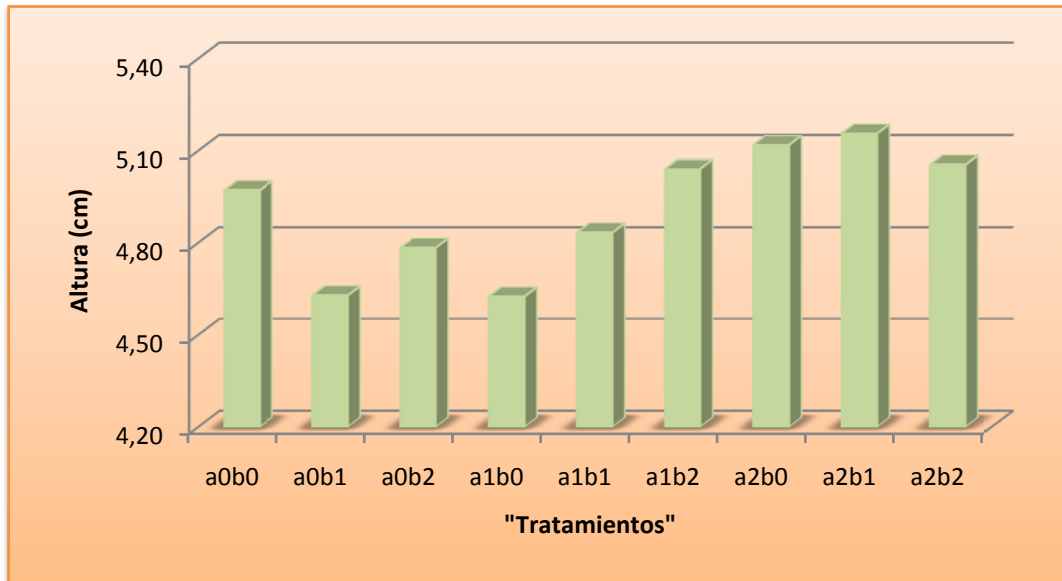
GRÁFICO B-4.2. Diámetro de panes de tratamientos con mejorantes



Fuente: Proyecto PHPPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

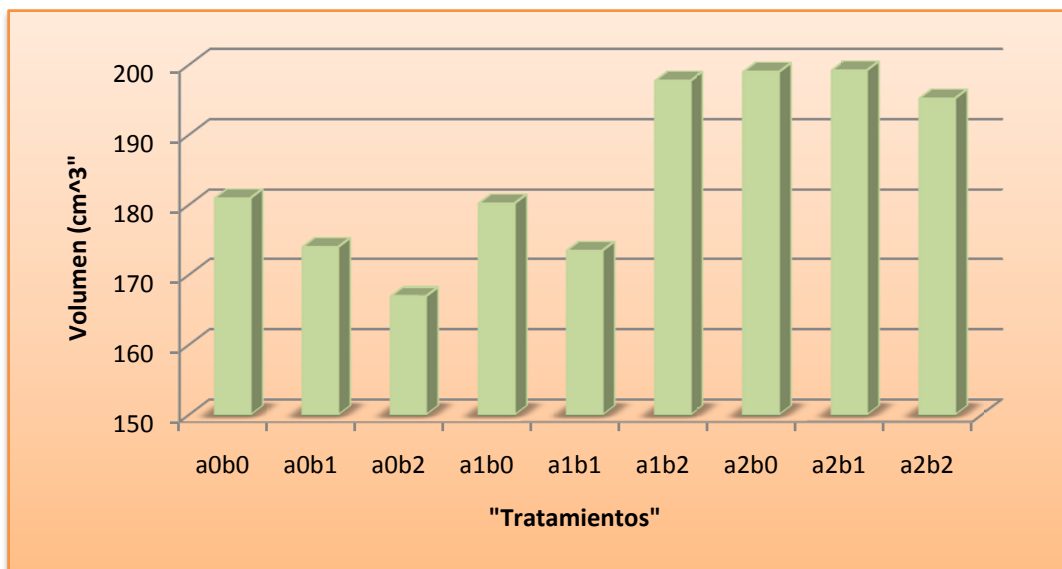
GRÁFICO B-4.3. Altura de panes de tratamientos con mejorantes



Fuente: Proyecto PHPPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

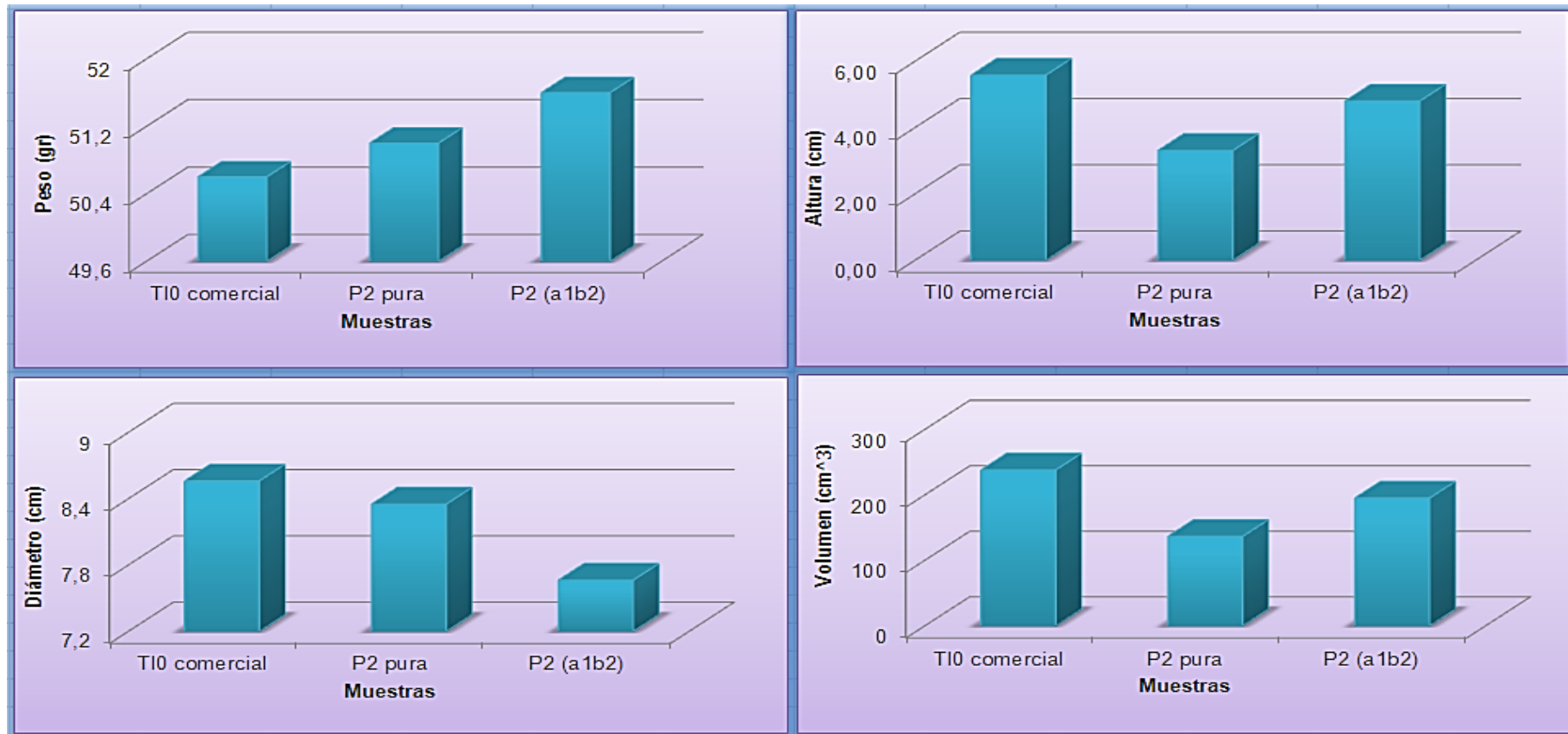
GRÁFICO B-4.4. Volumen de panes de tratamientos con mejorantes



Fuente: Proyecto PHPPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

GRÁFICO B- 4.5. Comparación de Resultados de la caracterización del pan para muestras 100 % puras y mejor tratamiento



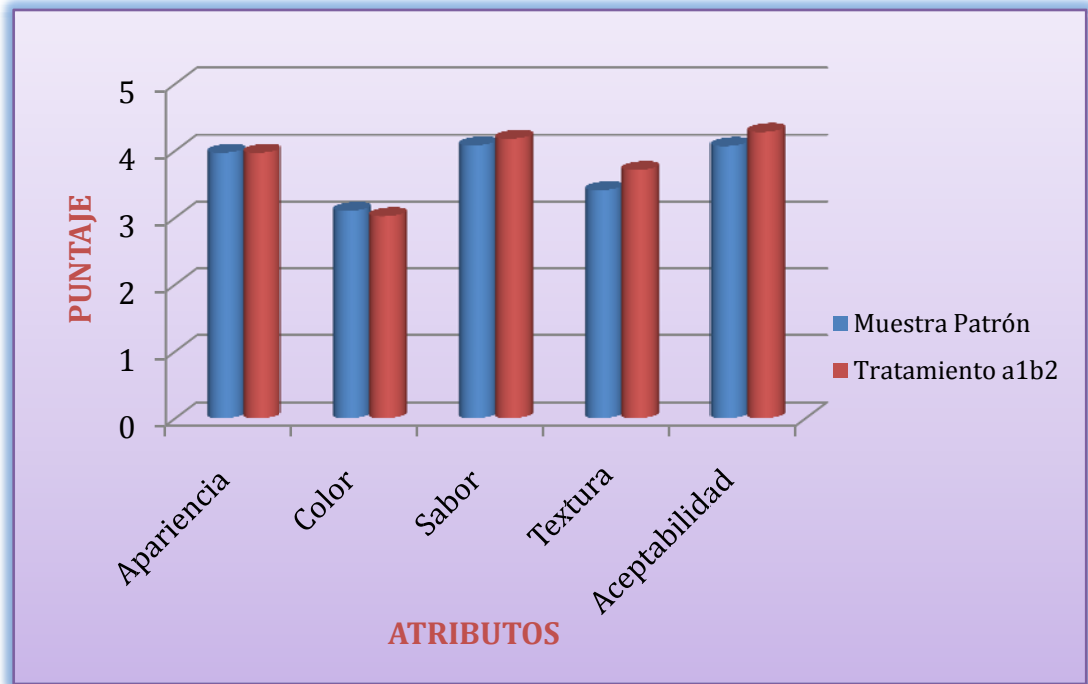
TI0 comercial: harina de trigo importado CWRS #1, **P2 pura:** mezcla pura (20 % harina de papa precocida; 80% harina de trigo importado), **P2 (a1b2):** tratamiento con mejorantes 75 ppm alfa-amilasa + 200 ppm de glucoxidasa + 30 ppm azodicarbonamida + 250 esteaoril 2-lactilato de sodio + 100 ppm ácido ascórbico.

Fuente: Proyecto PHPPF

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011

ANEXO B-5 GRÁFICOS DEL ANÁLISIS SENSORIAL

GRÁFICO B-5.1. Atributos Sensoriales del Pan con harina de trigo importado 100 % pura y mejor tratamiento a1b2

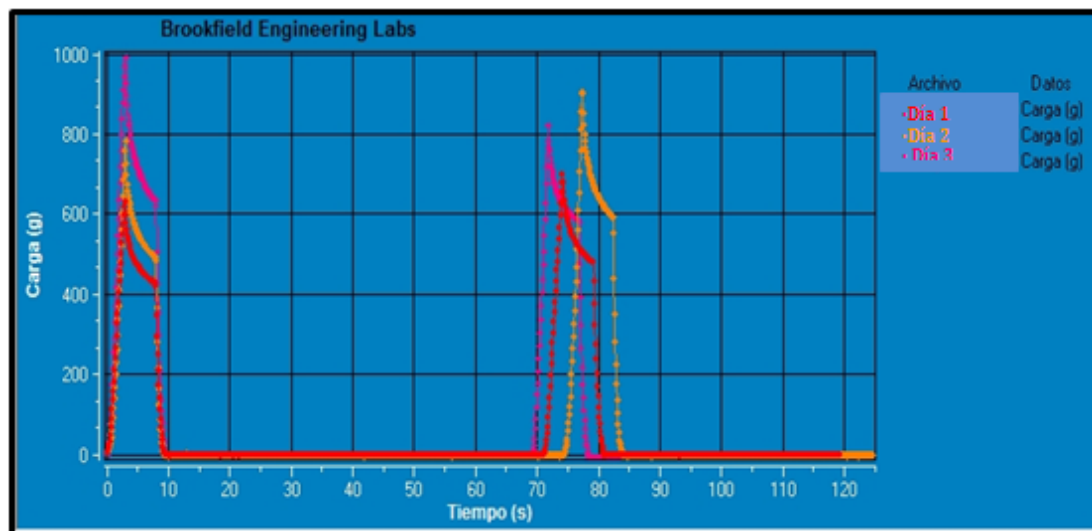


Fuente: Proyecto PHPPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

ANEXO B-6 GRÁFICOS DE TEXTURA DEL PAN CONTROL Y MEJOR TRATAMIENTO

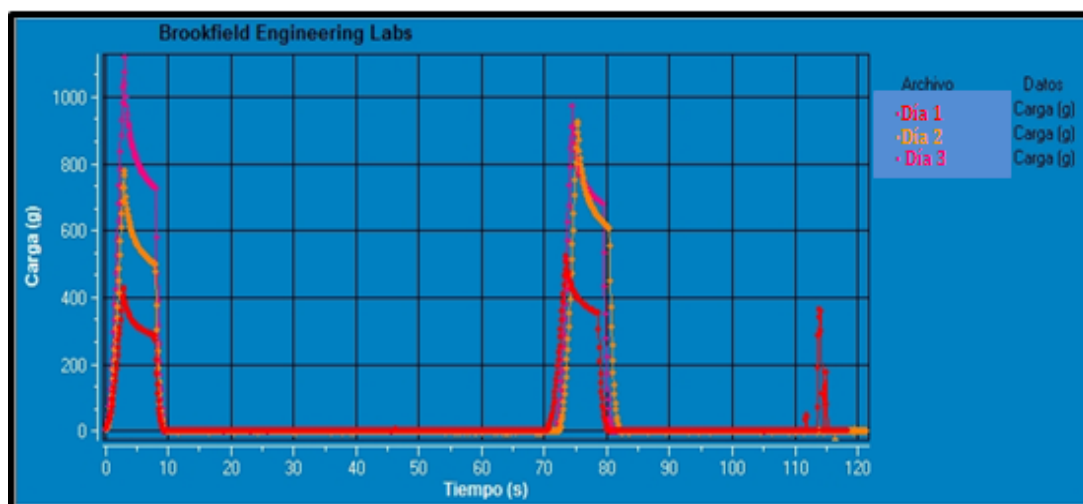
GRÁFICO B-6.1. Picos de carga para pan de trigo importado (control)



Fuente: Analizador de textura Pro CT3BROOKFIELD, Proyecto PHPPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

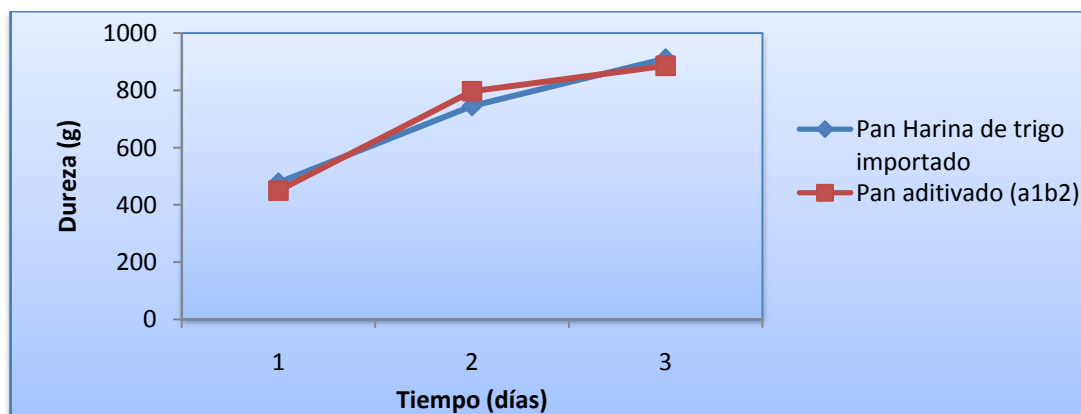
GRÁFICO B-6.2. Picos de carga en pan con mejorantes (a1b2)



Fuente: Analizador de textura Pro CT3BROOKFIELD, Proyecto PHPPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

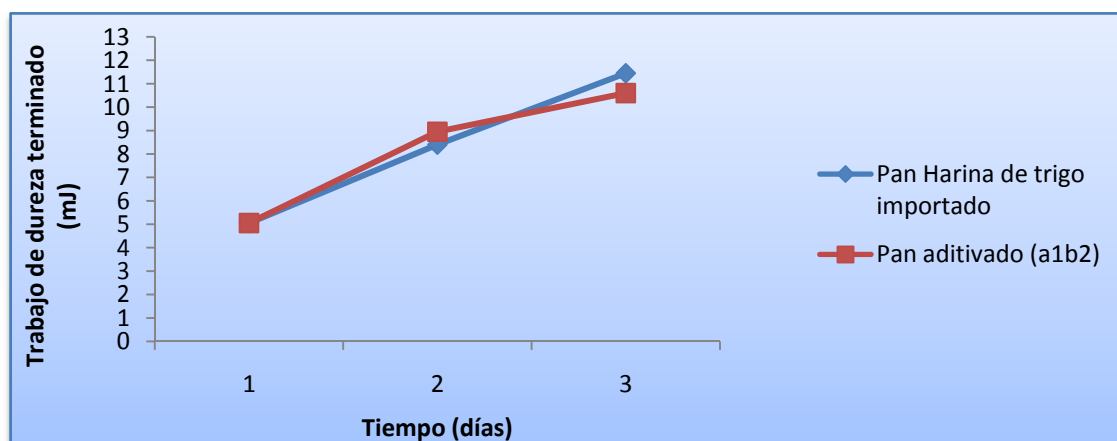
GRÁFICO B-6.3. Dureza del pan control y con mejorantes



Fuente: Proyecto PHPPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

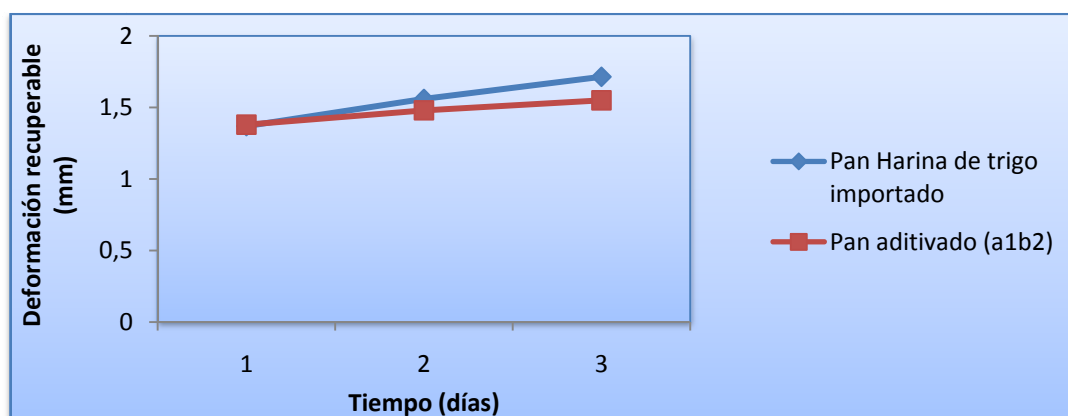
GRÁFICO B-6.4. Trabajo de dureza terminado del pan control y con mejorantes



Fuente: Proyecto PHPPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

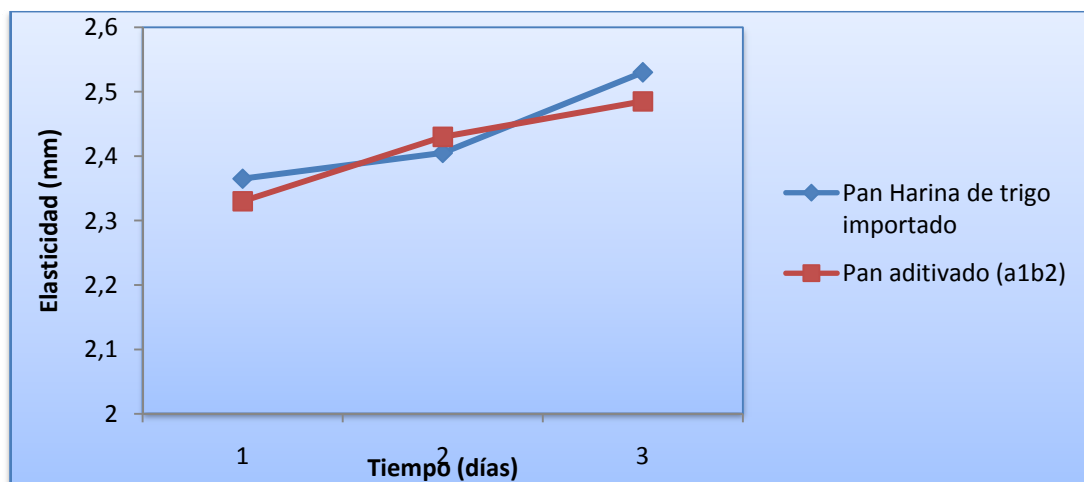
GRÁFICO B-6.5. Dureza del pan control y con mejorantes



Fuente: Proyecto PHPPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

GRÁFICO B-6.6. Elasticidad del pan control y con mejorantes

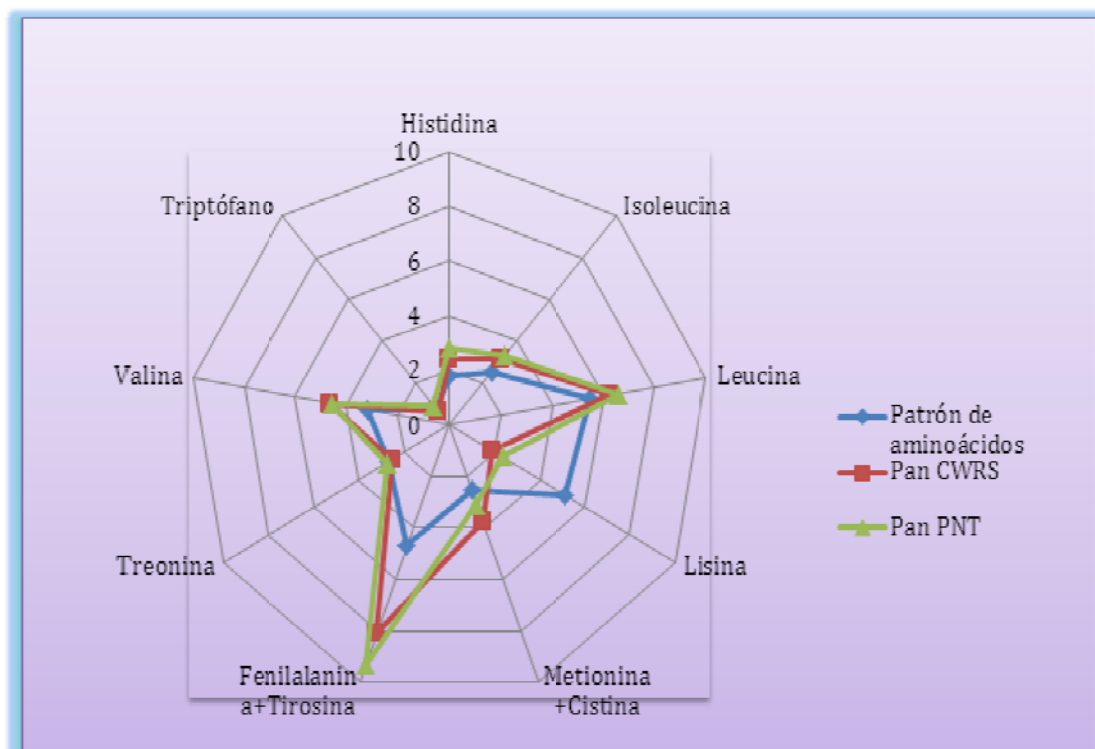


Fuente: Proyecto PHPPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

ANEXO B- 7 GRÁFICOS DEL PERFIL DE AMINOÁCIDOS

GRÁFICO B-7.1. Perfil de Aminoácidos esenciales



Fuente: Proyecto PHPPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

ANEXO C

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

ANEXO C-1 FARINOGRAFÍA

TABLA C-1.1. Análisis de Varianza para tiempo de desarrollo para tratamientos con mejorantes

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Concentración de alfa-amilasas	0,153611	2	0,0768056	0,80	0,4831
B: Concentración de glucoxidasas	0,153611	2	0,0768056	0,80	0,4831
C: Replicas	0,02	1	0,02	0,21	0,6606
Interacciones AB	0,230556	4	0,0576389	0,60	0,6740
RESIDUOS	0,77	8	0,09625		
TOTAL (CORREGIDO)	1,32778	17			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual * Significancia $\alpha=0,05$
Valor F de tablas = 4,458

Fuente: StatGraphics Centurion XV

TABLA C-1.2. Análisis de Varianza para estabilidad para tratamientos con mejorantes

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Razón-f	Valor-p
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Concentración alfa-amilasas	0,314444	2	0,157222	3,93	0,0648
B: Concentración glucoxidasas	0,655278	2	0,327639	8,18	0,0116*
C: Replicas	0,0234722	1	0,0234722	0,59	0,4658
Interacciones AB	0,580556	4	0,145139	3,63	0,0572
RESIDUOS	0,320278	8	0,0400347		
TOTAL (CORREGIDO)	1,89403	17			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual * Significancia $\alpha=0,05$
Valor F de tablas = 4,458

Fuente: StatGraphics Centurion XV

TABLA C-1.3. Prueba de comparación múltiple de Tukey para el Factor B (concentración de glucoxidasas): valores experimentales de estabilidad expresados en minutos.

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

FACTOR B	Media LS	Grupos Homogéneos
0	3,81667	B
1	3,84167	B
2	4,23333	A

Fuente: StatGraphics Centurion XV

TABLA C-1.4. Análisis de Varianza para el índice de tolerancia para tratamientos con mejorantes

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Concentración de alfa-amilasas	200,778	2	100,389	1,14	0,3674
B:Concentración de glucoxidasas	118,111	2	59,0556	0,67	0,5385
C:Replicas	122,722	1	122,722	1,39	0,2721
INTERACCIONES					
AB	854,222	4	213,556	2,42	0,1337
RESIDUOS	705,778	8	88,2222		
TOTAL (CORREGIDO)	2001,61	17			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

* Significancia $\alpha= 0,05$
Valor F de tablas = 4,458

Fuente: StatGraphics Centurion XV

ANEXO C-2 MIXOLAB

TABLA C-2.1. Análisis de varianza para desarrollo de masa para tratamientos con mejorantes

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Concentración de alfa-amilasas	0,000077777	2	0,0000388889	0,12	0,8905
B: Concentración de Glucosidasas	0,001911111	2	0,000955556	2,89	0,1135
C: Replicas	0,00200556	1	0,00200556	6,07	* 0,0391
INTERACCIONES					
AB	0,00385556	4	0,000963889	2,92	0,0924
RESIDUOS	0,00264444	8	0,000330556		
TOTAL (CORREGIDO)	0,0104944	17			
Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual				* Significancia $\alpha= 0,05$ Valor F de tablas = 4,458	

Fuente: StatGraphics Centurion XV

TABLA C-2.2. Análisis de varianza para debilitamiento de proteínas para tratamientos von mejoradores

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A: concentración de alfa-amilasas	0,000744444	2	0,000372222	10,72	* 0,0055
B: concentración de glucoxidasas	0,000677778	2	0,000338889	9,76	* 0,0071
C: Replicas	0,000022222	1	0,000022222	0,64	0,4468
INTERACCIONES					
AB	0,000188889	4	0,000047222	1,36	0,3288
RESIDUOS	0,000277778	8	0,000034722		
TOTAL (CORREGIDO)	0,00191111	17			
Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual				* Significancia $\alpha= 0,05$ Valor F de tablas = 4,458	

Fuente: StatGraphics Centurion XV

TABLA C-2.3. Pruebas de comparación múltiple de Tukey el Factor A (concentración de alfa-amilasa): valores experimentales de debilitamiento de proteína expresado en par (N/m)

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Factor A	Media ls	Grupos homogéneos
2	0,161667	B
1	0,165	B
0	0,176667	A

Fuente: StatGraphics Centurion XV

TABLA C-2.4. Prueba de comparación múltiple de Tukey para el Factor B (concentración de glucoxidasa): valores experimentales de debilitamiento de proteína expresado en par (N/m)

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

FACTOR B	Media LS	Grupos Homogéneos
0	0,16	B
1	0,168333	AB
2	0,175	A

Fuente: StatGraphics Centurion XV

TABLA C-2.5. Análisis de Varianza para gelatinización de almidón de tratamientos con mejorantes

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Concentración de alfa-amilasa	0,00121111	2	0,000605556	2,02	0,1951
B. Concentración de glucoxidasa	0,00287778	2	0,00143889	4,80	*0,0428
C: Replicas	0,0002	1	0,0002	0,67	0,4379
INTERACCIONES					
AB	0,000288889	4	0,000072222	0,24	0,9074
RESIDUOS	0,0024	8	0,0003		
TOTAL (CORREGIDO)	0,00697778	17			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

* Significancia $\alpha = 0,05$
Valor F de tablas = 4,458

Fuente: StatGraphics Centurion XV

TABLA C-2.6. Pruebas de comparación múltiple de Tukey para el Factor B (concentración de glucoxidasa): valores experimentales de gelatinización de almidón expresados en par (N/m).

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Factor B	Media LS	Grupos homogéneos
0	0,668333	B
1	0,676667	AB
2	0,698333	A

Fuente: StatGraphics Centurion XV

TABLA C-2.7. Análisis de Varianza para actividad amilásica de tratamientos con mejorantes

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Concentración de alfa-amilasa	0,00124444	2	0,000622222	3,83	0,0681
B: Concentración de glucoxidasa	0,00287778	2	0,00143889	8,85	*0,0094
C:Replicas	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
INTERACCIONES					
AB	0,000088888	4	0,000022222	0,14	0,9640
RESIDUOS	0,0013	8	0,0001625		
TOTAL (CORREGIDO)	0,00551111	17			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

* Significancia $\alpha= 0,05$

Valor F de tablas = 4,458

Fuente: StatGraphics Centurion XV

TABLA C-2.8. Prueba de comparación múltiple de Tukey para el Factor B (concentración de glucoxidasa): valores experimentales de actividad amilásica expresados en par (N/m)

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Factor B	Media LS	Grupos Homogéneos
0	0,515	B
1	0,523333	B
2	0,545	A

Fuente: StatGraphics Centurion XV

TABLAC-2.9. Análisis de varianza para retrogradación de tratamientos con mejorantes

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Concentración de alfa-amilasa	0,00634444	2	0,00317222	6,96	*0,0177
B: Concentración de glucoxidasa	0,00381111	2	0,00190556	4,18	0,0571
C:Replicas	0,00055555	1	0,00055555	1,22	0,3016
INTERACCIONES					
AB	0,00255556	4	0,000638889	1,40	0,3162
RESIDUOS	0,00364444	8	0,000455556		
TOTAL (CORREGIDO)	0,0169111	17			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

* Significancia $\alpha= 0,05$
Valor F de tablas = 4,458

Fuente: StatGraphics Centurion XV

TABLA C-2.10. Pruebas de comparación múltiple de Tukey para el factor A (concentración de alfa-amilasa): valores experimentales de retrogradación expresados en par (N/m)

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Factor A	Media LS	Grupos Homogéneos
2	0,585	B
0	0,593333	B
1	0,628333	A

Fuente: StatGraphics Centurion XV

ANEXO E-3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL PAN

TABLA C-3.1. Análisis de Varianza para peso del pan con mejorantes

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Concentración de alfa-amilasa	0,534444	2	0,267222	2,05	0,1907
B: Concentración de glucoxidasa	0,0477778	2	0,0238889	0,18	0,8357
C: Replicas	0,533889	1	0,533889	4,10	0,0774
INTERACCIONES					
AB	0,465556	4	0,116389	0,89	0,5098
RESIDUOS	1,04111	8	0,130139		
TOTAL (CORREGIDO)	2,62278	17			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

* Significancia $\alpha = 0,05$
Valor F de tablas = 4,458

Fuente: StatGraphics Centurion XV

TABLA C-3.2. Análisis de Varianza para diámetro del pan con mejorantes

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Concentración de alfa-amilasa	0,258133	2	0,129067	3,02	0,1053
B: Concentración de glucoxidasa	0,0361333	2	0,0180667	0,42	0,6690
C: Replicas	0,164356	1	0,164356	3,85	0,0855
INTERACCIONES					
AB	0,325233	4	0,0813083	1,90	0,2034
RESIDUOS	0,341744	8	0,0427181		
TOTAL (CORREGIDO)	1,1256	17			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

* Significancia $\alpha = 0,05$
Valor F de tablas = 4,458

Fuente: StatGraphics Centurion XV

TABLA C-3.3. Análisis de Varianza para altura del pan con mejorantes

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Concentración de alfa-amilasa	0,354478	2	0,177239	1,77	0,2310
B: Concentración de glucoxidasa	0,0248444	2	0,0124222	0,12	0,8850
C: Replicas	0,0460056	1	0,0460056	0,46	0,5171
INTERACCIONES					
AB	0,277789	4	0,0694472	0,69	0,6171
RESIDUOS	0,801244	8	0,100156		
TOTAL (CORREGIDO)	1,50436	17			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual * Significancia $\alpha=0,05$
Valor F de tablas = 4,458

Fuente: StatGraphics Centurion XV

TABLA C-3.4. Análisis de Varianza para volumen del pan con mejorantes

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Concentración de alfa-amilasa	1723,69	2	861,845	22,50	0,0005*
B: Concentración de glucoxidasa	79,24	2	39,62	1,03	0,3985
C: Replicas	0,533889	1	0,533889	0,01	0,9089
INTERACCIONES					
AB	764,83	4	191,208	4,99	0,0258*
RESIDUOS	306,371	8	38,2964		
TOTAL (CORREGIDO)	2874,66	17			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual * Significancia $\alpha=0,05$
Valor F de tablas = 4,458

Fuente: StatGraphics Centurion XV

TABLA E-3.5. Pruebas de comparación múltiple de Tukey para el factor A (concentración de alfa-amilasa): valores experimentales de volumen expresados en par (N/m)

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Factor A	Media LS	Grupos Homogéneos
0	173,983	C
1	183,833	B
2	197,833	A

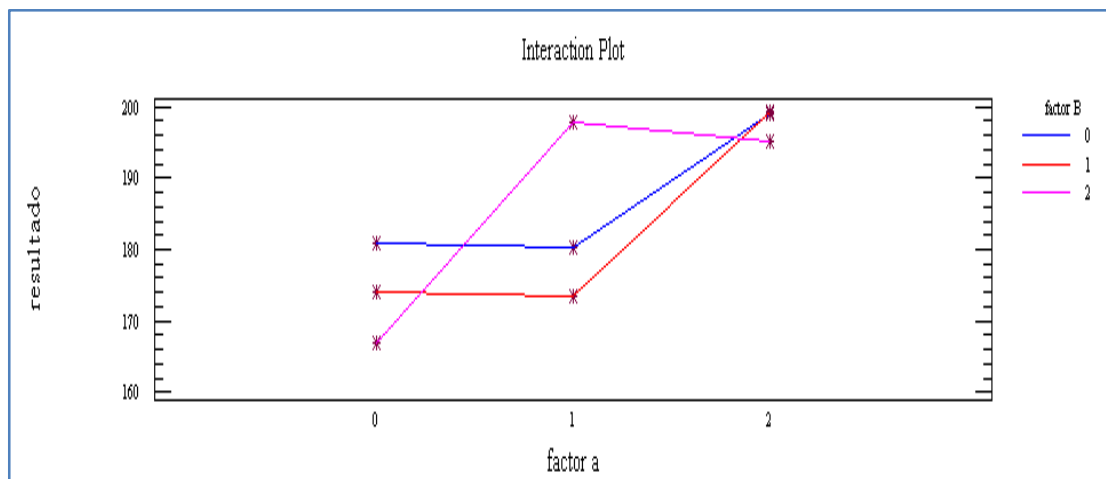
Fuente: StatGraphics Centurion XV

TABLA E-3.6. Prueba de diferenciación Tukey para la interacción AB (concentración de alfa-amilasa y glucoxidasas): valores experimentales de retrogradación expresados en par (N/m)

q = 5,77
T = 11,902

Interacción a*b	Tr.	a0b2	a1b1	a0b1	a1b0	a0b0	a2b2	a1b2	a2b0	a2b1
Tr.	Vol.	166,95	173,50	174,00	180,25	181,00	195,25	197,75	199,00	199,25
a0b2	166,95	0,00	6,55	7,05	13,30*	14,05*	28,30*	30,80*	32,05*	32,30*
a1b1	173,50		0,00	0,50	6,75	7,50	21,75*	24,25*	25,50*	25,75*
a0b1	174,00			0,00	6,25	7,00	21,25*	23,75*	25,00*	25,25*
a1b0	180,25				0,00	0,75	15,00*	17,50*	18,75*	19,00*
a0b0	181,00					0,00	14,25*	16,75*	18,00*	18,25*
a2b2	195,25						0,00	2,50	3,75	4,00
a1b2	197,75							0,00	1,25	1,50
a2b0	199,00								0,00	0,25
a2b1	199,25									0,00

GRÁFICO B-8. Interacción entre factor A (alfa-amilasas) y factor B (glucoxidasas)



Fuente: StatGraphics Centurion XV

ANEXO C-4. ANÁLISIS SENSORIAL DEL PAN

TABLA C-4.1. Análisis de Varianza para apariencia del pan

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Tratamientos	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
B:Catadores	14,41	49	0,294082	2,06	0,0064 *
RESIDUOS	7,0	49	0,142857		
TOTAL (CORREGIDO)	21,41	99			
Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual				* Significancia $\alpha=0,05$ Valor F de tablas = 4,458	

Fuente: StatGraphics Centurion XV

TABLA C-4.2. Análisis de varianza para color de la corteza del pan

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Tratamientos	0,16	1	0,16	1,11	0,2982
B:Catadores	19,39	49	0,395714	2,73	0,0003*
RESIDUOS	7,09	49	0,144694		
TOTAL (CORREGIDO)	26,64	99			
Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual				* Significancia $\alpha=0,05$ Valor F de tablas = 4,458	

Fuente: StatGraphics Centurion XV

TABLA C-4.3. Análisis de Varianza para sabor del pan

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Tratamientos	0,25	1	0,25	0,40	0,5325
B:Catadores	24,56	49	0,501224	0,79	0,7910
RESIDUOS	31,0	49	0,632653		
TOTAL (CORREGIDO)	55,81	99			
Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual				* Significancia $\alpha=0,05$ Valor F de tablas = 4,458	

Fuente: StatGraphics Centurion XV

TABLA C-4.4. Análisis de Varianza para textura del pan

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Tratamientos	1,44	1	1,44	3,85	0,0553
B:Catadores	33,94	49	0,692653	1,85	0,0165*
RESIDUOS	18,31	49	0,373673		
TOTAL (CORREGIDO)	53,69	99			
Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual				* Significancia $\alpha=0,05$ Valor F de tablas = 4,458	

Fuente: StatGraphics Centurion XV

TABLA C-4.5. Análisis de Varianza para aceptabilidad del pan

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamientos	1,1025	1	1,1025	2,30	0,1361
B: Catadores	25,0625	49	0,51148	1,07	0,4126
RESIDUOS	23,5225	49	0,480051		
TOTAL (CORREGIDO)	49,6875	99			
Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual				* Significancia $\alpha=0,05$ Valor F de tablas = 4,458	

Fuente: StatGraphics Centurion XV

ANEXO C-5 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

TABLA C-5.1. Verificación de la hipótesis de los parámetros analizados

Característica reológicas de las harinas y físicas del pan	Efectos Principales	Valor Fisher calculado	Probabilidad	Valor de Fisher tablas	Hipótesis Aceptada
Tiempo de desarrollo	A: concentración de α -amilasas	0,80	0,4831	4,458	Ho
	B: concentración de glucoxidasas	0,80	0,4831		
Estabilidad	A: concentración de α -amilasas	3,93	0,0648		Hi
	B: concentración de glucoxidasas	8,18	0,0116*		
Índice de tolerancia	A: concentración de α -amilasas	1,14	0,3674		Ho
	B: concentración de glucoxidasas	0,67	0,5385		
Desarrollo de la masa	A: concentración de α -amilasas	0,12	0,8905		Ho
	B: concentración de glucoxidasas	2,89	0,1135		
Debilitamiento de la proteína	A: concentración de α -amilasas	10,72	0,0055*		Hi
	B: concentración de glucoxidasas	9,76	0,0071*		
Gelatinización del almidón	A: concentración de α -amilasas	2,02	0,1951		Ho
	B: concentración de glucoxidasas	2,02	0,1951		
Actividad amilásica	A: concentración de α -amilasas	3,83	0,0681		Hi
	B: concentración de glucoxidasas	8,85	0,0094*		
Retrogradación del almidón	A: concentración de α -amilasas	6,96	0,0177*		Hi
	B: concentración de glucoxidasas	4,18	0,0571		
Peso	A: concentración de α -amilasas	2,05	0,1907		Ho
	B: concentración de glucoxidasas	0,18	0,8357		
Diámetro	A: concentración de α -amilasas	3,02	0,1053		Ho
	B: concentración de glucoxidasas	0,42	0,6690		
Altura	A: concentración de α -amilasas	1,77	0,2310	Ho	
	B: concentración de glucoxidasas	0,12	0,8850		
Volumen	A: concentración de α -amilasas	22,50	0,0005*	Hi	
	B: concentración de glucoxidasas	1,03	0,3985		

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

ANEXOS D

ANÁLISIS BROMATOLÓGICOS DEL MEJOR TRATAMIENTO

ANEXO D-1. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

TABLA D-1.1. Recuento Microbiológico de Pan con sustitución parcial de harina de papa

MICROORGANISMOS RECUENTOS	AEROBIOS MESOFILOS (ufc/g pan)	COLIFORMES TOTALES (ufc/g pan)	MOHOS Y LEVADURAS (ufc/g pan)
Réplica 1	$8 \cdot 10^3$	Ausente	$<1 \cdot 10^1$
Réplica 2	$28 \cdot 10^3$	Ausente	$<1 \cdot 10^1$
Réplica 3	$23 \cdot 10^2$	Ausente	$<1 \cdot 10^1$

Fuente: Proyecto PHPPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

TABLA D-1.2. Criterios Microbiológicos para pan.

Requisitos	Unidad	Límite máximo
Aerobios mesófilos	ufc/g	100000
Coliformes	ufc/g	100
E. coli	ufc/g	0
Salmonella	ufc/25 g	0
Mohos y levaduras	ufc/g	500

Fuente: Norma INEN 616:2006. Harina de trigo. Requisitos

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

ANEXO D-2. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

TABLA D-2.1. Análisis Bromatológico de las Muestras de Pan (%/ 100 g muestra en base seca)

Componente		Tratamientos		Pan con harina de trigo importado CWRS	Pan con mejorantes (a1b2)
			%		
Humedad			%	6,59	5,16
Cenizas			%	2,09	2,82
Fibra			%	1,41	1,89
Proteína			%	12,17	11,06
Grasa			%	12,59	11,87
Carbohidratos			%	71,74	72,36
Energía calórica			(Kcal)	448,95	440,51

*Fuente: INIAP, 2010, Proyecto PHPPF
Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.*

TABLA D-2.2. Análisis de Minerales de las harinas puras y Muestras de Pan (%/100 g muestra en base seca)

Tratamientos		Harina CWRS	Harina de papa	Mezcla harina de papa + CWRS	Pan con harina de trigo CWRS	Pan con mejorantes (a1b2)
Calcio (Ca)	%	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Fosforo (P)	%	0,40	0,54	0,43	0,33	0,40
Magnesio(Mg)	%	0,04	0,09	0,04	0,03	0,04
Potasio (K)	%	0,27	1,88	0,46	0,20	0,44
Sodio (Na)	%	0,01	0,39	0,27	0,67	0,82
Cobre (Cu)	ppm	6,00	10,00	7,00	4,00	6,00
Hierro (Fe)	ppm	35,00	125,00	46,00	74,00	66,00
Manganeso (Mn)	ppm	9,00	8,00	9,00	9,00	8,00
Zinc (Zn)	ppm	29,00	79,00	36,00	37,00	49,00

*Fuente: INIAP, 2010, Proyecto PHPPF.
Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.*

ANEXO D-3. ANÁLISIS DE AMINOÁCIDOS

TABLA D-3.1. Composición de Aminoácidos en g/100g de harina en Base Seca

% Aminoácidos	Pan con harina de trigo CWRS	Pan con mejorantes (a1b2)
Ácido aspártico	0,59	0,74
Treonina	0,37	0,33
Serina	0,65	0,51
Ácido glutámico	5,24	4,17
Prolina	1,43	0,87
Glicina	0,57	0,40
Alanina	0,47	0,31
Cistina	0,31	0,17
Valina	0,68	0,55
Metionina	0,24	0,20
Isoleucina	0,46	0,40
Leucina	0,92	0,79
Tirosina	0,47	0,46
Fenilalanina	0,72	0,66
Histidina	0,35	0,34
Lisina	0,28	0,28
Arginina	0,89	0,70
Triptófano	0,09	0,11

*Fuente: INIAP, 2010, Proyecto PHPPF.
Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.*

TABLA D-3.2. Composición de aminoácidos en g/100g de proteína

% Aminoácidos	Pan con harina de trigo CWRS	Pan con mejorantes (a1b2)
Ácido aspártico	4,01	6,17
Treonina	2,51	2,75
Serina	4,41	4,25
Ácido glutámico	35,57	34,78
Prolina	9,71	7,26
Glicina	3,87	3,34
Alanina	3,19	2,59
Cistina	2,10	1,42
Valina	4,62	4,59
Metionina	1,63	1,67
Isoleucina	3,12	3,34
Leucina	6,25	6,59
Tirosina	3,19	3,84
Fenilalanina	4,89	5,50
Histidina	2,38	2,84
Lisina	1,90	2,34
Arginina	6,04	5,84
Triptófano	0,61	0,92

Fuente: INIAP, 2010, Proyecto PHPPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

TABLA D-3.3. Comparación de Perfiles de Aminoácidos Esenciales (g/100 g de proteína)

Patrón de Aminoácidos para niños > 1 año y adultos*		Pan con harina de trigo CWRS	Pan con mejorantes (a1b2)
Histidina	1,8	2,38	2,84
Isoleucina	2,5	3,12	3,34
Leucina	5,5	6,25	6,59
Lisina	5,1	1,90	2,34
Metionina+Cistina	2,5	3,73	3,09
Fenilalanina+Tirosina	4,7	8,08	9,34
Treonina	2,7	2,51	2,75
Valina	3,2	4,62	4,59
Triptófano	3,2	0,61	0,92

Fuente: INIAP, 2010, Proyecto PHPPF.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.

**Institute of Medicine, National Academy of Science, 2002*

TABLA D-3.4. Aminoácidos Esenciales en las Harinas comparadas con el Patrón del Institute of Medicine, National Academy of Science

Patrón de Aminoácidos para niños > 1 año y adultos		Pan con harina de trigo CWRS	Pan con mejorantes (a1b2)
Histidina	1,8	132,22	157,78
Isoleucina	2,5	124,92	133,44
Leucina	5,5	113,56	119,80
Lisina	5,1	37,27*	45,79*
Metionina+Cistina	2,5	149,36	123,44
Fenilalanina+Tirosina	4,7	171,89	198,75
Treonina	2,7	93,03**	101,94
Valina	3,2	144,26	143,35
Triptofano	3,2	87,29**	131,06

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011

Fuente: M.M Suarez, A. Kislansky y L. B. López

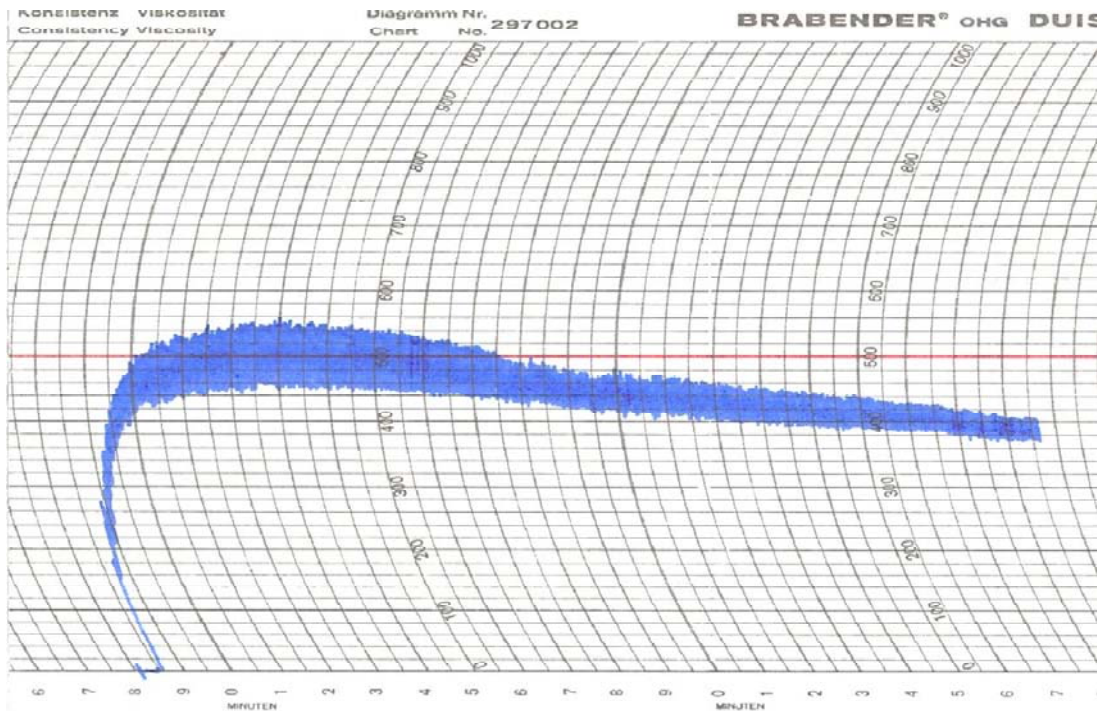
**: Aminoácido Limitante; **: Aminoácido Deficitario*

ANEXOS E

FIGURAS OBTENIDAS EN LA EXPERIMENTACIÓN

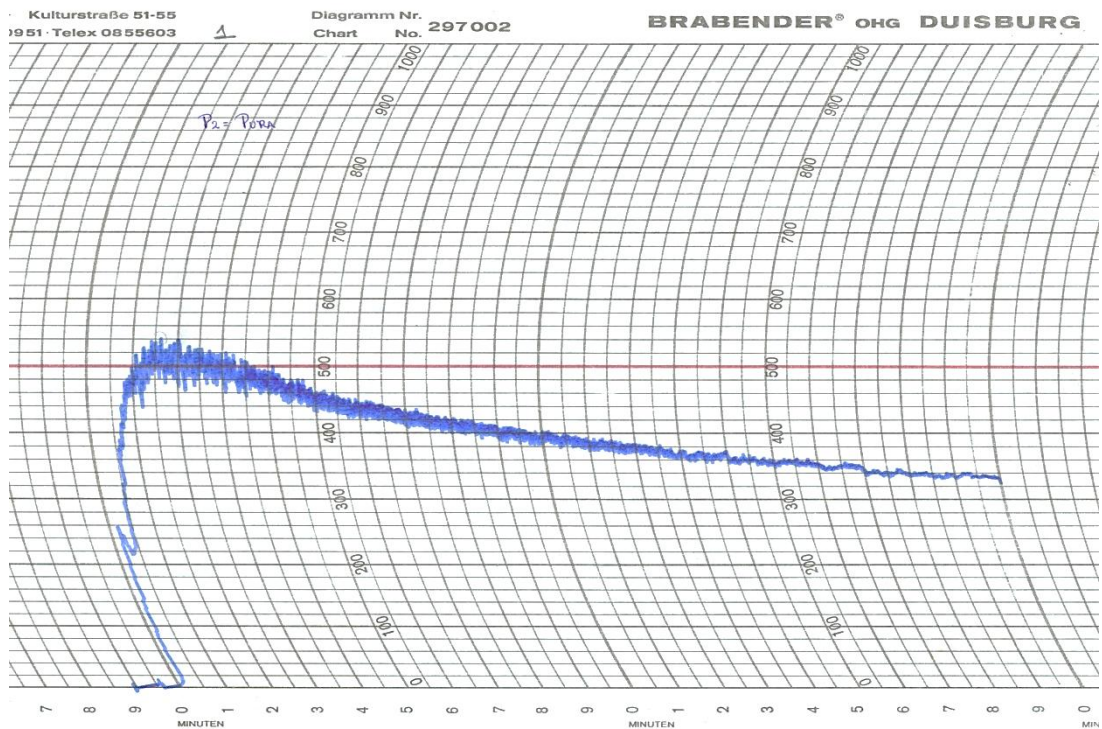
ANEXO E-1. FARINOGRAMAS

FIGURA E-1.1. TI COMERCIAL: Harina de trigo importado CWRS # 1 100% (control)



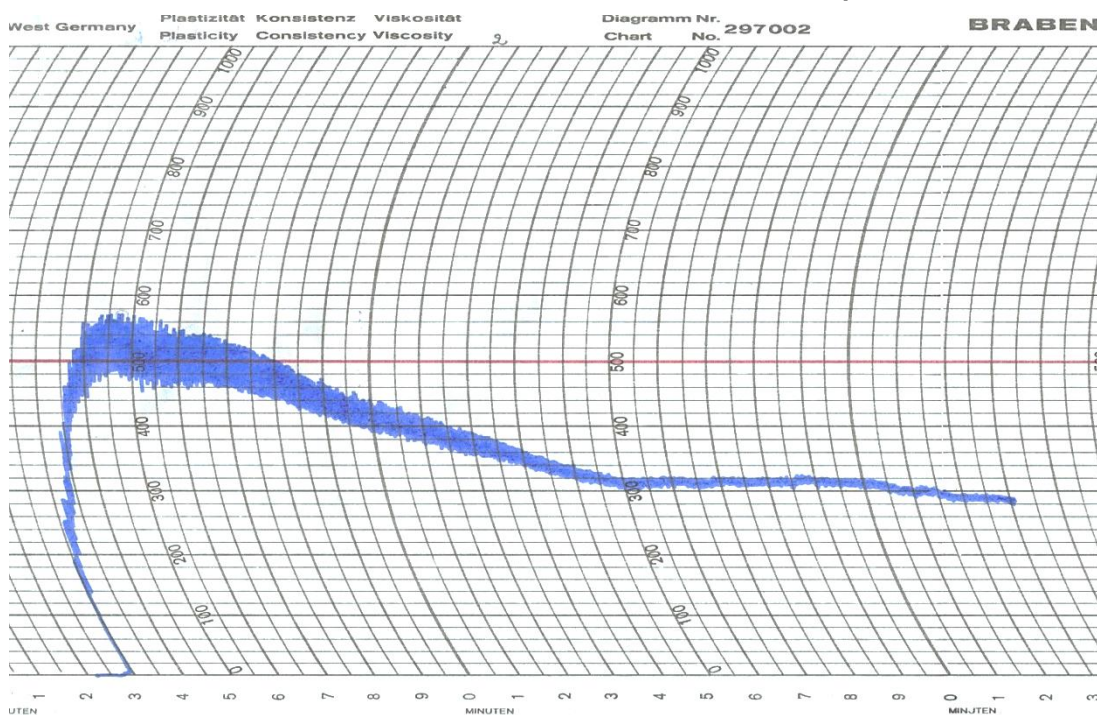
Fuente: Farinógrafo Brabender

FIGURA E-1.2. Muestra Pura: 20% harina de papa: 80 % harina de trigo importado



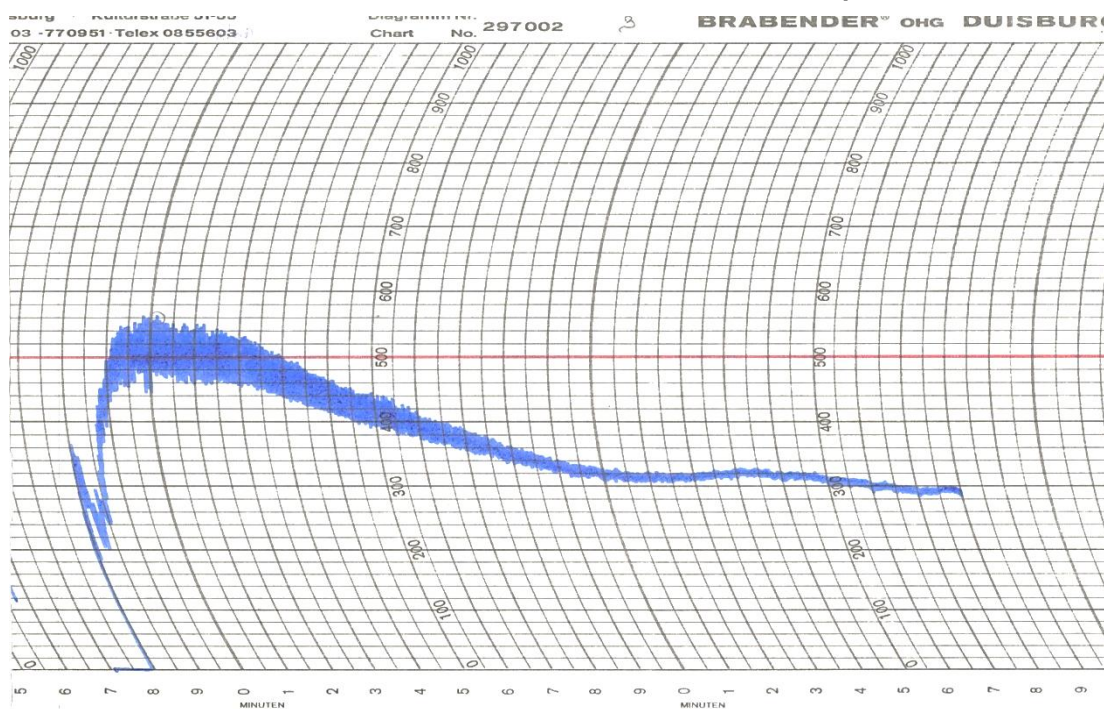
Fuente: Farinógrafo Brabender

FIGURA E-1.3. Tratamiento a0b0: 50 ppm de alfa-amilasa +100 ppm de glucosa oxidasa+ 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 1



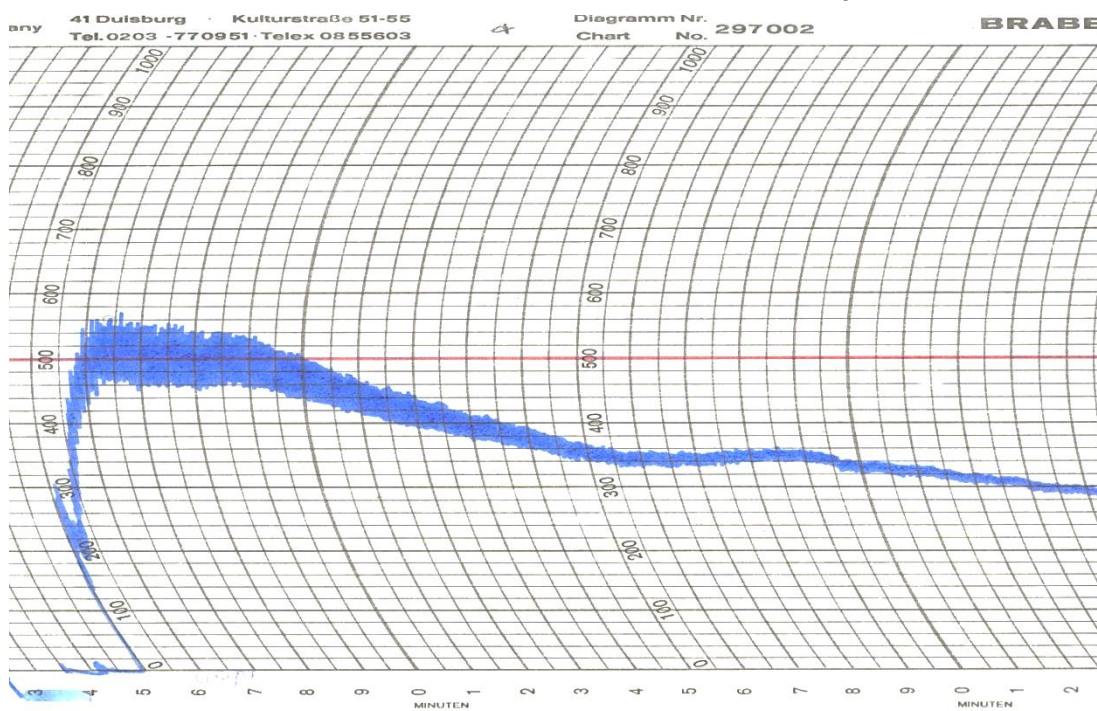
Fuente: Farinógrafo Brabender

FIGURA E -1.4. Tratamiento a0b0: 50 ppm de alfa-amilasa +100 ppm de glucosa oxidasa+ 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 2



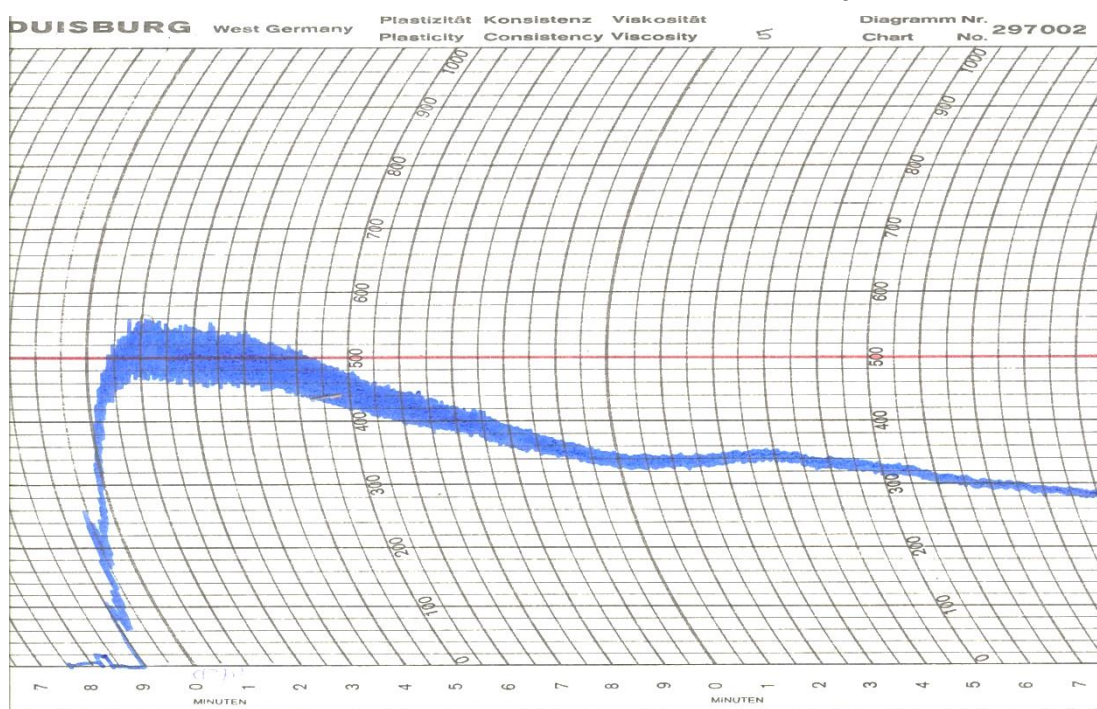
Fuente: Farinógrafo Brabender

FIGURA E-1.5. Tratamiento a0b1: 50 ppm de alfa-amilasa+ 150 ppm de glucosa oxidasa+ 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 1



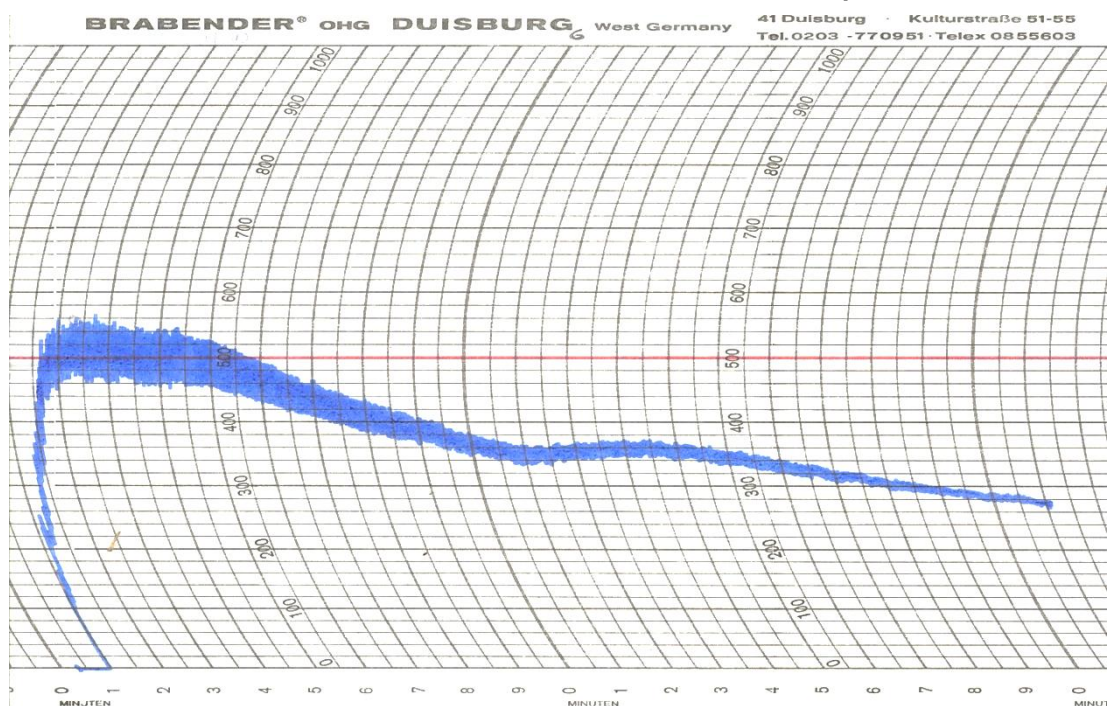
Fuente: Farinógrafo Brabender

FIGURA E-1.6. Tratamiento a0b1: 50 ppm de alfa-amilasa+ 150 ppm de glucosa oxidasa+ 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 2



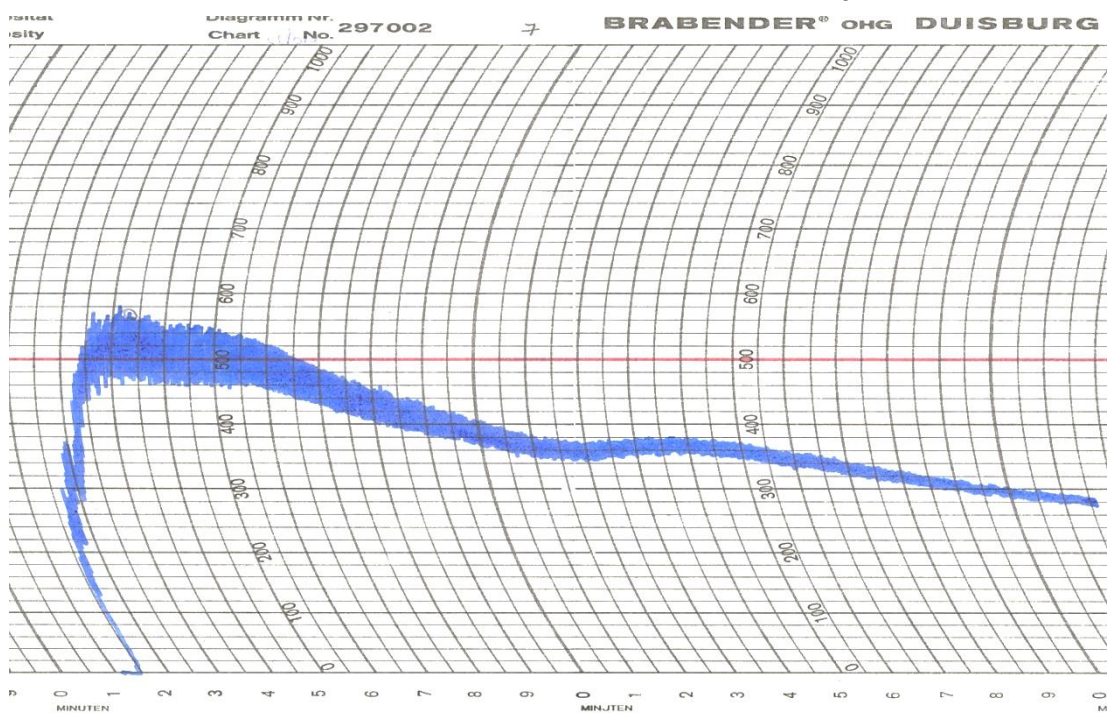
Fuente: Farinógrafo Brabender

FIGURA E-1.7. Tratamiento a0b2: 50 ppm de alfa-amilasa +200 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearil 2-lactilato de sodio. Réplica 1



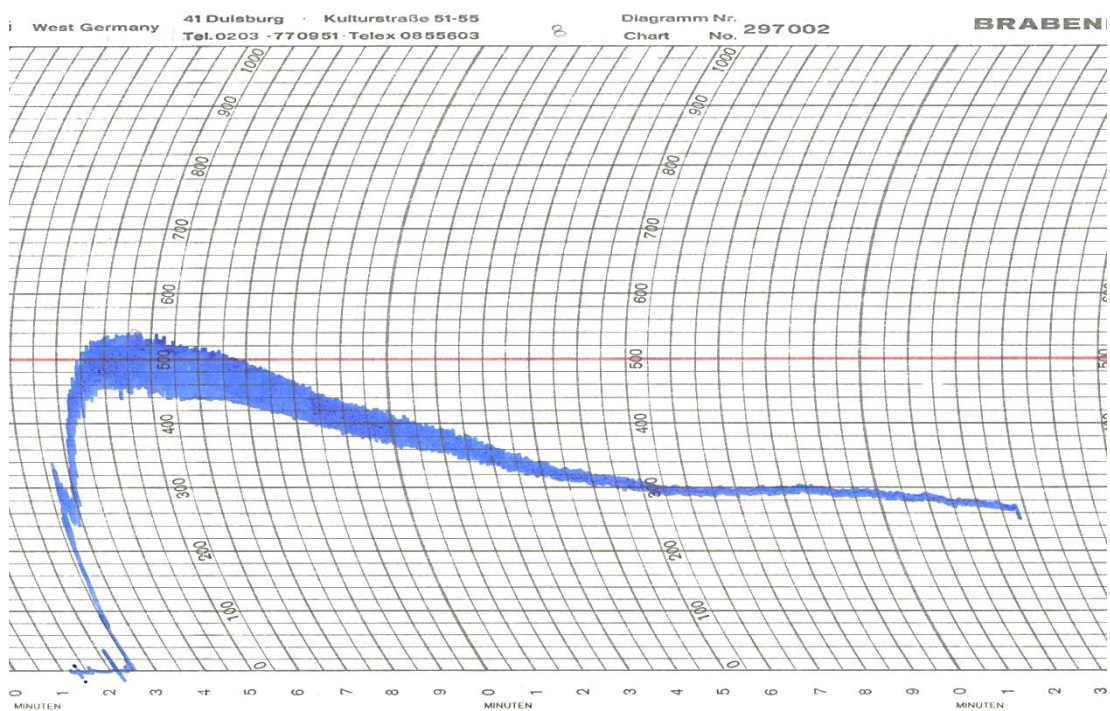
Fuente: Farinógrafo Brabender

FIGURA E-1.8. Tratamiento a0b2: 50 ppm de alfa-amilasa +200 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearil 2-lactilato de sodio. Réplica 2



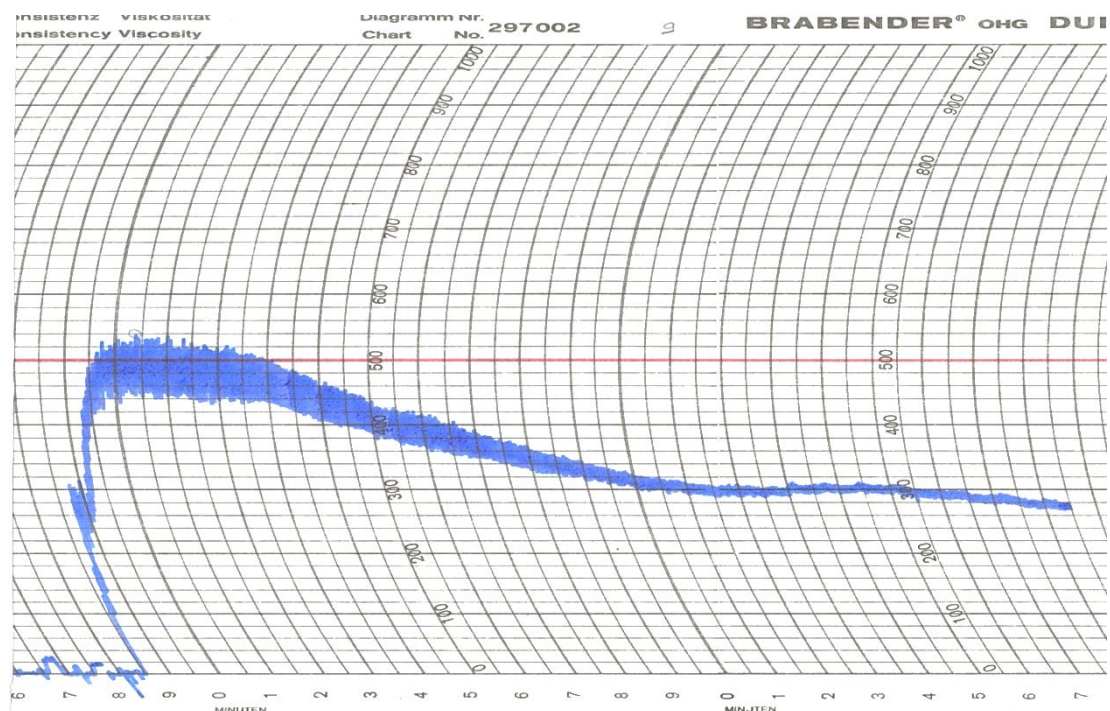
Fuente: Farinógrafo Brabender

FIGURA E-1.9. Tratamiento a1b0: 75 ppm de alfa-amilasa +100 ppm de glucosa oxidasa+ 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearil 2-lactilato de sodio. Réplica 1



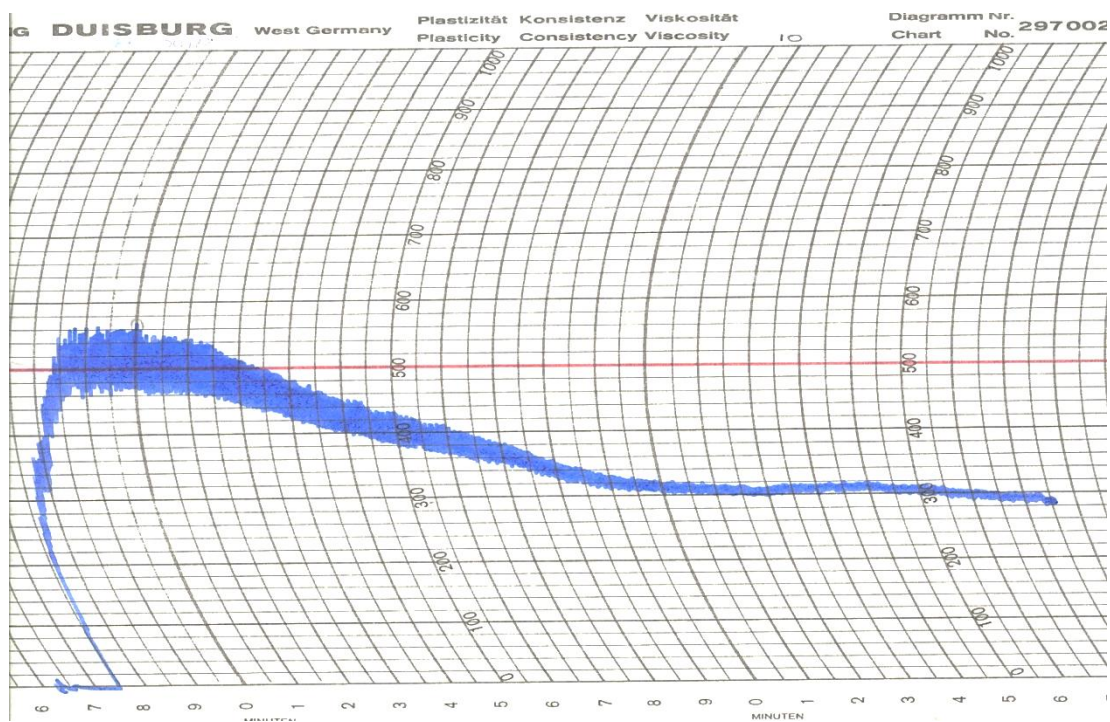
Fuente: Farinógrafo Brabender

FIGURA E-1.10. Tratamiento a1b0: 75 ppm de alfa-amilasa +100 ppm de glucosa oxidasa+ 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearil 2-lactilato de sodio. Réplica 2



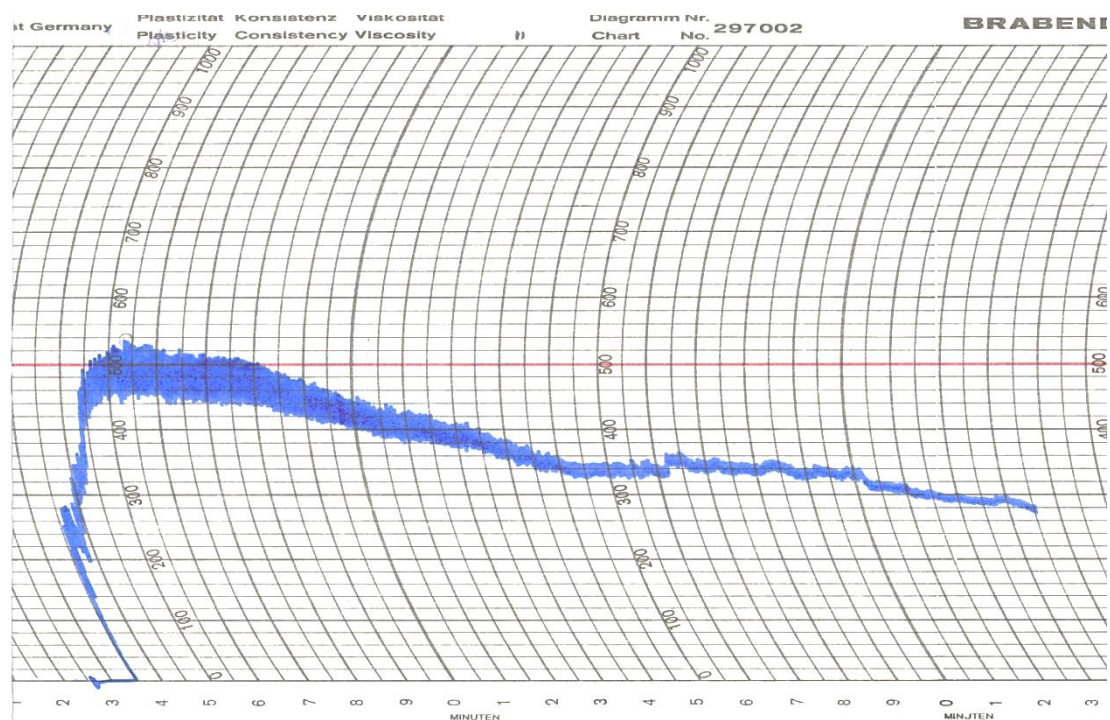
Fuente: Farinógrafo Brabender

FIGURA E-1.11. Tratamiento a1b1: 75 ppm de alfa-amilasa+ 150 ppm de glucosa oxidasa+ 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 1



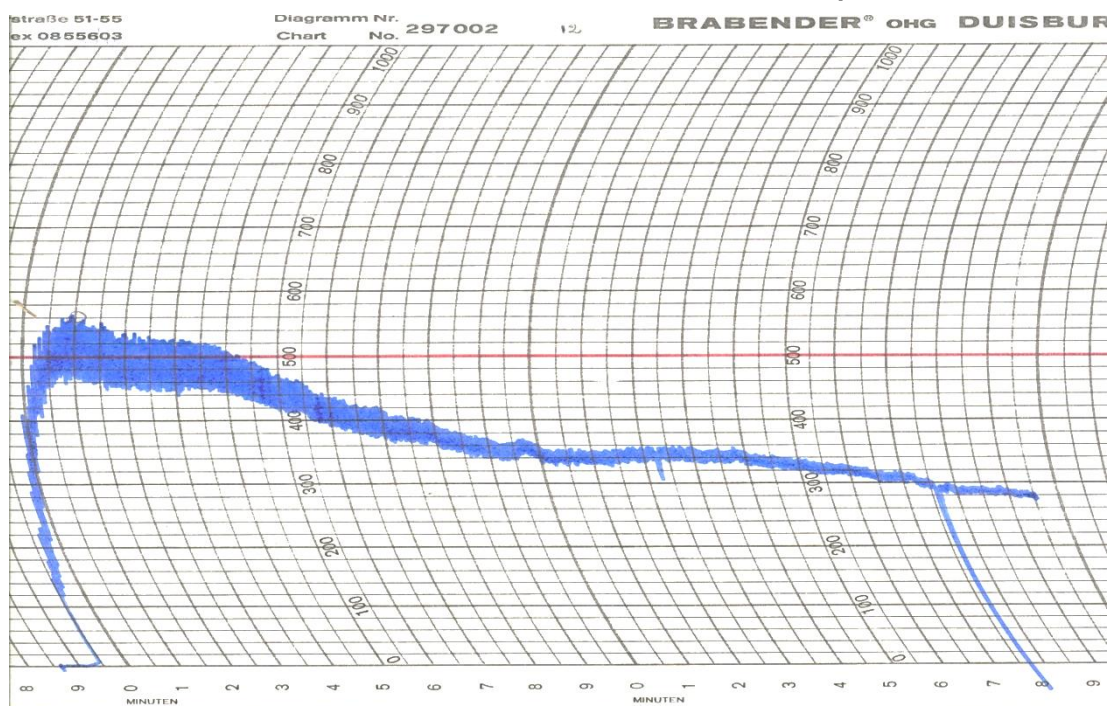
Fuente: Farinógrafo Brabender

FIGURA E-1.12 Tratamiento a1b1: 75 ppm de alfa-amilasa+ 150 ppm de glucosa oxidasa+ 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 2



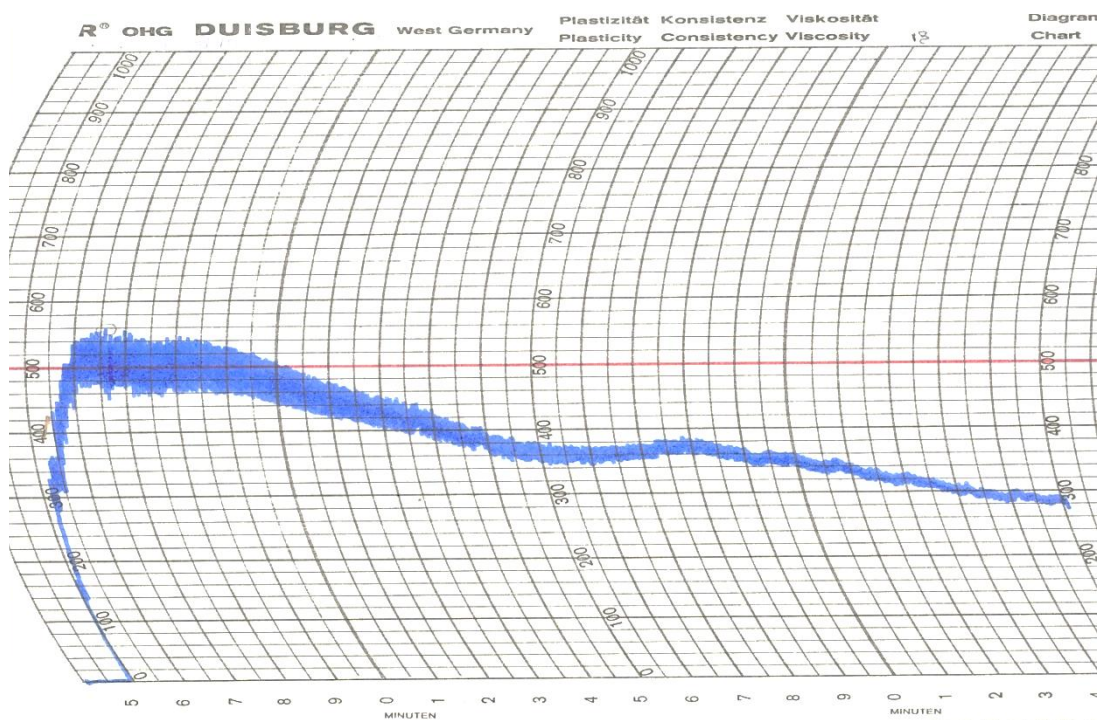
Fuente: Farinógrafo Brabender

FIGURA E - 1.13. Tratamiento a1b2: 75 ppm de alfa-amilasa + 200 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm ácido ascórbico+ 30 ppm azodicarbonamida + 250 ppm estearil 2-lactilato de sodio. Réplica 1



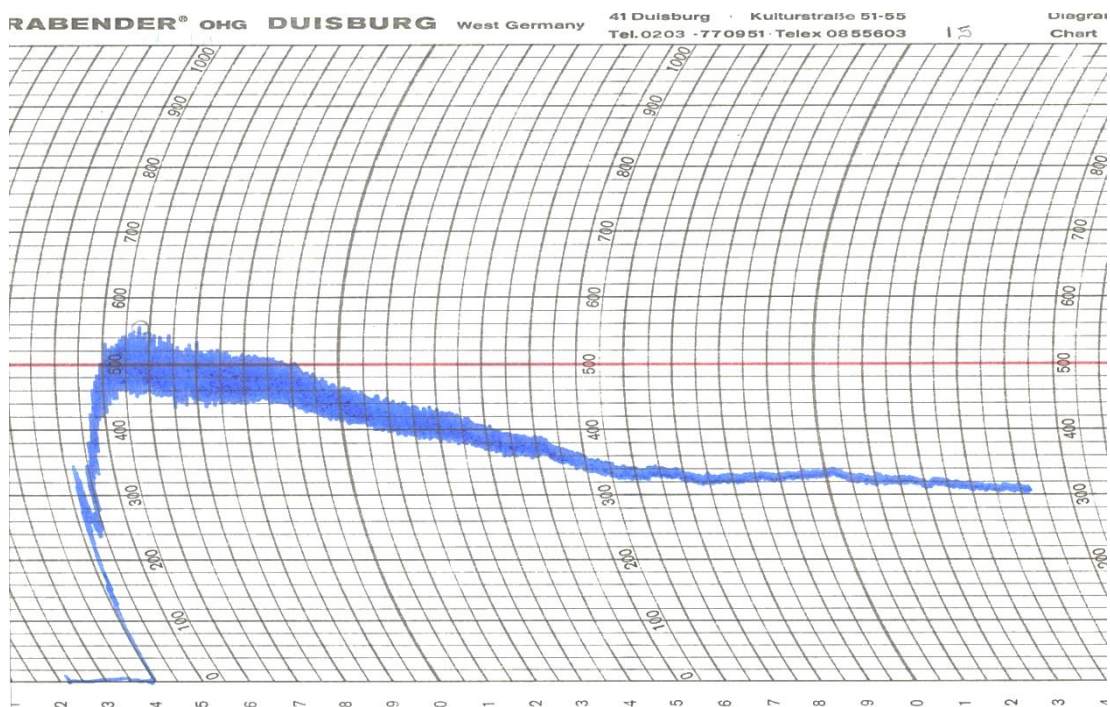
Fuente: Farinógrafo Brabender

FIGURA E - 1.14. Tratamiento a1b2: 75 ppm de alfa-amilasa + 200 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearil 2-lactilato de sodio. Réplica 2



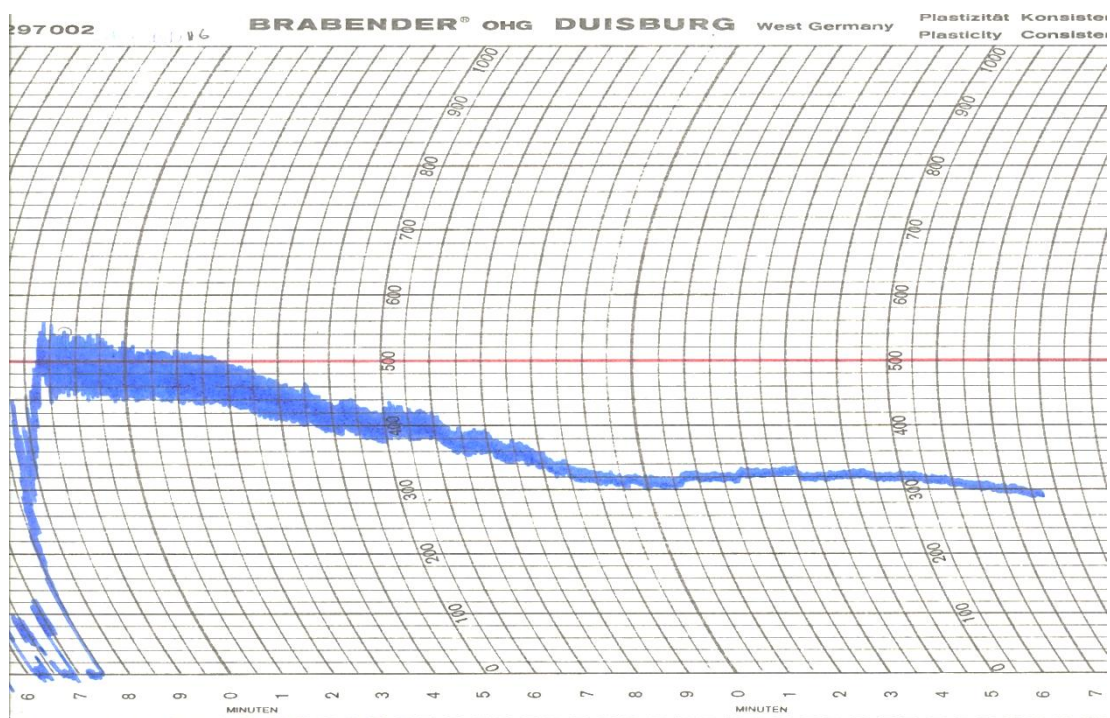
Fuente: Farinógrafo Brabender

FIGURA E-1.15. Tratamiento a2b0: 100 ppm de alfa-amilasa+ 100 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearil 2-lactilato de sodio. Réplica 1



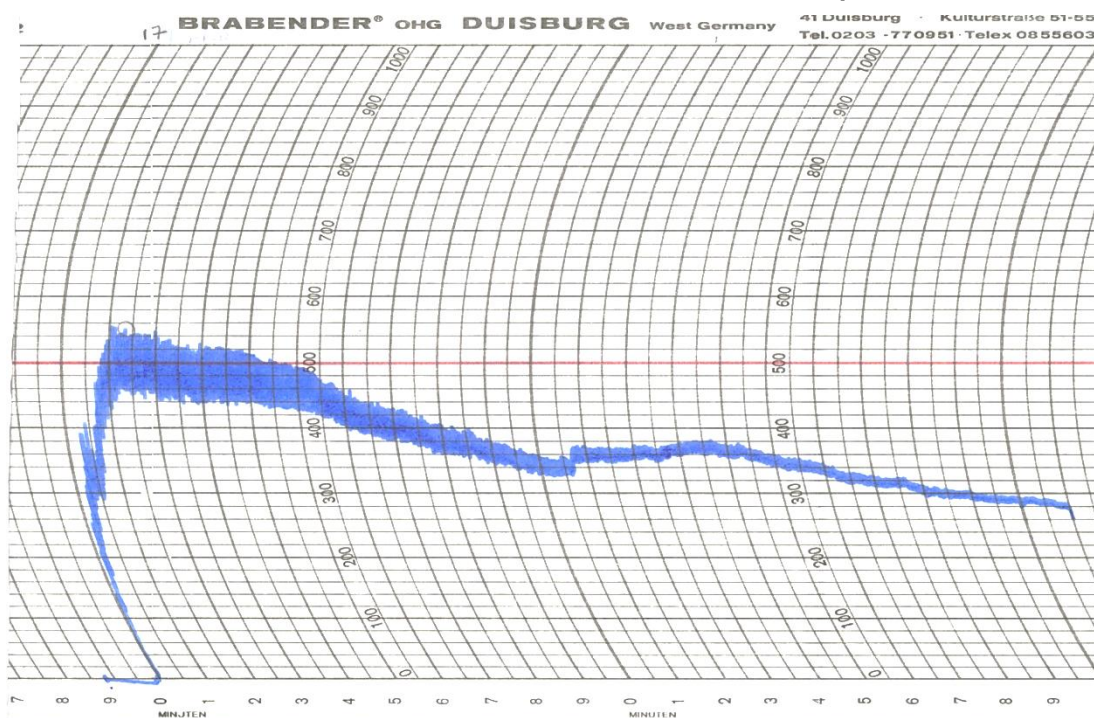
Fuente: Farinógrafo Brabender

FIGURAE-1.16. Tratamiento a2b0: 100 ppm de alfa-amilasa+ 100 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearil 2-lactilato de sodio. Réplica 2



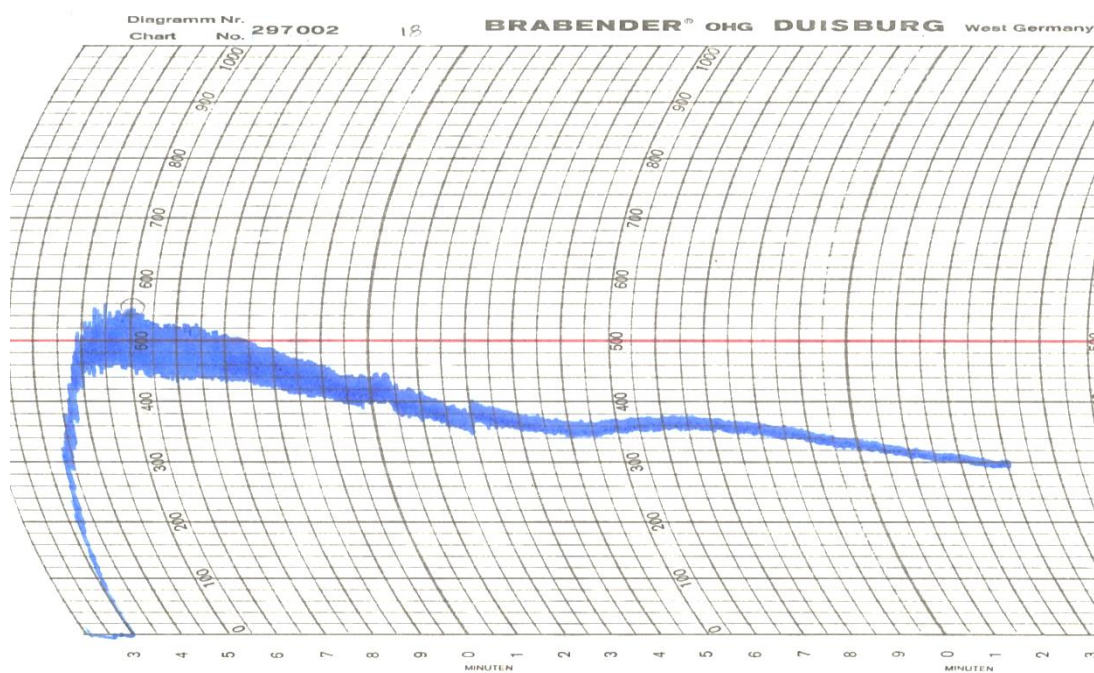
Fuente: Farinógrafo Brabender

FIGURA E-1.17. Tratamiento a2b1: 100 ppm de alfa-amilasa+ 150 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 1



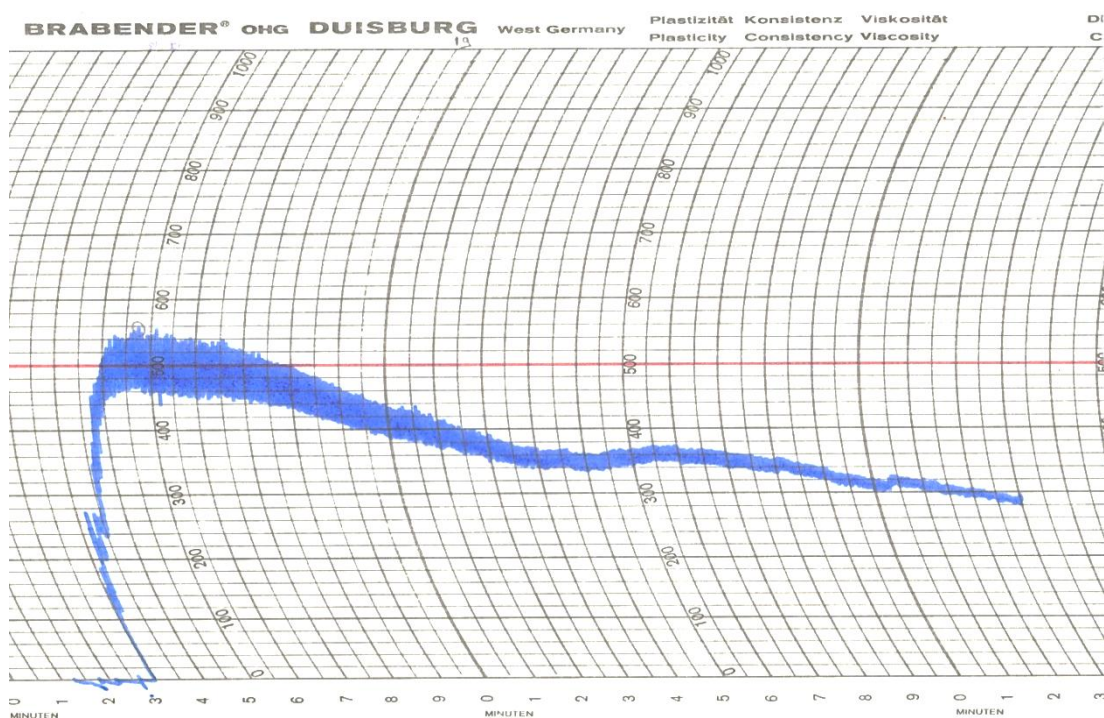
Fuente: Farinógrafo Brabender

FIGURA E-1.18. Tratamiento a2b1: 100 ppm de alfa-amilasa+ 150 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 2



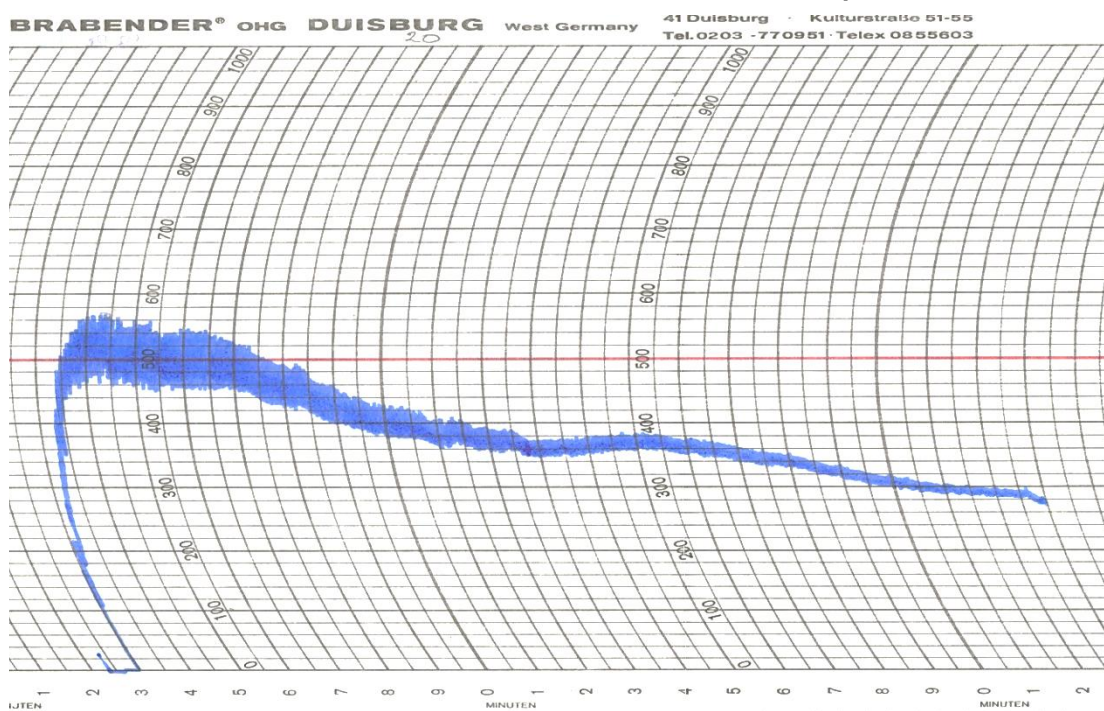
Fuente: Farinógrafo Brabender

FIGURA E-1.19. Tratamiento a2b2: 100 ppm de alfa-amilasa+ 200 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 1



Fuente: Farinógrafo Brabender

FIGURA E-1.20. Tratamiento a2b2: 100 ppm de alfa-amilasa+ 200 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 2



Fuente: Farinógrafo Brabender

ANEXO E-2 MIXOLAB

FIGURA E-2.1.TI COMERCIAL: Harina de trigo importado CWRS # 1 100% (control)

MIXOLAB



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
 AV LOS CHASQUIS Y RIO PAYAMINO
 AMBATO
 Ecuador
 Teléfono:032400987

Tesis Pan-Miraflores comercial 2

Fecha: 19/10/2010 **Hora:** 13:32

Muestra:

Hidratación: 63,1 % base 14%

Contenido en 12,7%

índice: 8-23-465

Protocolo: Chopin+

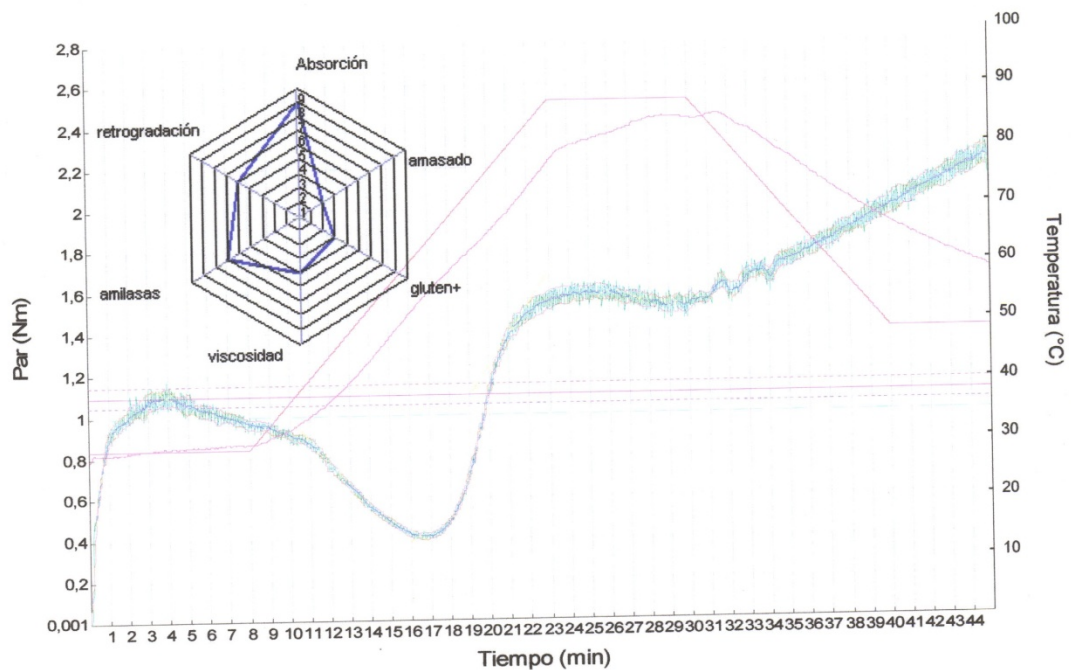
Peso de masa: 75,0 g

Temperatura depósito: 30,0 °C

Velocidad de amasado: 80 rpm

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. masa (° C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	3,90	1,10	30,3	0,10	7,27
C2	16,42	0,41	54,9		
C3	25,90	1,59	84,0		
C4	29,10	1,51	87,1		
C5	45,03	2,21	60,5		

α :	-0,118	Nm/min
β :	0,150	Nm/min
γ :	-0,040	Nm/min



Tesis Pan

1/2

N° aparato: 133

Versión:2.34+2.47

Fuente: Mixolab CHOPIN

FIGURA E-2.2. Muestra Pura: 20% harina de papa: 80 % harina de trigo importado

MIXOLAB

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
 AV LOS CHASQUIS Y RIO PAYAMINÓ
 AMBATO
 Ecuador
 Teléfono:032400987



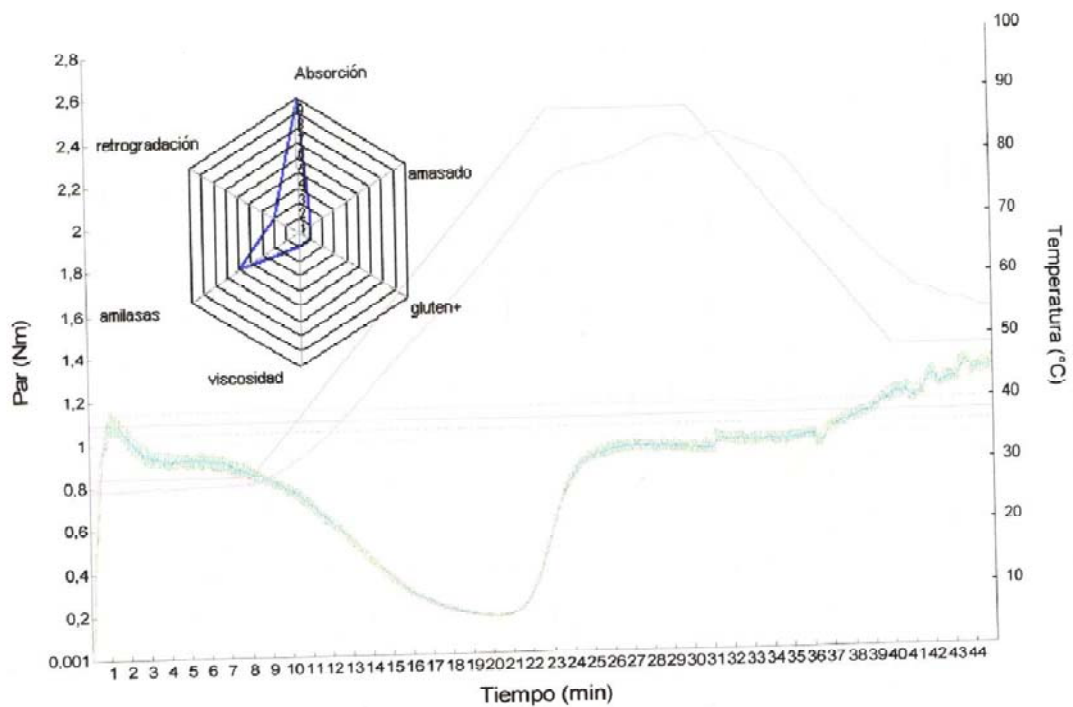
Tesis Pan-P2 pura

Fecha: 21/06/2010 **Hora:** 10:48
Muestra:
Hidratación: 69,1 % base 14%
Contenido en 12,1%
índice: 9-11-152

Protocolo: Chopin+
Peso de masa: 75,0 g
Temperatura depósito: 30,0 °C
Velocidad de amasado: 80 rpm

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. masa (° C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	1,28	1,10	27,9	0,11	2,25
C2	20,15	0,18	66,3		
C3	43,63	1,32	57,3		
C4	30,00	0,94	84,8		
C5	45,03	1,32	56,0		

α :	-0,090	Nm/min
β :	-0,012	Nm/min
γ :	0,114	Nm/min



Tesis Pan

1/2

N° aparato:

133

Versión:2.34+2.47

Fuente: Mixolab CHOPIN

FIGURA E-2.3. Tratamiento a0b0: 50 ppm de alfa-amilasa +100 ppm de glucosa oxidasa+ 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 1

MIXOLAB
 UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
 AV LOS CHASQUIS Y RIO PAYAMINO
 AMBATO
 Ecuador
 Teléfono:032400987



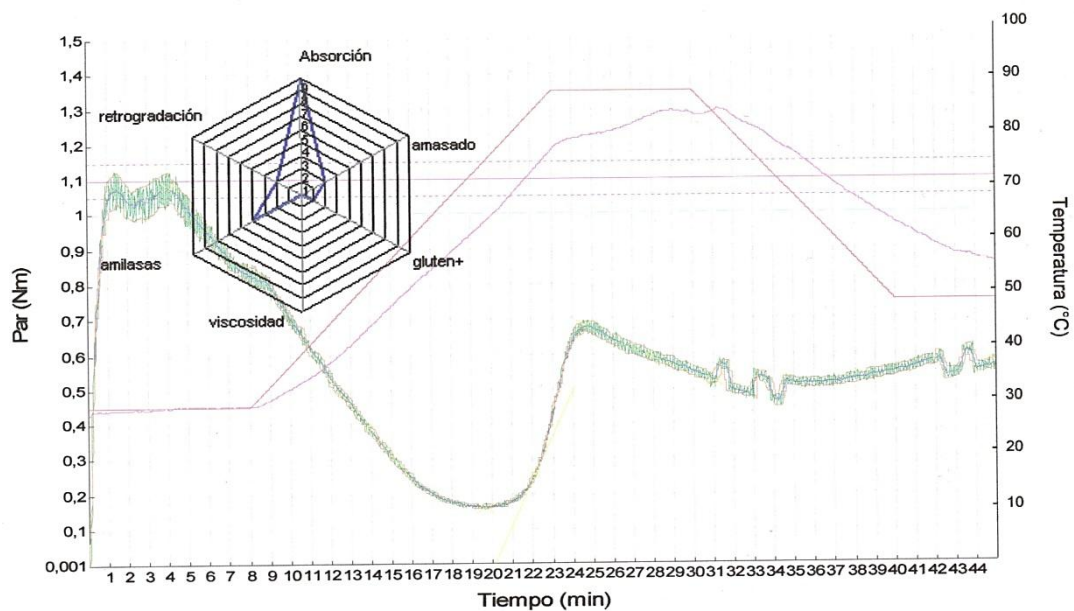
Tesis Pan-p2 a0b0 1

Fecha: 27/09/2010 **Hora:** 10:29
Muestra:
Hidratación: 67,1% base 14%
Contenido en 12,4%
índice: 9-21-042

Protocolo: Chopin+
Peso de masa: 75,0 g
Temperatura depósito: 30,0 °C
Velocidad de amasado: 80 rpm

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. masa (° C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	4,07	1,08	29,8	0,09	5,35
C2	19,62	0,16	64,8		
C3	24,62	0,68	81,6		
C4	31,03	0,52	86,1		
C5	45,03	0,57	57,2		

α :	-0,072	Nm/min
β :	0,126	Nm/min
γ :	-0,024	Nm/min



Tesis Pan

1/2

N° aparato:

133

Versión:2.34+2.47

Fuente: Mixolab CHOPIN

FIGURA E-2.4. Tratamiento a0b0: 50 ppm de alfa-amilasa +100 ppm de glucosa oxidasa+ 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 2

MIXOLAB

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
 AV LOS CHASQUIS Y RIO PAYAMINO
 AMBATO
 Ecuador
 Teléfono:032400987



Tesis Pan-p2 a0b0 2

Fecha: 27/09/2010 **Hora:** 11:46

Muestra:

Hidratación: 67,1% base 14%

Contenido en 12,4%

índice: 9-11-042

Protocolo: Chopin+

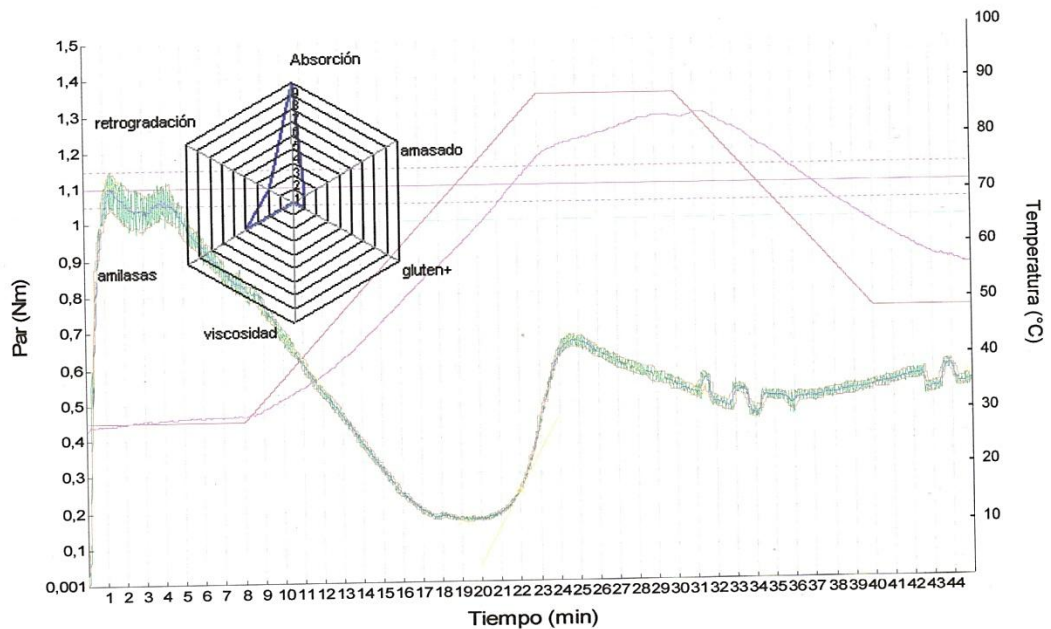
Peso de masa: 75,0 g

Temperatura depósito: 30,0 °C

Velocidad de amasado: 80 rpm

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. masa (° C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	1,37	1,11	29,6	0,10	4,87
C2	19,17	0,17	62,5		
C3	24,73	0,67	81,3		
C4	31,07	0,52	86,4		
C5	45,05	0,56	57,7		

α :	-0,072	Nm/min
β :	0,102	Nm/min
γ :	-0,022	Nm/min



Tesis Pan

1/2

N° aparato: 133

Versión:2.34+2.47

Fuente: Mixolab CHOPIN

FIGURA E-2.5. Tratamiento a0b1: 50 ppm de alfa-amilasa+ 150 ppm de glucosa oxidasa+ 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 1

MIXOLAB

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
 AV LOS CHASQUIS Y RIO PAYAMINO
 AMBATO
 Ecuador
 Teléfono:032400987



Tesis Pan-P2 a0b1 1

Fecha: 27/09/2010 **Hora:** 16:08

Muestra:

Hidratación: 66,8% base 14%

Contenido en 12,1%

índice: 9-21-042

Protocolo: Chopin+

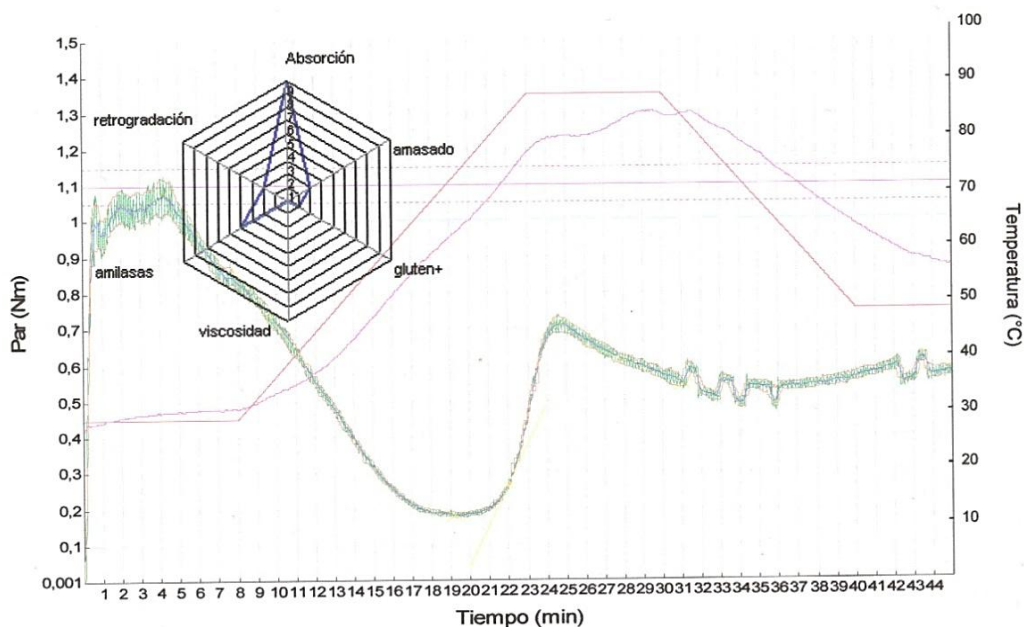
Peso de masa: 75,0 g

Temperatura depósito: 30,0 °C

Velocidad de amasado: 80 rpm

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. masa (° C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	4,23	1,08	31,4	0,10	5,55
C2	19,23	0,18	64,1		
C3	24,72	0,71	82,3		
C4	31,07	0,54	86,3		
C5	45,03	0,59	57,9		

α :	-0,070	Nm/min
β :	0,112	Nm/min
γ :	-0,022	Nm/min



Tesis Pan

1/2

N° aparato:

133

Versión:2.34+2.47

Fuente: Mixolab CHOPIN

FIGURA E-2.6. Tratamiento a0b1: 50 ppm de alfa-amilasa+ 150 ppm de glucosa oxidasa+ 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 2

MIXOLAB

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
 AV LOS CHASQUIS Y RIO PAYAMINO
 AMBATO
 Ecuador
 Teléfono:032400987



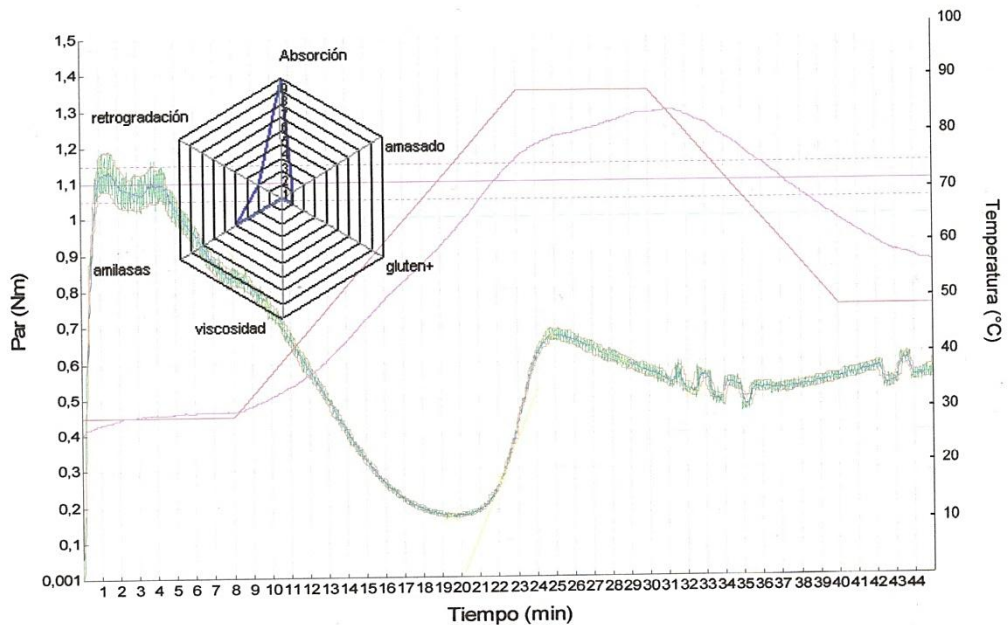
Tesis Pan-p2 a0b1 2

Fecha: 27/09/2010 **Hora:** 14:58
Muestra:
Hidratación: 66,8 % base 14%
Contenido en 12,1%
índice: 9-11-042

Protocolo: Chopin+
Peso de masa: 75,0 g
Temperatura depósito: 30,0 °C
Velocidad de amasado: 80 rpm

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. masa (° C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	1,47	1,14	29,1	0,11	5,07
C2	19,47	0,17	62,9		
C3	24,87	0,67	81,3		
C4	32,38	0,51	84,8		
C5	45,05	0,57	57,9		

α :	-0,074	Nm/min
β :	0,130	Nm/min
γ :	-0,024	Nm/min



Tesis Pan

1/2

N° aparato:

133

Versión:2.34+2.47

Fuente: Mixolab CHOPIN

FIGURA E-2.7. Tratamiento a0b2: 50 ppm de alfa-amilasa +200 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 1

MIXOLAB

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
 AV LOS CHASQUIS Y RIO PAYAMINO
 AMBATO
 Ecuador
 Teléfono:032400987



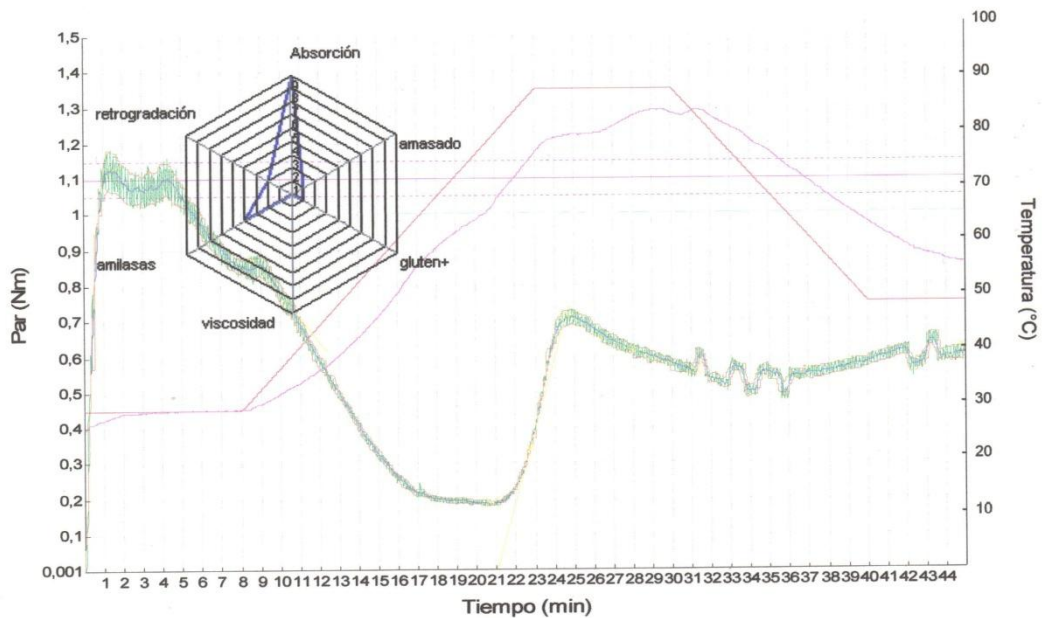
Tesis Pan-P2 a0b2 1

Fecha: 28/09/2010 **Hora:** 09:29
Muestra:
Hidratación: 67,1% base 14%
Contenido en 12,5%
índice: 9-11-042

Protocolo: Chopin+
Peso de masa: 75,0 g
Temperatura depósito: 30,0 °C
Velocidad de amasado: 80 rpm

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. masa (° C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	1,55	1,13	28,9	0,11	5,13
C2	20,72	0,19	67,5		
C3	24,75	0,71	81,4		
C4	31,10	0,56	85,8		
C5	45,05	0,62	57,3		

α :	-0,068	Nm/min
β :	0,200	Nm/min
γ :	-0,022	Nm/min



Tesis Pan

1/2

N° aparato:

133

Versión:2.34+2.47

Fuente: Mixolab CHOPIN

FIGURA E-2.8. Tratamiento a0b2: 50 ppm de alfa-amilasa +200 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 2

MIXOLAB

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
 AV LOS CHASQUIS Y RIO PAYAMINO
 AMBATO
 Ecuador
 Teléfono:032400987



Tesis Pan-p2 a0b2 2

Fecha: 28/09/2010 **Hora:** 10:30

Muestra:

Hidratación: 67,1% base 14%

Contenido en 12,5%

índice: 9-11-042

Protocolo: Chopin+

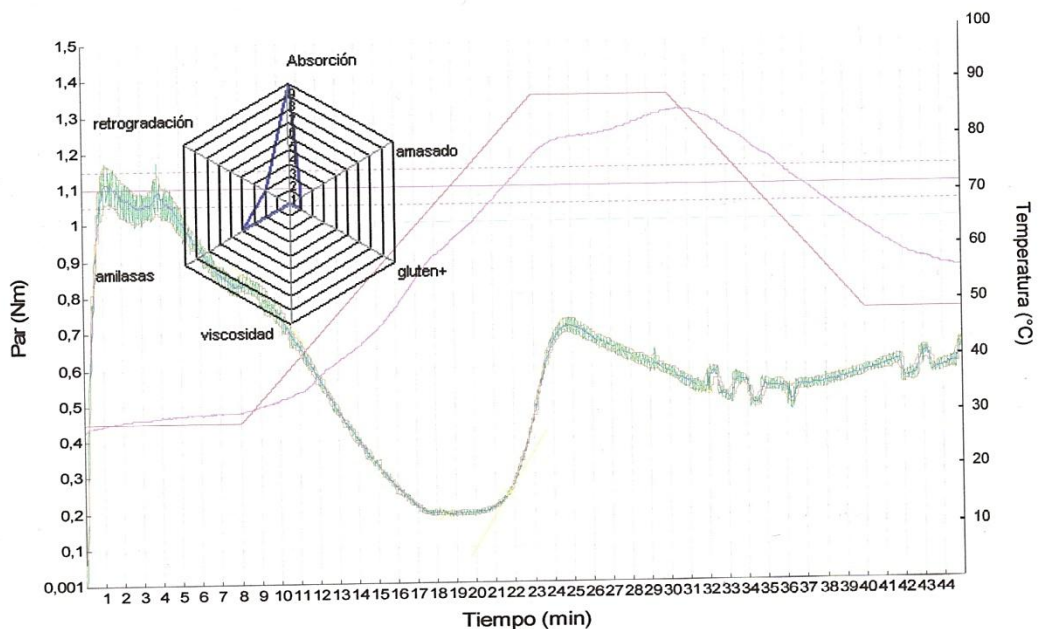
Peso de masa: 75,0 g

Temperatura depósito: 30,0 °C

Velocidad de amasado: 80 rpm

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. masa (° C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	1,30	1,12	30,0	0,10	4,80
C2	18,52	0,19	61,9		
C3	24,87	0,71	82,2		
C4	31,77	0,53	86,1		
C5	45,03	0,65	57,6		

α :	-0,060	Nm/min
β :	0,088	Nm/min
γ :	-0,024	Nm/min



Tesis Pan

1/2

N° aparato: 133

Versión:2.34+2.47

Fuente: Mixolab CHOPIN

FIGURA E-2.9. Tratamiento a1b0: 75 ppm de alfa-amilasa +100 ppm de glucosa oxidasa+ 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 1

MIXOLAB

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
 AV LOS CHASQUIS Y RIO PAYAMINO
 AMBATO
 Ecuador
 Teléfono:032400987



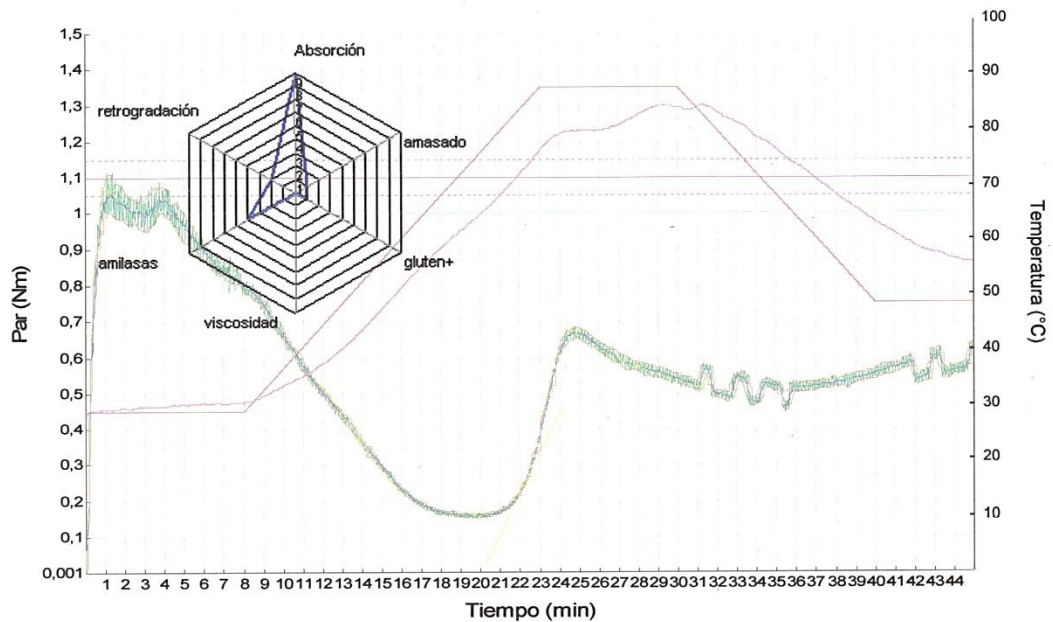
Tesis Pan-P2 a1b0 1

Fecha: 28/09/2010 **Hora:** 11:42
Muestra:
Hidratación: 67,0 % base 14%
Contenido en 12,5%
índice: 9-11-042

Protocolo: Chopin+
Peso de masa: 75,0 g
Temperatura depósito: 30,0 °C
Velocidad de amasado: 80 rpm

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. masa (° C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	1,23	1,06	30,4	0,11	4,93
C2	19,70	0,16	65,4		
C3	24,68	0,67	82,0		
C4	31,03	0,52	86,5		
C5	45,03	0,63	57,5		

α :	-0,080	Nm/min
β :	0,110	Nm/min
γ :	-0,022	Nm/min



Tesis Pan

1/2

N° aparato:

133

Versión:2.34+2.47

Fuente: Mixolab CHOPIN

FIGURA E-2.10. Tratamiento a1b0: 75 ppm de alfa-amilasa +100 ppm de glucosa oxidasa+ 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 2

MIXOLAB

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
 AV LOS CHASQUIS Y RIO PAYAMINO
 AMBATO
 Ecuador
 Teléfono:032400987



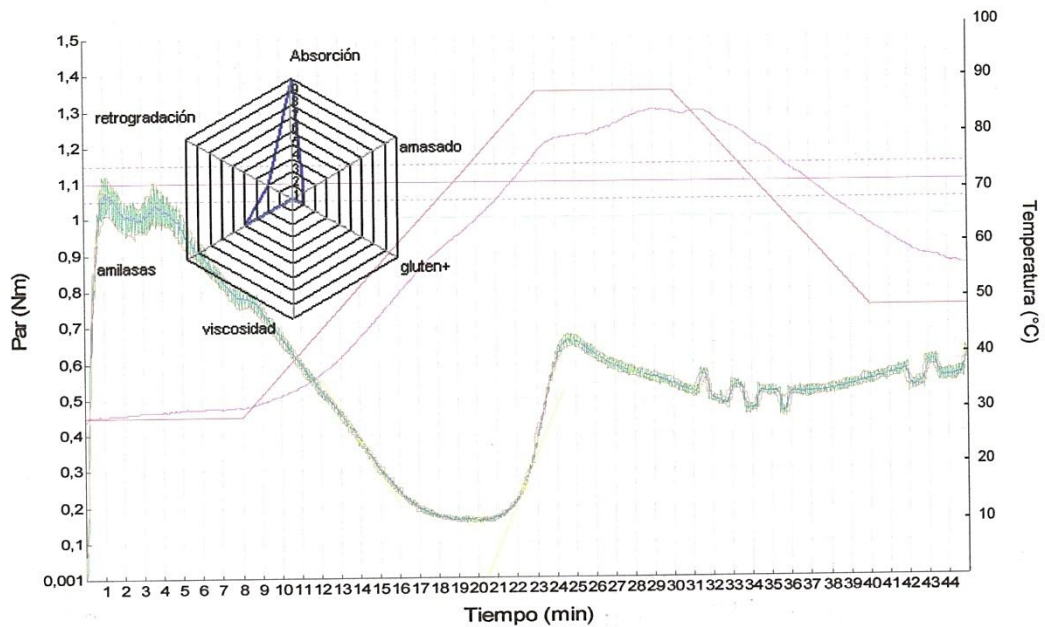
Tesis Pan-p2 a1b0 2

Fecha: 28/09/2010 **Hora:** 12:53
Muestra:
Hidratación: 67,0 % base 14%
Contenido en 12,5%
índice: 9-11-042

Protocolo: Chopin+
Peso de masa: 75,0 g
Temperatura depósito: 30,0 °C
Velocidad de amasado: 80 rpm

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. masa (° C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	1,12	1,08	30,3	0,11	4,85
C2	19,90	0,16	65,9		
C3	24,78	0,66	81,7		
C4	31,08	0,52	86,3		
C5	45,03	0,62	57,6		

α :	-0,086	Nm/min
β :	0,132	Nm/min
γ :	-0,022	Nm/min



Tesis Pan

1/2

N° aparato:

133

Versión:2.34+2.47

Fuente: Mixolab CHOPIN

FIGURA E-2.11. Tratamiento a1b1: 75 ppm de alfa-amilasa+ 150 ppm de glucosa oxidasa+ 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 1

MIXOLAB

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
 AV LOS CHASQUIS Y RIO PAYAMINO
 AMBATO
 Ecuador
 Teléfono:032400987



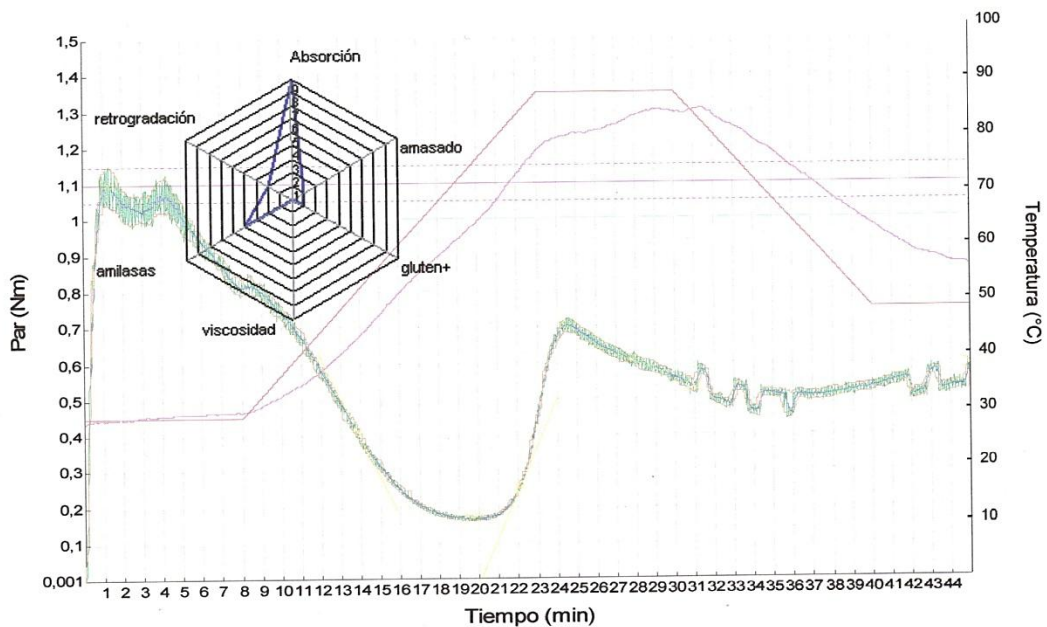
Tesis Pan-p2 a1b1 1

Fecha: 28/09/2010 **Hora:** 14:19
Muestra:
Hidratación: 67,1% base 14%
Contenido en 12,6%
índice: 9-11-042

Protocolo: Chopin+
Peso de masa: 75,0 g
Temperatura depósito: 30,0 °C
Velocidad de amasado: 80 rpm

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. masa (° C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	1,30	1,10	29,8	0,11	5,05
C2	19,63	0,17	65,1		
C3	24,55	0,70	82,0		
C4	30,92	0,53	86,6		
C5	45,05	0,59	57,6		

α :	-0,110	Nm/min
β :	0,128	Nm/min
γ :	-0,020	Nm/min



Tesis Pan

1/2

N° aparato:

133

Versión:2.34+2.47

Fuente: Mixolab CHOPIN

FIGURA E-2.12. Tratamiento a1b1: 75 ppm de alfa-amilasa+ 150 ppm de glucosa oxidasa+ 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 2

MIXOLAB

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
 AV LOS CHASQUIS Y RIO PAYAMINO
 AMBATO
 Ecuador
 Teléfono:032400987



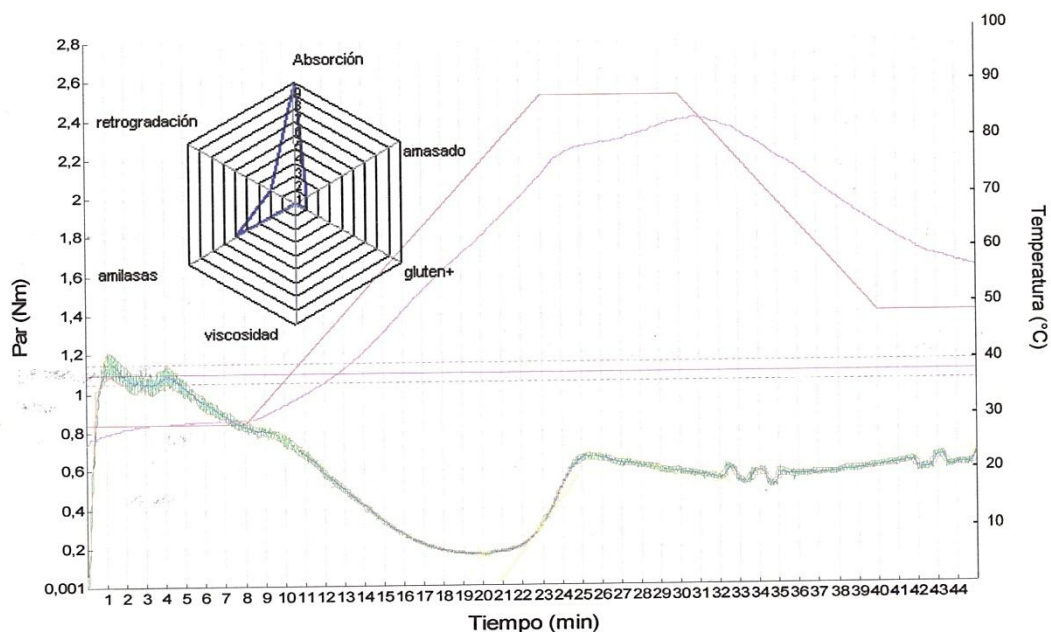
Tesis Pan-P2 a1b1 2

Fecha: 28/09/2010 **Hora:** 16:28
Muestra:
Hidratación: 67,0 % base 14%
Contenido en 12,6%
índice: 9-11-052

Protocolo: Chopin+
Peso de masa: 75,0 g
Temperatura depósito: 30,0 °C
Velocidad de amasado: 80 rpm

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. masa (° C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	1,20	1,15	28,4	0,13	4,55
C2	20,12	0,16	64,4		
C3	25,58	0,66	80,9		
C4	32,12	0,54	84,5		
C5	45,05	0,67	58,2		

α :	-0,068	Nm/min
β :	0,136	Nm/min
γ :	-0,030	Nm/min



Tesis Pan

1/2

N° aparato: 133

Versión:2.34+2.47

Fuente: Mixolab CHOPIN

FIGURA E-2.13. Tratamiento a1b2: 75 ppm de alfa-amilasa + 200 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 1

MIXOLAB

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
 AV LOS CHASQUIS Y RIO PAYAMINO
 AMBATO
 Ecuador
 Teléfono:032400987



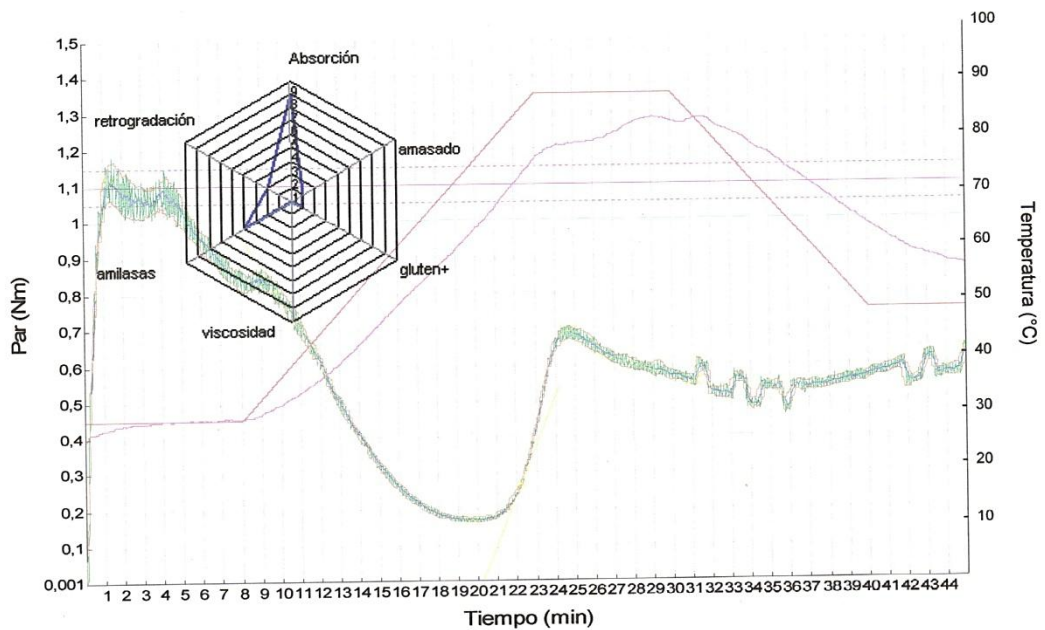
Tesis Pan-p2 a1b2 1

Fecha: 29/09/2010 **Hora:** 10:13
Muestra:
Hidratación: 65,9% base 14%
Contenido en 12,2%
índice: 8-11-042

Protocolo: Chopin+
Peso de masa: 75,0 g
Temperatura depósito: 30,0 °C
Velocidad de amasado: 80 rpm

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. masa (° C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	1,35	1,12	28,7	0,10	4,83
C2	19,70	0,17	64,0		
C3	24,70	0,69	80,6		
C4	31,08	0,55	85,1		
C5	45,05	0,63	57,8		

α :	-0,082	Nm/min
β :	0,136	Nm/min
γ :	-0,016	Nm/min



Tesis Pan

1/2

N° aparato:

133

Versión:2.34+2.47

Fuente: Mixolab CHOPIN

FIGURA E-2.14. Tratamiento a1b2: 75 ppm de alfa-amilasa + 200 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 2

MIXOLAB

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
 AV LOS CHASQUIS Y RIO PAYAMINO
 AMBATO
 Ecuador
 Teléfono:032400987



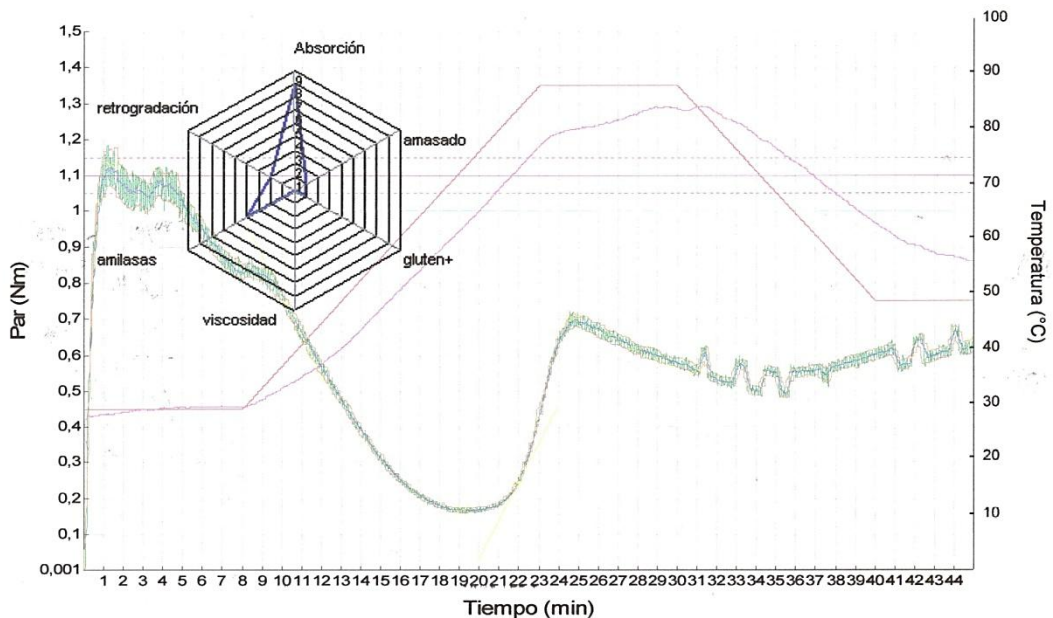
Tesis Pan-P2 a1b2 2r

Fecha: 29/09/2010 **Hora:** 16:12
Muestra:
Hidratación: 66,0 % base 14%
Contenido en 12,2%
índice: 8-11-042

Protocolo: Chopin+
Peso de masa: 75,0 g
Temperatura depósito: 30,0 °C
Velocidad de amasado: 80 rpm

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. masa (° C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	1,37	1,13	29,0	0,10	5,03
C2	19,17	0,17	63,6		
C3	24,70	0,70	81,9		
C4	30,98	0,56	86,1		
C5	45,05	0,63	57,1		

α :	-0,110	Nm/min
β :	0,106	Nm/min
γ :	-0,026	Nm/min



Tesis Pan

1/2

N° aparato:

133

Versión:2.34+2.47

Fuente: Mixolab CHOPIN

FIGURA E-2.15. Tratamiento a2b0: 100 ppm de alfa-amilasa+ 100 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 1

MIXOLAB

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
 AV LOS CHASQUIS Y RIO PAYAMINO
 AMBATO
 Ecuador
 Teléfono:032400987



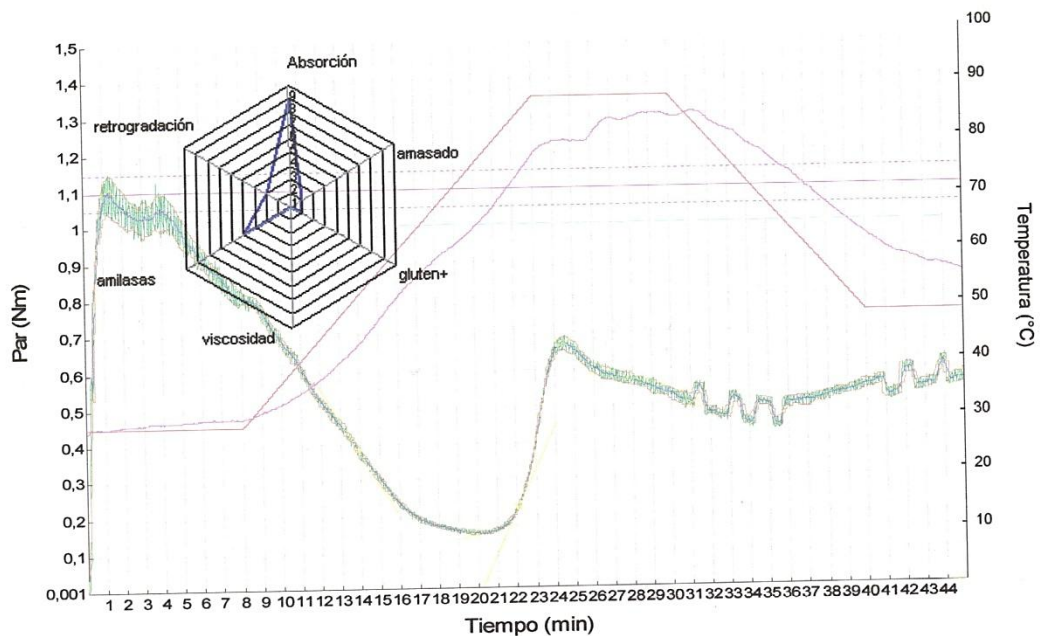
Tesis Pan-p2 a2b0 1

Fecha: 30/09/2010 **Hora:** 12:08
Muestra:
Hidratación: 65,9 % base 14%
Contenido en 12,3%
índice: 8-11-042

Protocolo: Chopin+
Peso de masa: 75,0 g
Temperatura depósito: 30,0 °C
Velocidad de amasado: 80 rpm

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. masa (° C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	1,28	1,11	30,1	0,11	4,72
C2	19,70	0,15	65,1		
C3	24,47	0,67	81,9		
C4	31,03	0,50	86,8		
C5	45,05	0,57	57,0		

α :	-0,088	Nm/min
β :	0,116	Nm/min
γ :	-0,008	Nm/min



Tesis Pan

1/2

N° aparato: 133

Versión:2.34+2.47

Fuente: Mixolab CHOPIN

FIGURA E-2.16. Tratamiento a2b0: 100 ppm de alfa-amilasa+ 100 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 2

MIXOLAB

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
 AV LOS CHASQUIS Y RIO PAYAMINO
 AMBATO
 Ecuador
 Teléfono:032400987



Tesis Pan-P2 a2b0 2

Fecha: 30/09/2010 Hora: 10:52

Muestra:

Hidratación: 65,9 % base 14%

Contenido en 12,3%

índice: 8-11-042

Protocolo: Chopin+

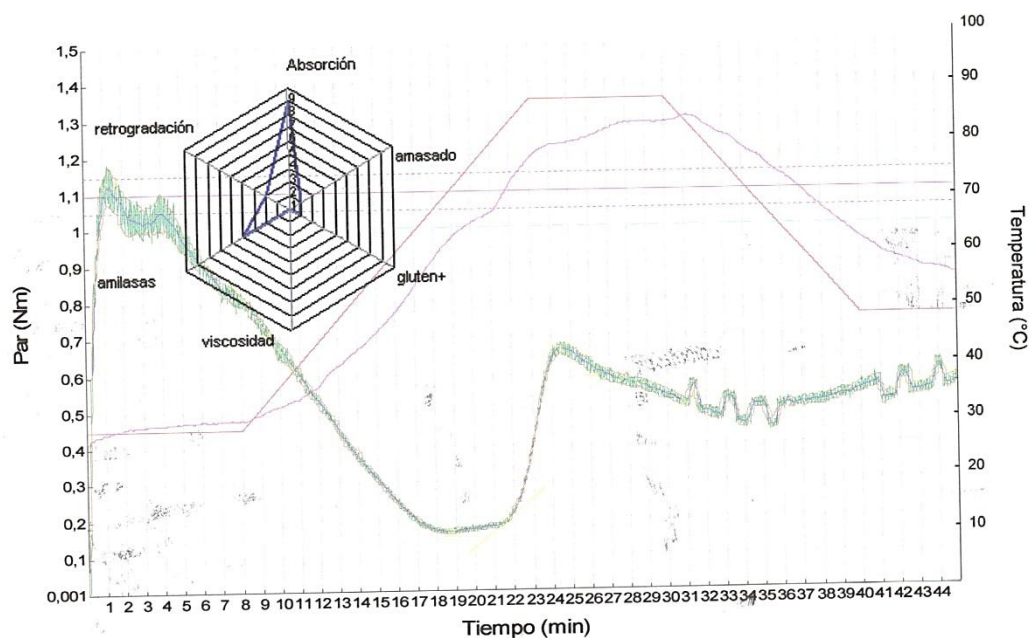
Peso de masa: 75,0 g

Temperatura depósito: 30,0 °C

Velocidad de amasado: 80 rpm

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. masa (° C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	1,37	1,13	29,9	0,11	4,28
C2	18,78	0,16	64,2		
C3	24,45	0,66	81,6		
C4	30,95	0,51	86,5		
C5	45,03	0,57	57,0		

α :	-0,076	Nm/min
β :	0,044	Nm/min
γ :	-0,008	Nm/min



Tesis Pan 1/2 N° aparato: 133 Versión:2.34+2.47

Fuente: Mixolab CHOPIN

FIGURA E-2.17. Tratamiento a2b1: 100 ppm de alfa-amilasa+ 150 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 1

MIXOLAB

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
 AV LOS CHASQUIS Y RIO PAYAMINO
 AMBATO
 Ecuador
 Teléfono:032400987



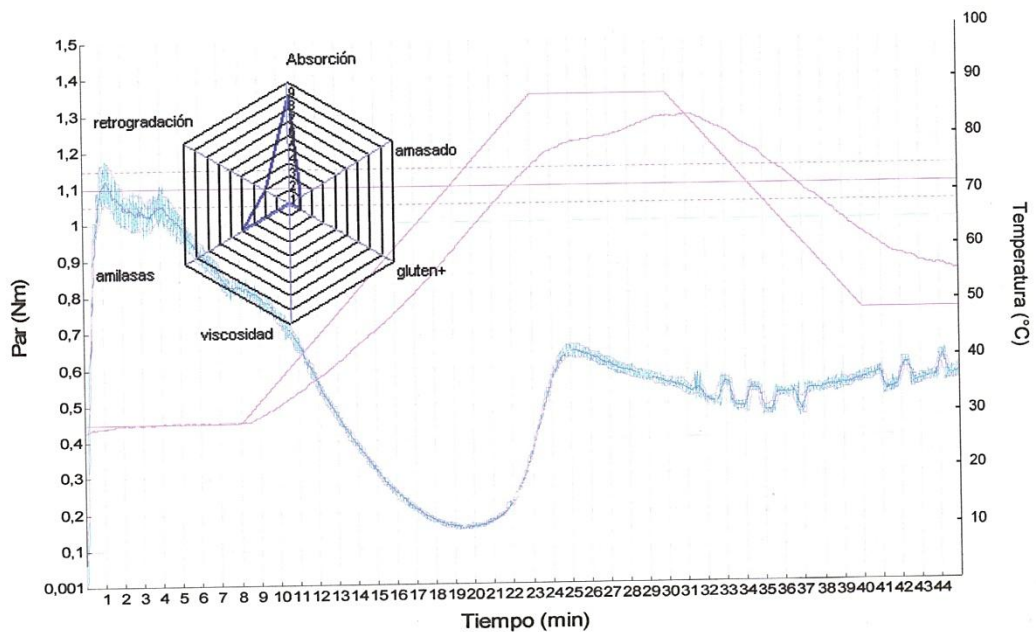
Cientes-p2 a2b1 1

Fecha: 07/10/2010 **Hora:** 09:32
Muestra:
Hidratación: 65,9% base 14%
Contenido en 12,2%
índice: 8-11-042

Protocolo: Chopin+
Peso de masa: 75,0 g
Temperatura depósito: 30,0 °C
Velocidad de amasado: 80 rpm

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. masa (° C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	1,22	1,13	29,5	0,11	4,78
C2	19,40	0,16	63,1		
C3	24,93	0,64	80,9		
C4	32,50	0,50	83,9		
C5	45,05	0,58	56,9		

α :	-0,064	Nm/min
β :	0,100	Nm/min
γ :	-0,012	Nm/min



Cientes

1/2

N° aparato: 133

Versión:2.34+2.47

Fuente: Mixolab CHOPIN

FIGURA E-2.18. Tratamiento a2b1: 100 ppm de alfa-amilasa+ 150 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 2

MIXOLAB

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
 AV LOS CHASQUIS Y RIO PAYAMINO
 AMBATO
 Ecuador
 Teléfono:032400987



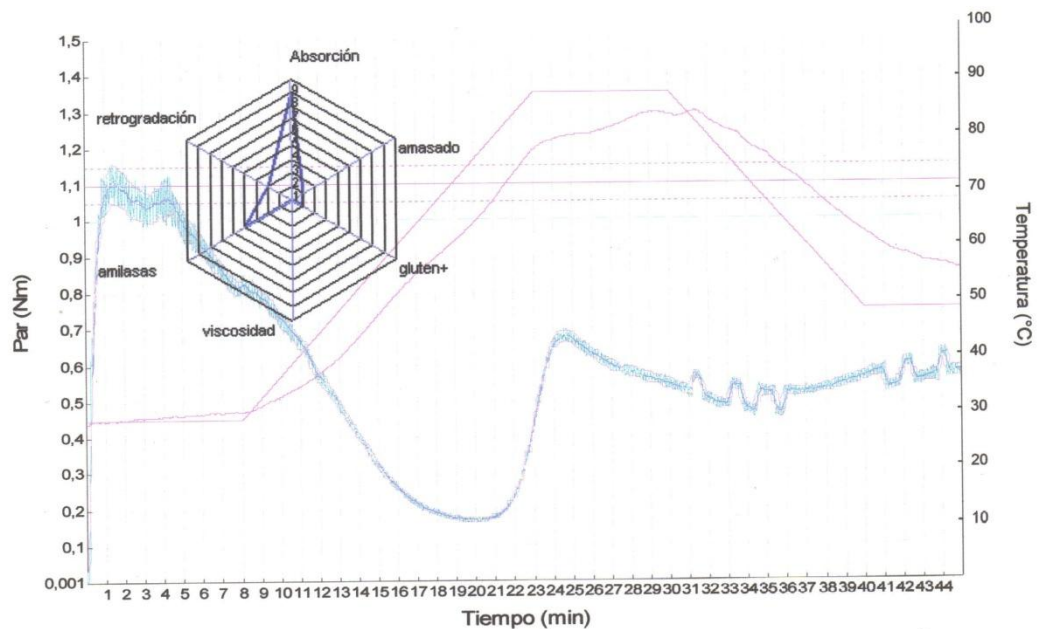
Tesis Pan-P2 a2b1 2

Fecha: 07/10/2010 **Hora:** 10:40
Muestra:
Hidratación: 65,9 % base 14%
Contenido en 12,2 %
índice: 8-11-042

Protocolo: Chopin+
Peso de masa: 75,0 g
Temperatura depósito: 30,0 °C
Velocidad de amasado: 80 rpm

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. masa (° C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	1,47	1,11	29,9	0,11	4,87
C2	20,12	0,17	66,7		
C3	24,58	0,68	81,8		
C4	31,02	0,52	86,2		
C5	45,05	0,59	57,0		

α :	-0,086	Nm/min
β :	0,170	Nm/min
γ :	-0,014	Nm/min



Tesis Pan

1/2

N° aparato:

133

Versión:2.34+2.47

Fuente: Mixolab CHOPIN

FIGURA E-2.19. Tratamiento a2b2: 100 ppm de alfa-amilasa+ 200 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 1

MIXOLAB

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
 AV LOS CHASQUIS Y RIO PAYAMINO
 AMBATO
 Ecuador
 Teléfono:032400987



Tesis Pan-p2 a2b2 1

Fecha: 07/10/2010 **Hora:** 11:55

Muestra:

Hidratación: 65,9 % base 14%

Contenido en 12,2%

índice: 8-11-042

Protocolo: Chopin+

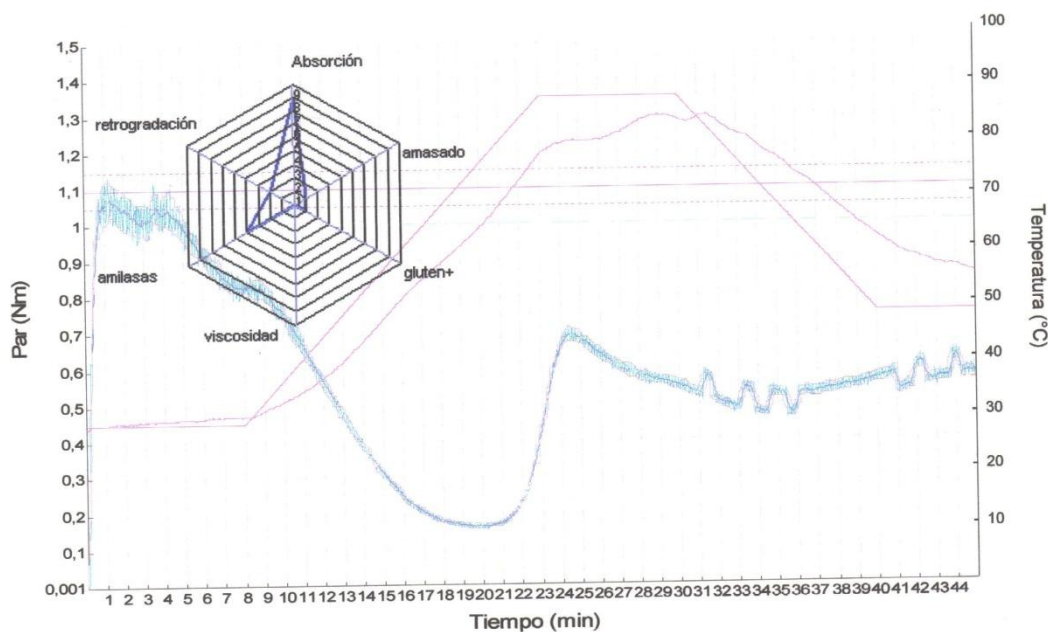
Peso de masa: 75,0 g

Temperatura depósito: 30,0 °C

Velocidad de amasado: 80 rpm

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. masa (° C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	1,32	1,08	30,2	0,10	5,15
C2	19,77	0,16	65,1		
C3	24,57	0,69	81,9		
C4	31,05	0,53	86,1		
C5	45,03	0,59	56,8		

α :	-0,086	Nm/min
β :	0,132	Nm/min
γ :	-0,024	Nm/min



Tesis Pan

1/2

N° aparato:

133

Versión:2.34+2.47

Fuente: Mixolab CHOPIN

FIGURA E-2.20. Tratamiento a2b2: 100 ppm de alfa-amilasa+ 200 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. Réplica 2

MIXOLAB

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
 AV LOS CHASQUIS Y RIO PAYAMINO
 AMBATO
 Ecuador
 Teléfono:032400987



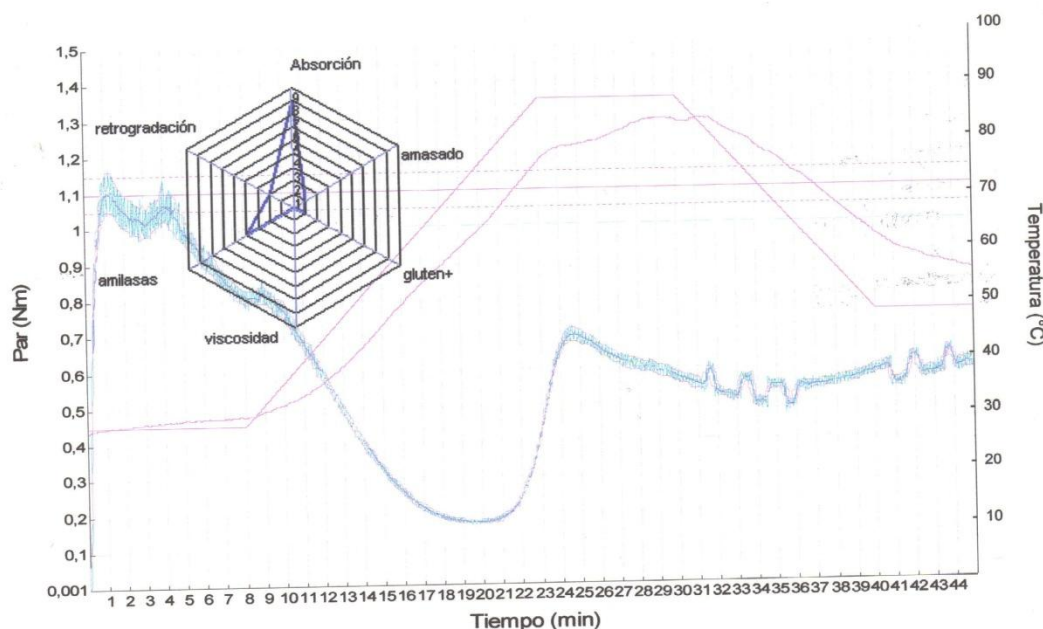
Tesis Pan-p2 a2b2 2

Fecha: 07/10/2010 **Hora:** 13:01
Muestra:
Hidratación: 65,9% base 14%
Contenido en 12,2%
índice: 8-11-042

Protocolo: Chopin+
Peso de masa: 75,0 g
Temperatura depósito: 30,0 °C
Velocidad de amasado: 80 rpm

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. masa (° C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	1,17	1,11	30,1	0,11	4,85
C2	19,53	0,17	64,3		
C3	24,73	0,69	81,3		
C4	31,20	0,54	86,1		
C5	45,03	0,61	57,3		

α :	-0,092	Nm/min
β :	0,124	Nm/min
γ :	-0,012	Nm/min



Tesis Pan

1/2

N° aparato:

133

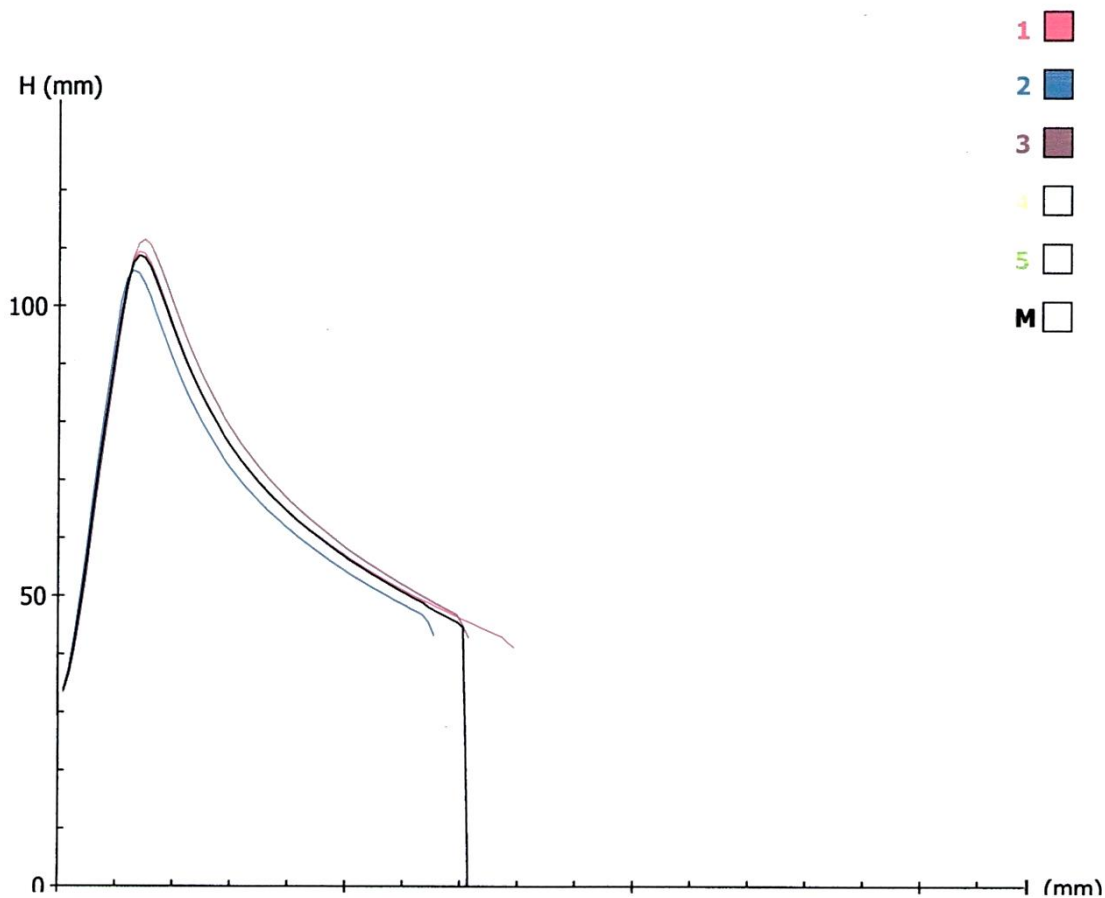
Versión:2.34+2.47

Fuente: Mixolab CHOPIN

ANEXO E-3 ALVEOGRAMAS

FIGURA E-3.1. TI COMERCIAL: Harina de trigo importado CWRS # 1 (control)

ALVEOLINK NG	ALVEO HC	CHOPIN <small>TECHNOLOGIES</small>																																		
SOCIETE CHOPIN 20 AV MARCELIN BERTHELOT Z.I DU VAL DE SEINE 92390 VILLENEUVE LA GARENNE																																				
FECHA : 21/10/10 HORA : 10:59	REFERENCIA MUESTRA : TRIGO IMPORT NOMBRE DE FICHERO : 10210300A110																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">PARAMETROS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 50%;">TEMP.LABO :</td> <td style="width: 50%;">HIGRO.LABO. :</td> </tr> <tr> <td>HARINA :</td> <td>MOLINO :</td> </tr> <tr> <td>HUMEDAD : 12,9 %</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PROTEINAS :</td> <td>I.CAIDA :</td> </tr> <tr> <td>A.D. :</td> <td>ABSORCION :</td> </tr> <tr> <td>ZELENY :</td> <td>EXTRAC. :</td> </tr> <tr> <td>CENIZAS :</td> <td></td> </tr> <tr> <td>GLUTEN :</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		PARAMETROS		TEMP.LABO :	HIGRO.LABO. :	HARINA :	MOLINO :	HUMEDAD : 12,9 %		PROTEINAS :	I.CAIDA :	A.D. :	ABSORCION :	ZELENY :	EXTRAC. :	CENIZAS :		GLUTEN :		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">RESULTADOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 50%;">P</td> <td style="width: 50%;">= 120 mmH2O</td> </tr> <tr> <td>L</td> <td>= 70 mm</td> </tr> <tr> <td>G</td> <td>= 18,6</td> </tr> <tr> <td>W</td> <td>= 311 10E-4J</td> </tr> <tr> <td>P/L</td> <td>= 1,71</td> </tr> <tr> <td>Ie</td> <td>= 58,5 %</td> </tr> <tr> <td>W (0)</td> <td>= 0 10E-4J</td> </tr> </tbody> </table>	RESULTADOS		P	= 120 mmH2O	L	= 70 mm	G	= 18,6	W	= 311 10E-4J	P/L	= 1,71	Ie	= 58,5 %	W (0)	= 0 10E-4J
PARAMETROS																																				
TEMP.LABO :	HIGRO.LABO. :																																			
HARINA :	MOLINO :																																			
HUMEDAD : 12,9 %																																				
PROTEINAS :	I.CAIDA :																																			
A.D. :	ABSORCION :																																			
ZELENY :	EXTRAC. :																																			
CENIZAS :																																				
GLUTEN :																																				
RESULTADOS																																				
P	= 120 mmH2O																																			
L	= 70 mm																																			
G	= 18,6																																			
W	= 311 10E-4J																																			
P/L	= 1,71																																			
Ie	= 58,5 %																																			
W (0)	= 0 10E-4J																																			
COMENTARIOS TRIGO IMPORTADO COMERCIAL		V:d2.8C																																		



Fuente: Alveógrafo CHOPIN

FIGURA E-3.2. Muestra Pura: 20% harina de papa: 80 % harina de trigo importado

ALVEOLINK NG

ALVEO HC



SOCIETE CHOPIN
20 AV MARCELIN BERTHELOT
Z.I DU VAL DE SEINE
92390 VILLENEUVE LA GARENNE

FECHA : 07/08/09
HORA : 14:40

REFERENCIA MUESTRA : P2
NOMBRE DE FICHERO : 08070304A109

PARAMETROS

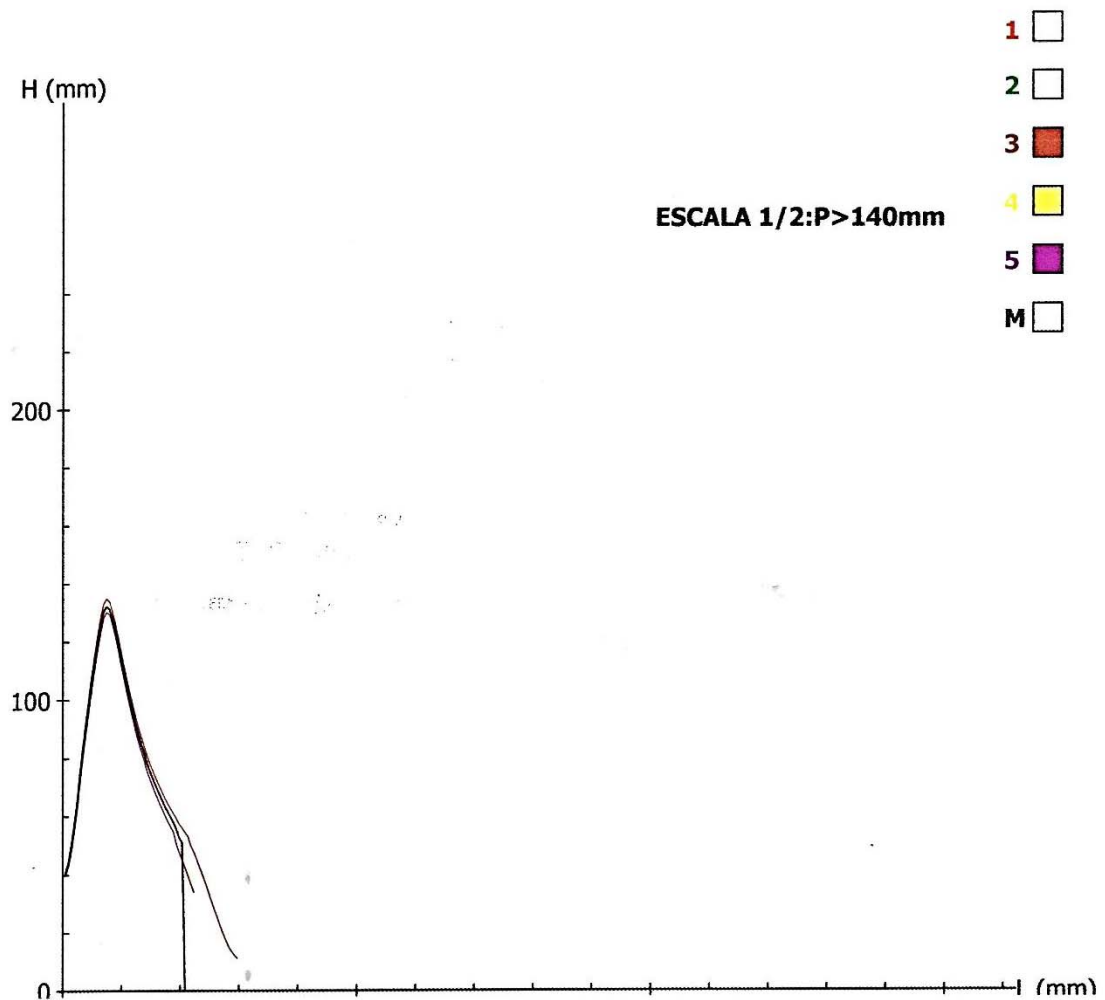
TEMP.LABO :	HIGRO.LABO. :
HARINA : 80	MOLINO :
HUMEDAD : 12,65 %	I.CAIDA :
PROTEINAS :	ABSORCION :
A.D. :	EXTRAC. :
ZELNY :	
CENIZAS :	
GLUTEN :	

RESULTADOS

P	= 145 mmH2O
L	= 40 mm
G	= 14,1
W	= 227 10E-4J
P/L	= 3,63
Ie	= 38,7 %
W (0)	= 0 10E-4J

COMENTARIOS

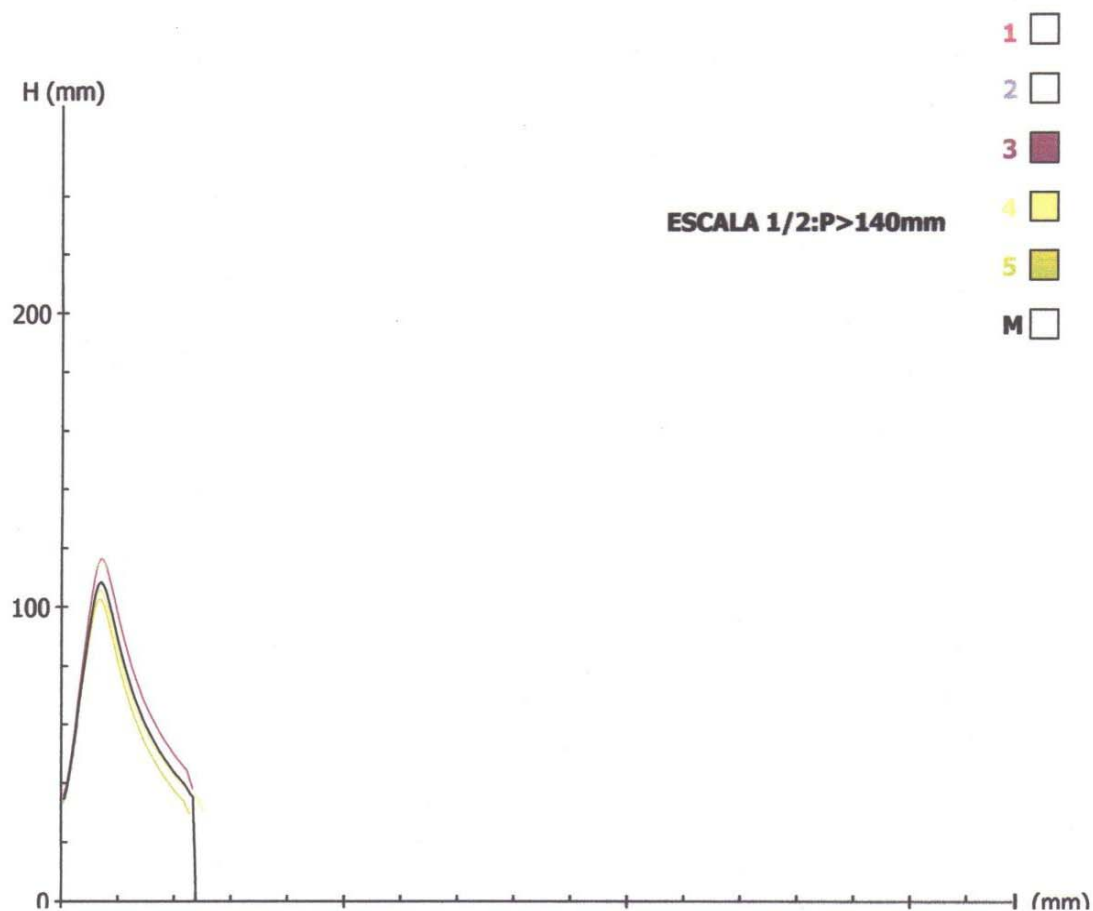
V:d2.8C



Fuente: Alveógrafo CHOPIN

FIGURA E-3.3. Tratamiento a1b2: 75 ppm de alfa-amilasa + 20 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearil 2-lactilato de sodio.

ALVEOLINK NG		ALVEO HC	CHOPIN TECHNOLOGIES
SOCIETE CHOPIN 20 AV MARCELIN BERTHELOT Z.I DU VAL DE SEINE 92390 VILLENEUVE LA GARENNE			
FECHA : 21/10/10	REFERENCIA MUESTRA : P2		
HORA : 12:30	NOMBRE DE FICHERO : 10210302A110		
PARAMETROS		RESULTADOS	
TEMP.LABO :	HIGRO.LABO. :	P = 119 mmH2O	
HARINA :	MOLINO :	L = 46 mm	
HUMEDAD : 12 %		G = 15,1	
PROTEINAS :	I.CAIDA :	W = 201 10E-4J	
A.D. :	ABSORCION :	P/L = 2,59	
ZELNY :	EXTRAC. :	Ie = 39,6 %	
CENIZAS :		W (0) = 0 10E-4J	
GLUTEN :			
COMENTARIOS ADITIVADA			
		V:d2.8C	



Fuente: Alveógrafo CHOPIN

ANEXO E-4 ANÁLISIS DE FRESCURA

CUADRO E-4.1. TI Comercial: Harina de trigo importado CWRS # 1 100% (control). DÍA 1. Réplica 1.

TexturePro CT V1.2 Build 9

Brookfield

INFORME DATOS

Descripción Muestra			
Nombre Producto: pan importado FRESCURA		Notas:	
Nº lote:	1		
Nº muestra:	1		
Dimensiones:			
Forma:	Cilindro		
Longitud:	10,00	mm	
Anchura:	0,00	mm	
Altura:	25,00	mm	
Método Test			
Fecha:	16/02/2011	Hora:	11:54:39
Tipo de Test:	Compresión	Tpo. Recuperación:	5 s
Objetivo:	3,0 mm	Mismo activador:	Exacto
Esperar t.:	5 s	Velocidad Pretest:	2 mm/s
Carga Activación:	4 g	Fr. Muestreo:	10 puntos/seg
Vel. Test:	1 mm/s	Sonda:	TA4/1000
Velocidad Vuelta:	1 mm/s	Elemento:	TA-BT-KI
Contador ciclos:	2	Celda Carga:	10000g
Resultados			
Ciclo 1 Dureza:	631	g	
Deformación según Dureza:	3,2	mm	
Ciclo 1 Trabajo Dureza terminado:	6,4	mJ	
Ciclo 1 Deformación Recuperable:	1,51	mm	
Ciclo 1 Trabajo Recuperable:	3,2	mJ	
Fracturabilidad:	631	g	
	con 0% de sensibilidad de carga		
Elasticidad:	2,44	mm	
Indice Elasticidad:	0,81		

Fuente: Analizador de Textura Pro CT3 Brookfield

CUADRO E-4.2. TI Comercial: Harina de trigo importado CWRS # 1 (control) DÍA 1. Réplica 2

TexturePro CT V1.2 Build 9

Brookfield

INFORME DATOS

Descripción Muestra			
Nombre Producto:	pan importado FRESCURA		Notas:
Nº lote:	1		
Nº muestra:	2		
Dimensiones:			
Forma:	Cilindro		
Longitud:	10,00	mm	
Anchura:	0,00	mm	
Altura:	25,00	mm	
Método Test			
Fecha:	16/02/2011	Hora:	11:57:48
Tipo de Test:	Compresión	Tpo. Recuperación:	5 s
Objetivo:	3,0	mm	Mismo activador: Exacto
Esperar t.:	5	s	Velocidad Pretest: 2 mm/s
Carga Activación:	4	g	Fr. Muestreo: 10 puntos/seg
Vel. Test:	1	mm/s	Sonda: TA4/1000
Velocidad Vuelta:	1	mm/s	Elemento: TA-BT-KI
Contador ciclos:	2		Celda Carga: 10000g
Resultados			
Ciclo 1 Dureza:	325	g	
Deformación según Dureza:	3,2	mm	
Ciclo 1 Trabajo Dureza terminado:	3,7	mJ	
Ciclo 1 Deformación Recuperable:	1,23	mm	
Ciclo 1 Trabajo Recuperable:	3,2	mJ	
Fracturabilidad:	325	g	
	con 0% de sensibilidad de carga		
Elasticidad:	2,29	mm	
Indice Elasticidad:	0,76		

Fuente: Analizador de Textura Pro CT3 Brookfield

CUADRO E-4.3. TI Comercial: Harina de trigo importado CWRS # 1 (control) DÍA 2. Réplica 1.

TexturePro CT V1.2 Build 9

Brookfield

INFORME DATOS

Descripción Muestra			
Nombre Producto:	pan importado FRESCURA2		Notas:
Nº lote:	2		
Nº muestra:	1		
Dimensiones:			
Forma:	Cilindro		
Longitud:	10,00	mm	
Anchura:	0,00	mm	
Altura:	25,00	mm	
Método Test			
Fecha:	17/02/2011	Hora:	13:11:21
Tipo de Test:	Compresión	Tpo. Recuperación:	5 s
Objetivo:	3,0 mm	Mismo activador:	Exacto
Esperar t.:	5 s	Velocidad Pretest:	2 mm/s
Carga Activación:	4 g	Fr. Muestreo:	10 puntos/seg
Vel. Test:	1 mm/s	Sonda:	TA4/1000
Velocidad Vuelta:	1 mm/s	Elemento:	TA-BT-KI
Contador ciclos:	2	Celda Carga:	10000g
Resultados			
Ciclo 1 Dureza:	782	g	
Deformación según Dureza:	2,9	mm	
Ciclo 1 Trabajo Dureza terminado:	8,5	mJ	
Ciclo 1 Deformación Recuperable:	1,5	mm	
Ciclo 1 Trabajo Recuperable:	2,9	mJ	
Fracturabilidad:	782	g	
	con 0% de sensibilidad de carga		
Elasticidad:	2,37	mm	
Indice Elasticidad:	0,79		

Fuente: Analizador de Textura Pro CT3 Brookfield

CUADRO E-4.4. TI Comercial: Harina de trigo importado CWRS # 1 (control).DÍA 2. Réplica 2.

TexturePro CT V1.2 Build 9

Brookfield

INFORME DATOS

Descripción Muestra			
Nombre Producto:	pan importado FRESCURA2		Notas:
Nº lote:	2		
Nº muestra:	2		
Dimensiones:			
Forma:	Cilindro		
Longitud:	10,00	mm	
Anchura:	0,00	mm	
Altura:	25,00	mm	
Método Test			
Fecha:	17/02/2011	Hora:	13:16:28
Tipo de Test:	Compresión	Tpo. Recuperación:	5 s
Objetivo:	3,0	mm	Mismo activador: Exacto
Esperar t.:	5	s	Velocidad Pretest: 2 mm/s
Carga Activación:	4	g	Fr. Muestreo: 10 puntos/seg
Vel. Test:	1	mm/s	Sonda: TA4/1000
Velocidad Vuelta:	1	mm/s	Elemento: TA-BT-KI
Contador ciclos:	2		Celda Carga: 10000g
Resultados			
Ciclo 1 Dureza:	709	g	
Deformación según Dureza:	2,9	mm	
Ciclo 1 Trabajo Dureza terminado:	8,3	mJ	
Ciclo 1 Deformación Recuperable:	1,62	mm	
Ciclo 1 Trabajo Recuperable:	2,9	mJ	
Fracturabilidad:	709	g	
	con 0% de sensibilidad de carga		
Elasticidad:	2,44	mm	
Indice Elasticidad:	0,82		

Fuente: Analizador de Textura Pro CT3 Brookfield

CUADRO E-4.5. TI Comercial: Harina de trigo importado CWRS # 1 (control) DÍA 3. Réplica 1.

TexturePro CT V1.2 Build 9

Brookfield

INFORME DATOS

Descripción Muestra		
Nombre Producto:	pan importado FRESCURA 3	Notas:
Nº lote:	1	
Nº muestra:	1	
Dimensiones:		
Forma:	Cilindro	
Longitud:	10,00	mm
Anchura:	0,00	mm
Altura:	25,00	mm
Método Test		
Fecha:	18/02/2011	Hora: 10:32:23
Tipo de Test:	Compresión	Tpo. Recuperación: 8 s
Objetivo:	3,0 mm	Mismo activador: Exacto
Esperar t.:	5 s	Velocidad Pretest: 2 mm/s
Carga Activación:	4 g	Fr. Muestreo: 10 puntos/seg
Vel. Test:	1 mm/s	Sonda: TA4/1000
Velocidad Vuelta:	1 mm/s	Elemento: TA-BT-KI
Contador ciclos:	2	Celda Carga: 10000g
Resultados		
Ciclo 1 Dureza:	996	g
Deformación según Dureza:	2,5	mm
Ciclo 1 Trabajo Dureza, terminado:	13,2	mJ
Ciclo 1 Deformación Recuperable:	1,82	mm
Ciclo 1 Trabajo Recuperable:	2,5	mJ
Fracturabilidad:	996	g
	con 0% de sensibilidad de carga	
Elasticidad:	2,53	mm
Indice Elasticidad:	0,84	
Firmeza:	662	g
Masticabilidad:	16,4	mJ

Fuente: Analizador de Textura Pro CT3 Brookfield

CUADRO E-4.6. TI Comercial: Harina de trigo importado CWRS # 1 (control).DÍA 3. Réplica 2.

TexturePro CT V1.2 Build 9

Brookfield

INFORME DATOS

Descripción Muestra		
Nombre Producto:	pan importado FRESCURA 3	Notas:
Nº lote:	1	
Nº muestra:	2	
Dimensiones:		
Forma:	Cilindro	
Longitud:	10,00	mm
Anchura:	0,00	mm
Altura:	25,00	mm
Método Test		
Fecha:	18/02/2011	Hora: 10:35:17
Tipo de Test:	Compresión	Tpo. Recuperación: 8 s
Objetivo:	3,0 mm	Mismo activador: Exacto
Esperar t.:	5 s	Velocidad Pretest: 2 mm/s
Carga Activación:	4 g	Fr. Muestreo: 10 puntos/seg
Vel. Test:	1 mm/s	Sonda: TA4/1000
Velocidad Vuelta:	1 mm/s	Elemento: TA-BT-KI
Contador ciclos:	2	Celda Carga: 10000g
Resultados		
Ciclo 1 Dureza:	826	g
Deformación según Dureza:	2,6	mm
Ciclo 1 Trabajo Dureza terminado:	9,7	mJ
Ciclo 1 Deformación Recuperable:	1,61	mm
Ciclo 1 Trabajo Recuperable:	2,6	mJ
Fracturabilidad:	826	g
	con 0% de sensibilidad de carga	
Elasticidad:	2,53	mm
Indice Elasticidad:	0,84	
Firmeza:	526	g
Masticabilidad:	13,1	mJ

Fuente: Analizador de Textura Pro CT3 Brookfield

CUADRO E-4.7. Tratamiento a1b2: 75 ppm alfa-amilasa + 200 ppm glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. DÍA 1. Réplica 1.

TexturePro CT V1.2 Build 9

Brookfield

INFORME DATOS

Descripción Muestra			
Nombre Producto: pan papa FRESCURA		Notas:	
Nº lote:	1		
Nº muestra:	1		
Dimensiones:			
Forma:	Cilindro		
Longitud:	10,00	mm	
Anchura:	0,00	mm	
Altura:	25,00	mm	
Método Test			
Fecha:	16/02/2011	Hora:	12:24:28
Tipo de Test:	Compresión	Tpo. Recuperación:	5 s
Objetivo:	3,0 mm	Mismo activador:	Exacto
Esperar t.:	5 s	Velocidad Pretest:	2 mm/s
Carga Activación:	4 g	Fr. Muestreo:	10 puntos/seg
Vel. Test:	1 mm/s	Sonda:	TA4/1000
Velocidad Vuelta:	1 mm/s	Elemento:	TA-BT-KI
Contador ciclos:	2	Celda Carga:	10000g
Resultados			
Ciclo 1 Dureza:	475	g	
Deformación según Dureza:	3,2	mm	
Ciclo 1 Trabajo Dureza terminado:	5,3	mJ	
Ciclo 1 Deformación Recuperable:	1,43	mm	
Ciclo 1 Trabajo Recuperable:	1,40	mJ	
Fracturabilidad:	475	g	
	con 0% de sensibilidad d		
Elasticidad:	2,32	mm	
Indice Elasticidad:	0,77		

Fuente: Analizador de Textura Pro CT3 Brookfield

CUADRO E-4.8. Tratamiento a1b2: 75 ppm alfa-amilasa + 200 ppm glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. DÍA 1. Réplica 2.

TexturePro CT V1.2 Build 9

Brookfield

INFORME DATOS

Descripción Muestra			
Nombre Producto:	pan papa FRESCURA		Notas:
Nº lote:	1		
Nº muestra:	2		
Dimensiones:			
Forma:	Cilindro		
Longitud:	10,00	mm	
Anchura:	0,00	mm	
Altura:	25,00	mm	
Método Test			
Fecha:	16/02/2011	Hora:	12:27:23
Tipo de Test:	Compresión	Tpo. Recuperación:	5 s
Objetivo:	3,0	mm	Mismo activador: Exacto
Esperar t.:	5	s	Velocidad Pretest: 2 mm/s
Carga Activación:	4	g	Fr. Muestreo: 10 puntos/seg
Vel. Test:	1	mm/s	Sonda: TA4/1000
Velocidad Vuelta:	1	mm/s	Elemento: TA-BT-KI
Contador ciclos:	2		Celda Carga: 10000g
Resultados			
Ciclo 1 Dureza:	425	g	
Deformación según Dureza:	3,2	mm	
Ciclo 1 Trabajo Dureza terminado:	4,8	mJ	
Ciclo 1 Deformación Recuperable:	1,33	mm	
Ciclo 1 Trabajo Recuperable:	3,2	mJ	
Fracturabilidad:	426	g	
	con 0% de sensibilidad de carga		
Elasticidad:	2,34	mm	
Indice Elasticidad:	0,78		

Fuente: Analizador de Textura Pro CT3 Brookfield

CUADRO E-4.9. Tratamiento a1b2: 75 ppm alfa-amilasa + 200 ppm glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Esteaoril 2-lactilato de sodio. DÍA 2. Réplica 1.

TexturePro CT V1.2 Build 9

Brookfield

INFORME DATOS

Descripción Muestra			
Nombre Producto:	pan papa FRESCURA2		Notas:
Nº lote:	2		
Nº muestra:	1		
Dimensiones:			
Forma:	Cilindro		
Longitud:	10,00	mm	
Anchura:	0,00	mm	
Altura:	25,00	mm	
Método Test			
Fecha:	17/02/2011	Hora:	14:18:26
Tipo de Test:	Compresión	Tpo. Recuperación:	5 s
Objetivo:	3,0 mm	Mismo activador:	Exacto
Esperar t.:	5 s	Velocidad Pretest:	2 mm/s
Carga Activación:	4 g	Fr. Muestreo:	10 puntos/seg
Vel. Test:	1 mm/s	Sonda:	TA4/1000
Velocidad Vuelta:	1 mm/s	Elemento:	TA-BT-KI
Contador ciclos:	2	Celda Carga:	10000g
Resultados			
Ciclo 1 Dureza:	814	g	
Deformación según Dureza:	2,2	mm	
Ciclo 1 Trabajo Dureza terminado:	9,2	mJ	
Ciclo 1 Deformación Recuperable:	1,51	mm	
Ciclo 1 Trabajo Recuperable:	2,2	mJ	
Fracturabilidad:	814	g	
	con 0% de sensibilidad de carga		
Elasticidad:	2,66	mm	
Indice Elasticidad:	0,89		

Fuente: Analizador de Textura Pro CT3 Brookfield

CUADRO E-4.10. Tratamiento a1b2: 75 ppm alfa-amilasa + 200 ppm glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. DÍA 2. Réplica 2.

TexturePro CT V1.2 Build 9

Brookfield

INFORME DATOS

Descripción Muestra			
Nombre Producto: pan papa FRESCURA2		Notas:	
Nº lote:	2		
Nº muestra:	2		
Dimensiones:			
Forma:	Cilindro		
Longitud:	10,00	mm	
Anchura:	0,00	mm	
Altura:	25,00	mm	
Método Test			
Fecha:	17/02/2011	Hora:	14:24:31
Tipo de Test:	Compresión	Tpo. Recuperación:	5 s
Objetivo:	3,0 mm	Mismo activador:	Exacto
Esperar t.:	5 s	Velocidad Pretest:	2 mm/s
Carga Activación:	4 g	Fr. Muestreo:	10 puntos/seg
Vel. Test:	1 mm/s	Sonda:	TA4/1000
Velocidad Vuelta:	1 mm/s	Elemento:	TA-BT-KI
Contador ciclos:	2	Celda Carga:	10000g
Resultados			
Ciclo 1 Dureza:	780	g	
Deformación según Dureza:	3,1	mm	
Ciclo 1 Trabajo Dureza terminado:	8,7	mJ	
Ciclo 1 Deformación Recuperable:	1,45	mm	
Ciclo 1 Trabajo Recuperable:	3,1	mJ	
Fracturabilidad:	780	g	
	con 0% de sensibilidad de carga		
Elasticidad:	2,30	mm	
Indice Elasticidad:	0,77		

Fuente: Analizador de Textura Pro CT3 Brookfield

CUADRO E-4.11. Tratamiento a1b2: 75 ppm alfa-amilasa + 200 ppm glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio. DÍA 3. Réplica 1.

TexturePro CT V1.2 Build 9

Brookfield

INFORME DATOS

Descripción Muestra			
Nombre Producto: pan papa FRESCURA 3		Notas:	
Nº lote:	1		
Nº muestra:	1		
Dimensiones:			
Forma:	Cilindro		
Longitud:	10,00	mm	
Anchura:	0,00	mm	
Altura:	25,00	mm	
Método Test			
Fecha:	18/02/2011	Hora:	10:46:36
Tipo de Test:	Compresión	Tpo. Recuperación:	8 s
Objetivo:	3,0	mm	Mismo activador: Exacto
Esperar t.:	5	s	Velocidad Pretest: 2 mm/s
Carga Activación:	4	g	Fr. Muestreo: 10 puntos/seg
Vel. Test:	1	mm/s	Sonda: TA4/1000
Velocidad Vuelta:	1	mm/s	Elemento: TA-BT-KI
Contador ciclos:	2		Celda Carga: 10000g
Resultados			
Ciclo 1 Dureza:		g	882
Deformación según Dureza:		mm	3,1
Ciclo 1 Trabajo Dureza, terminado:		mJ	10,2
Ciclo 1 Deformación Recuperable:		mm	1,4
Ciclo 1 Trabajo Recuperable:		mJ	2,5
Fracturabilidad:	882	g	
	con 0% de sensibilidad de carga		
Elasticidad:	2,46	mm	
Indice Elasticidad:	0,82		
Firmeza:	583	g	
Masticabilidad:	14,1	mJ	

Fuente: Analizador de Textura Pro CT3 Brookfield

CUADRO E-4.12. Tratamiento a1b2: 75 ppm alfa-amilasa + 200 ppm glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearil 2-lactilato de sodio. DÍA 3. Réplica 2.

TexturePro CT V1.2 Build 9

Brookfield

INFORME DATOS

Descripción Muestra			
Nombre Producto:	pan papa FRESCURA 3		Notas:
Nº lote:	1		
Nº muestra:	2		
Dimensiones:			
Forma:	Cilindro		
Longitud:	10,00	mm	
Anchura:	0,00	mm	
Altura:	25,00	mm	
Método Test			
Fecha:	18/02/2011	Hora:	10:50:26
Tipo de Test:	Compresión	Tpo. Recuperación:	8 s
Objetivo:	3,0	mm	Mismo activador: Exacto
Esperar t.:	5	s	Velocidad Pretest: 2 mm/s
Carga Activación:	4	g	Fr. Muestreo: 10 puntos/seg
Vel. Test:	1	mm/s	Sonda: TA4/1000
Velocidad Vuelta:	1	mm/s	Elemento: TA-BT-KI
Contador ciclos:	2		Celda Carga: 10000g
Resultados			
Ciclo 1 Dureza:	890	g	
Deformación según Dureza:	2,35	mm	
Ciclo 1 Trabajo Dureza, terminado:	11	mJ	
Ciclo 1 Deformación Recuperable:	1,7	mm	
Ciclo 1 Trabajo Recuperable:	2,35	mJ	
Fracturabilidad:	1127	g	
	con 0% de sensibilidad de carga		
Elasticidad:	2,51	mm	
Indice Elasticidad:	0,84		
Firmeza:	784	g	
Masticabilidad:	19,3	mJ	

Fuente: Analizador de Textura Pro CT3 Brookfield

ANEXO E-5. Análisis Proximales, Minerales y Aminoácidos Realizados en el INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias)

CUADRO E-5.1. Resultados de análisis proximal y minerales.

MC-LSAIA-2201-03



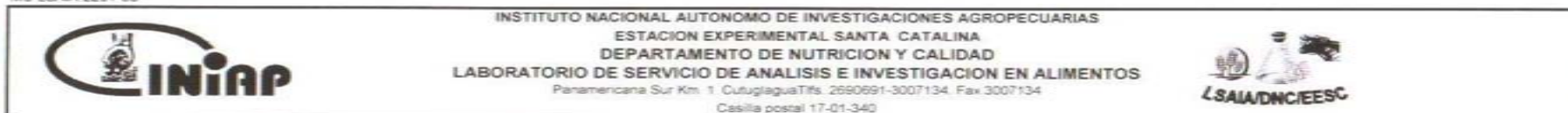
INFORME DE ENSAYO No: 10-385

ANÁLISIS	HUMEDAD	CENIZAS ^Ω	E.E. ^Ω	PROTEÍNA ^Ω	FIBRA ^Ω	E.L.N. ^Ω	IDENTIFICACIÓN
MÉTODO REF.	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-01.02	MO-LSAIA-01.03	MO-LSAIA-01.04	MO-LSAIA-01.05	MO-LSAIA-01.06	
MÉTODO REF.	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	
UNIDAD	%	%	%	%	%	%	
10-1522	5,16	2,82	11,87	11,06	1,69	72,36	Pan de papa
10-1524	6,59	2,09	12,59	12,17	1,41	71,74	Pan de trigo importado
ANÁLISIS	HUMEDAD	Ca ^Ω	P ^Ω	Mg ^Ω	K ^Ω	Na ^Ω	
MÉTODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-01.02	MO-LSAIA-01.03	MO-LSAIA-01.04	MO-LSAIA-01.05	MO-LSAIA-01.06	
MÉTODO REF.	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	
UNIDAD		%	%	%	%	%	
10-1522		0,02	0,40	0,04	0,44	0,82	Pan de papa
10-1524		0,02	0,33	0,03	0,20	0,67	Pan de trigo importado
10-1536		0,02	0,54	0,09	1,88	0,39	Harina de papa
10-1531		0,02	0,40	0,04	0,27	0,01	Harina de trigo importado
10-1537		0,02	0,43	0,04	0,46	0,27	Mezcla de harina de trigo importado y harina de papa

Fuente: INIAP, 2010. Proyecto PHPPF.

CUADRO E-5.2. Resultados de los análisis de minerales.

MC-LSAIA-2201-03



INFORME DE ENSAYO No: 10-385

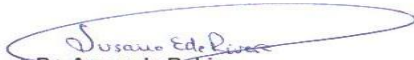
ANÁLISIS	Cu ^{II}	Fe ^{II}	Mn ^{II}	Zn ^{II}	IDENTIFICACIÓN
MÉTODO	MO-LSAIA-03.02	MO-LSAIA-03.02	MO-LSAIA-03.02	MO-LSAIA-03.02	
MÉTODO DE REF.	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	
UNIDAD	Ppm	ppm	ppm	ppm	
10-1522	6	66	8	49	Pan de papa
10-1524	4	74	9	37	Pan de trigo importado
10-1536	10	125	8	79	Harina de papa
10-1531	6	35	9	29	Harina de trigo importado
10-1537	7	46	9	38	Mezcla de harina de trigo importado y harina de papa

Los ensayos marcados con Ω se reportan en base seca.

OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

** Estos datos serán entregados posteriormente.

RESPONSABLES DEL INFORME


Dr. Armando Rubio
RESPONSABLE DE CALIDAD

LABORATORIO LSAIA
I.N.I.A.P.
EST. EXP. SANTA CATALINA


Dr. Ivan Samaniego
RESPONSABLE TÉCNICO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

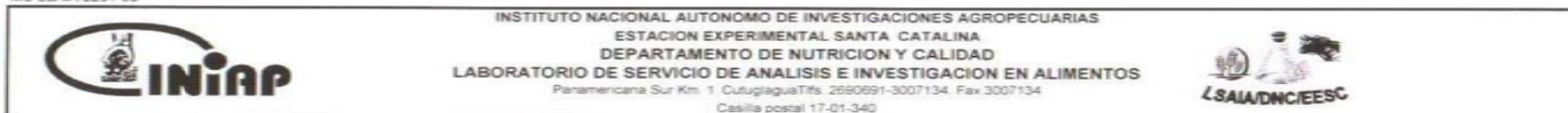
Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigido únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

Fuente: INIAP, 2010. Proyecto PHPPF.

CUADRO E-5.3. Resultados de análisis de aminoácidos.

MC-LSAIA-2201-03



INFORME DE ENSAYO No: 10-385

ANÁLISIS	AMINOÁCIDOS ¹⁾			IDENTIFICACIÓN
MÉTODO	MO-LSAIA-26			
MÉTODO DE REF.	CIMMYT 1985			
UNIDAD	%	10-1522	10-1524	
	Ácido aspartico	0,74	0,59	10-522 Pan de papa
	Treonina	0,33	0,37	10-1524 Pan de trigo importado
	Serina	0,51	0,65	
	Ácido glutámico	4,17	5,24	
	Prolina	0,87	1,43	
	Glicina	0,40	0,57	
	Alanina	0,31	0,47	
	Cistina	0,17	0,31	
	Valina	0,55	0,68	
	Metionina	0,20	0,24	
	Isoleucina	0,40	0,46	
	Leucina	0,79	0,92	
	Tirosina	0,46	0,47	
	Fenilalanina	0,66	0,72	
	Histidina	0,34	0,35	
	Lisina	0,28	0,28	
	Arginina	0,70	0,89	
	Triptófano	0,11	0,09	

Fuente: INIAP, 2010. Proyecto PHPPF.

ANEXOS F

FOTOGRAFÍAS

ANEXOF -1.EQUIPOS UTILIZADOS EN LA FASE EXPERIMENTAL

Preparación de mezclas



Análisis en Farinógrafo



Análisis en Mixolab



Análisis en Alveógrafo



Análisis en Texturometro

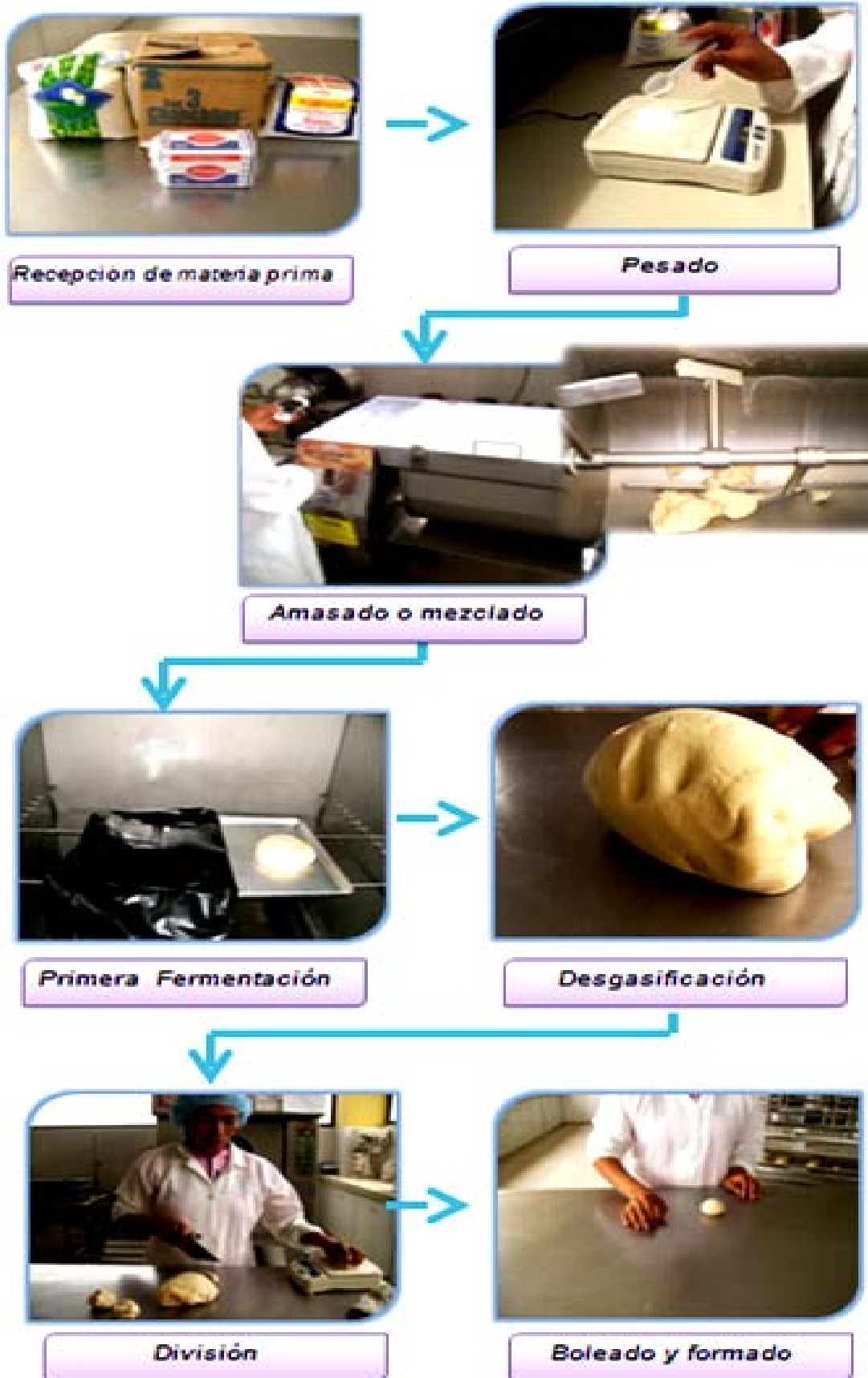


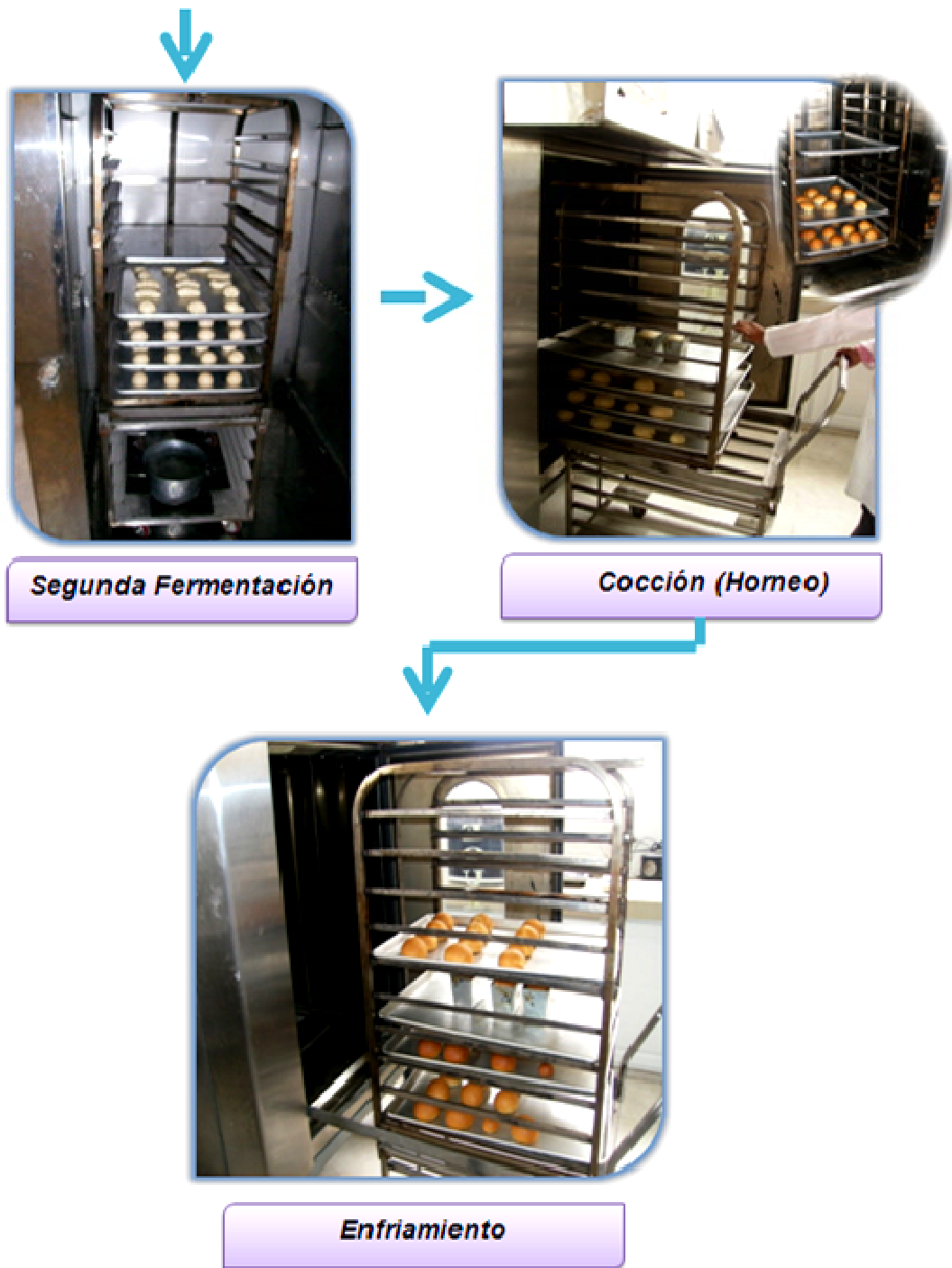
HARINAS

PAN



ANEXO F-2. ELABORACIÓN DE PAN





*Fuente: Proyecto PHPPF.
Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011.*

ANEXO F-3. FOTOS DE PAN

FIGURA F-3.1. Tratamiento a0b0: 50 ppm de alfa-amilasa +100 ppm de glucosa oxidasa+ 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio.



FIGURA F-3.2. Tratamiento a0b1: 50 ppm de alfa-amilasa+ 150 ppm de glucosa oxidasa+ 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio.





FIGURA F-3.3. Tratamiento a0b2: 50 ppm de alfa-amilasa +200 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio.

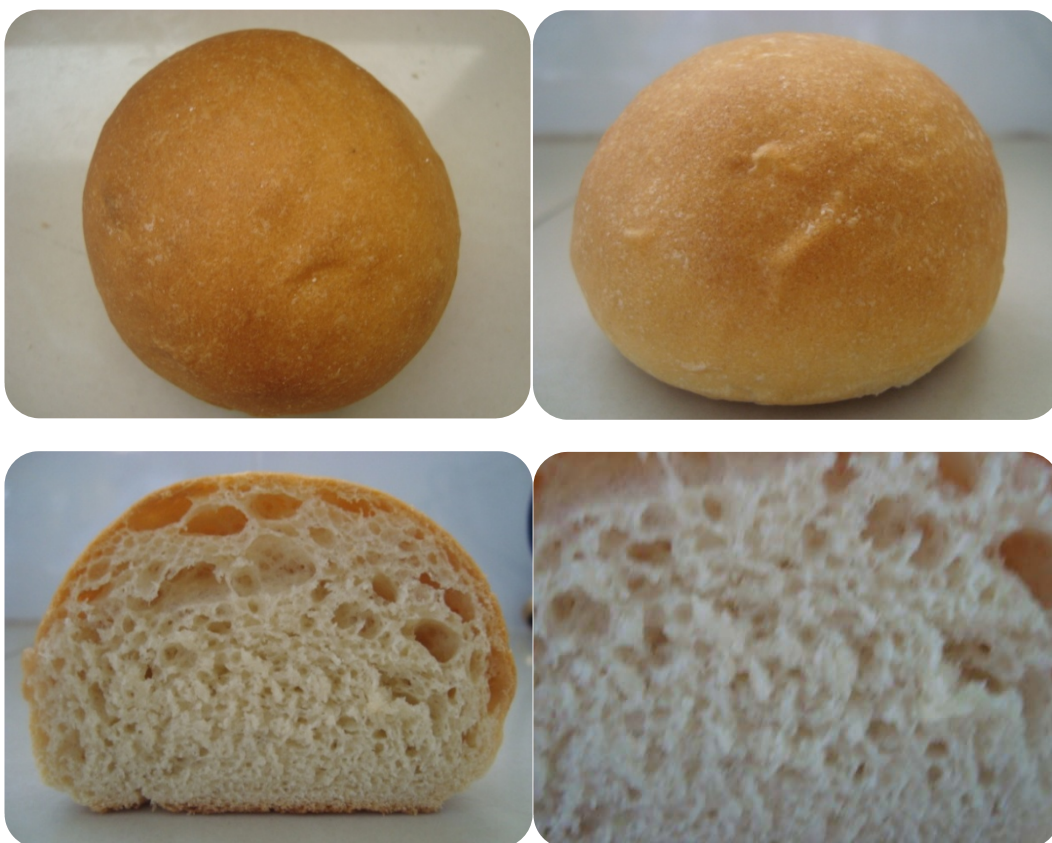


FIGURA F-3.4. Tratamiento a1b0: 75 ppm de alfa-amilasa +100 ppm de glucosa oxidasa+ 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio.



FIGURA F – 3.5. Tratamiento a1b1: 75 ppm de alfa-amilasa+ 150 ppm de glucosa oxidasa+ 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio





FIGURA F-3.6. Tratamiento a1b2: 75 ppm de alfa-amilasa + 200 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio.

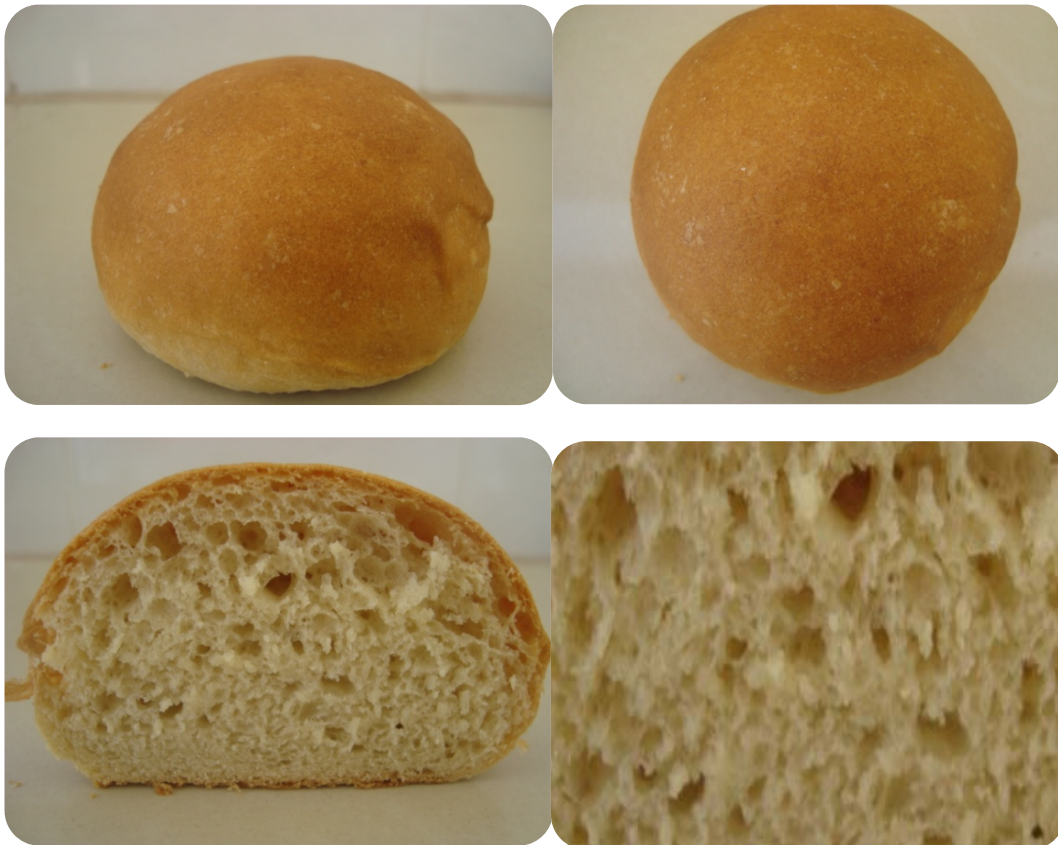


FIGURA F-3.7. Tratamiento a2b0: 100 ppm de alfa-amilasa+ 100 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio.

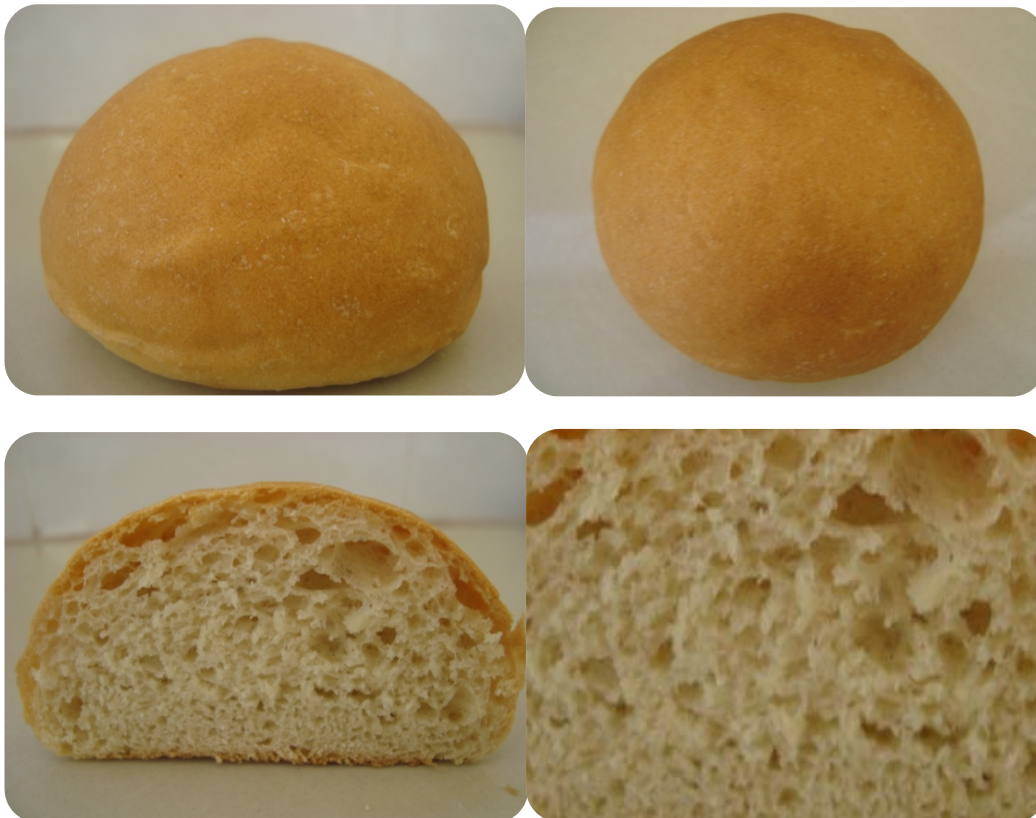


FIGURA F-3.8. Tratamiento a2b1: 100 ppm de alfa-amilasa+ 150 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearoil 2-lactilato de sodio.



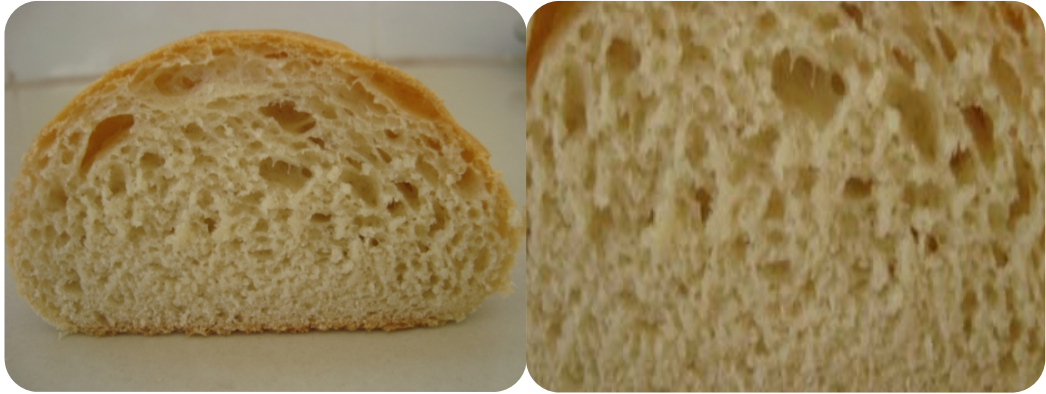


FIGURA F-3.9. Tratamiento a2b2: 100 ppm de alfa-amilasa+ 200 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Estearil 2-lactilato de sodio.

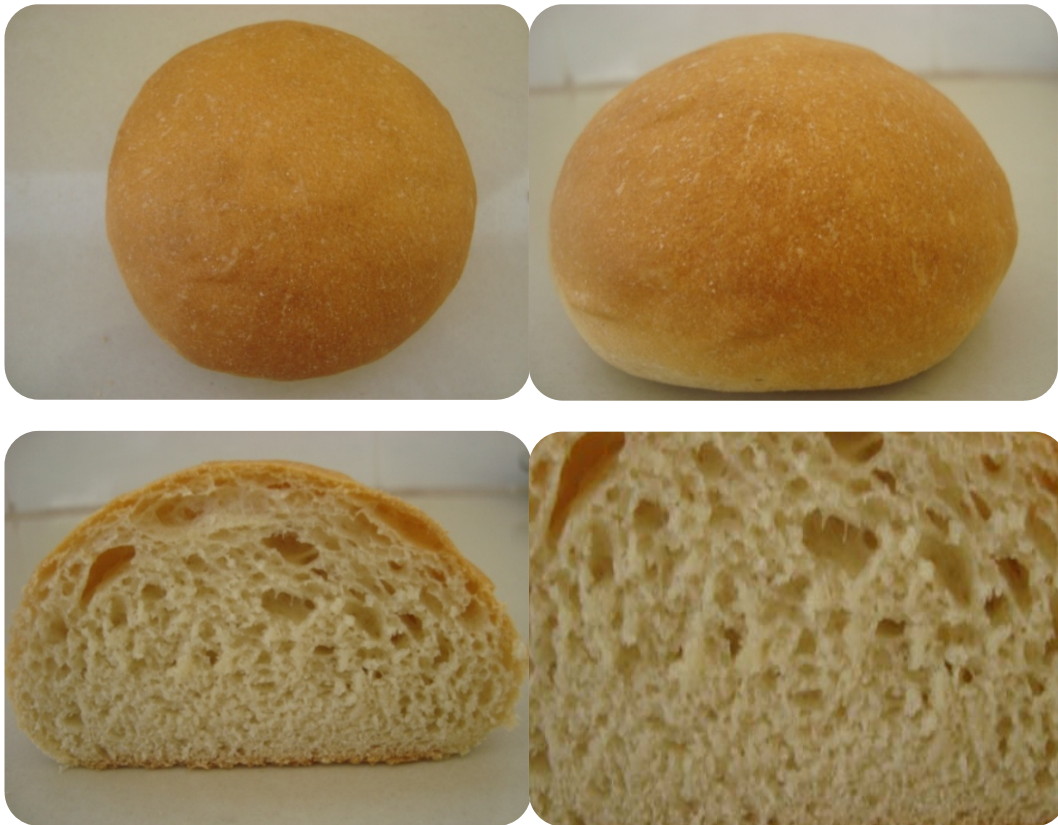
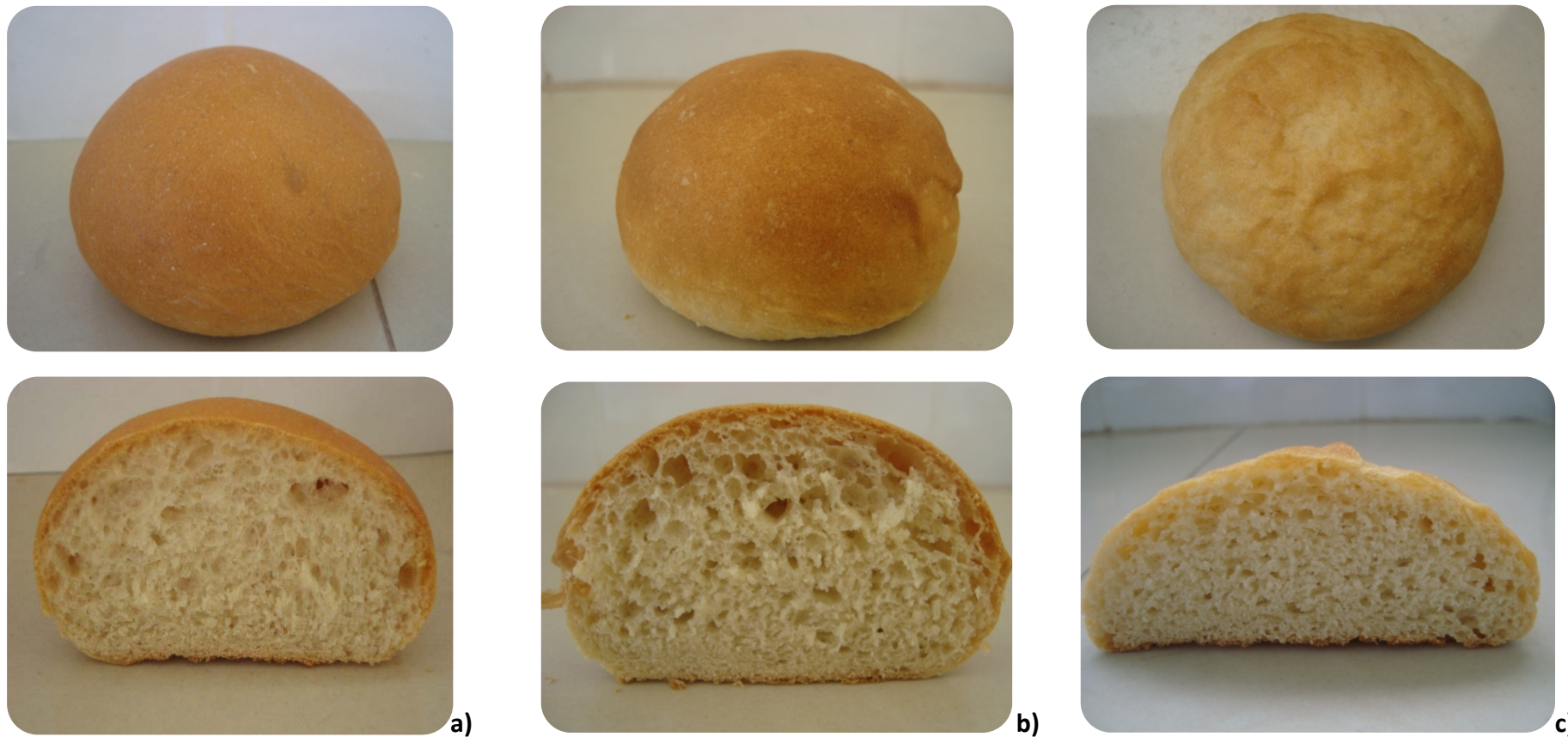


FIGURA F-3.10. Muestras de pan



a) Muestra control (harina de trigo importado); **b)** Muestras mejorada a1b2 (75 ppm de alfa-amilasa + 200 ppm de glucosa oxidasa + 100 ppm Ácido ascórbico+ 30 ppm Azodicarbonamida + 250 ppm Esteaoril 2-lactilato de sodio.); **c)** Muestra pura (80 % harina de trigo importado; 20% harina de papa)

Fuente: Proyecto PHPP.

Elaborado por: Marcela Pulloquina L, 2011

ANÁLISIS SENSORIAL DE CALIDAD Y ACEPTABILIDAD DE PAN

Nombre: _____

Fecha: _____

INSTRUCCIONES: Por favor, en el orden que se solicite deguste las muestras y marque con (X) a su parecer una alternativa de cada característica indicada.

CARACTERÍSTICAS	ALTERNATIVAS	MUESTRAS				
		368	592	614	876	483
APARIENCIA	1. Muy mala	.....	.....	.....	.....	.....
	2. Mala	.....	.....	.....	.....	.....
	3. Regular	.....	.....	.....	.....	.....
	4. Buena	.....	.....	.....	.....	.....
	5. Muy buena	.....	.....	.....	.....	.....
COLOR	1. Muy Pálido	.....	.....	.....	.....	.....
	2. Pálido	.....	.....	.....	.....	.....
	3. Dorado	.....	.....	.....	.....	.....
	4. Oscuro	.....	.....	.....	.....	.....
	5. Muy oscuro	.....	.....	.....	.....	.....
SABOR	1. Desagrada mucho	.....	.....	.....	.....	.....
	2. Desagrada poco	.....	.....	.....	.....	.....
	3. Ni agrada ni desagrada	.....	.....	.....	.....	.....
	4. Agrada	.....	.....	.....	.....	.....
	5. Agrada mucho	.....	.....	.....	.....	.....
TEXTURA	1. Dura	.....	.....	.....	.....	.....
	2. Ligeramente dura	.....	.....	.....	.....	.....
	3. Ni dura ni suave	.....	.....	.....	.....	.....
	4. Ligeramente Suave	.....	.....	.....	.....	.....
	5. Suave	.....	.....	.....	.....	.....
ACEPTABILIDAD	1. Desagrada mucho	.....	.....	.....	.....	.....
	2. Desagrada poco	.....	.....	.....	.....	.....
	3. Ni agrada ni desagrada	.....	.....	.....	.....	.....
	4. Agrada	.....	.....	.....	.....	.....
	5. Agrada mucho	.....	.....	.....	.....	.....

COMENTARIOS:.....

Gracias por su colaboración.

ANEXOS G

NORMAS



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito – Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 616:2006

Tercera revisión

HARINA DE TRIGO. REQUISITOS.

Primera Edición

DESCRIPTORES: Trigo, harina, productos de molinería.
AL 02.02-401
CDU: 633.11



Norma Técnica Ecuatoriana	HARINA DE TRIGO	NTE INEN 616:2006 Tercera Revisión
<p>1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece los requisitos que deben cumplir las harinas de trigo para consumo humano.</p> <p>2. ALCANCE</p> <p>2.1 En esta norma se aplica a la harina de trigo fortificada o enriquecida que se destina al consumo directo y al uso industrial, principalmente para la elaboración de pan, pastas, fideos y galletas.</p> <p>3. DEFINICIONES</p> <p>3.1 Harina de trigo. Es el producto que se obtiene de la molienda y tamizado del endospermo del grano de trigo (<i>Triticum vulgare</i>, <i>Triticum durum</i>) hasta un grado de extracción directo, considerando al restante como un subproducto (residuos de endospermo, germen y salvado).</p> <p>3.2 Grado de extracción. Es el rendimiento, en porcentaje de harina, que se obtiene en kilogramos por cada 100 kg de trigo limpio.</p> <p>3.3 Gluten. Es una sustancia de naturaleza proteica que se forma por hidratación de la harina de trigo y que tiene la característica especial de ligar los demás componentes de la harina.</p> <p>3.4 Leudante. Es toda sustancia química u organismo que en presencia de agua, con o sin acción de calor, provoca la producción de anhídrido carbónico.</p> <p>3.5 Harina autoleudante. Es la harina que contiene una cierta cantidad de sustancia leudantes.</p> <p>3.6 Harina fortificada. Es la harina que contiene agregados de vitaminas, sales minerales u otros micronutrientes. El producto que corresponde a esta definición debe contener todos los elementos de enriquecimiento descritos en la tabla 1.</p> <p>4. CLASIFICACION</p> <p>La harina de trigo, de acuerdo a su uso se clasifica en:</p> <p>4.1 Harina panificable</p> <p>4.1.1 Extra. Es la harina elaborada hasta un grado de extracción determinado, que puede ser tratada con blanqueadores y/o mejoradores, productos málticos, enzimas diastáticas y fortificadas con vitaminas y minerales, descritos en la tabla 1.</p> <p>4.2 Harina integral. Es la harina obtenida de la molienda de granos limpios de trigo y que contiene todas las partes de éste, que puede ser tratada con mejoradores, productos málticos, enzimas diastáticas y fortificadas con vitaminas y minerales, descritos en la tabla 1.</p> <p style="text-align: right;">(Continúa)</p>		

4.3 Harinas especiales. Son harinas con un grado de extracción bajo, como lo permita el proceso de industrialización, cuyo destino es la fabricación de productos de pastificio, galletería y derivados de harinas autoleudantes, que puede ser tratadas con mejoradores, productos málticos, enzimas diastáticas y fortificadas con vitaminas y minerales, descritos en la tabla 1.

4.3.1 Harina para pastificio. Es el producto definido en 4.3, elaborado a partir de trigos aptos para estos productos, que puede ser tratada con blanqueadores, mejoradores, productos málticos, enzimas diastáticas y fortificadas con vitaminas y minerales, descritos en la tabla 1.

4.3.2 Harina para galletas. Es el producto definido en 4.3, elaborado a partir de trigos blandos y suaves o con trigos aptos para su elaboración, que puede ser tratada con blanqueadores, mejoradores, productos málticos, enzimas diastáticas y fortificadas con vitaminas y minerales, descritos en la tabla 1.

4.3.3 Harina autoleudante. Es el producto definido en 4.3, que contiene agentes leudantes y que puede ser tratada con blanqueadores, mejoradores, productos málticos, enzimas diastáticas y fortificadas con vitaminas y minerales, descritos en la tabla 1.

4.4 Harina para todo uso. Es el producto definido en 3.1, proveniente de las variedades de trigo Hard Red Spring o Norther Spring Hard Red Winter, homólogos canadienses y trigos de otros orígenes que sean aptos para la fabricación de pan, fideos, galletas, etc. tratada o no con blanqueadores y/o mejoradores, productos málticos, enzimas diastáticas y fortificadas con vitaminas y minerales, descritos en la tabla 1.

5. REQUISITOS

5.1 Generales

5.1.1 la harina de trigo debe presentar un color uniforme, variando del blanco al blanco-amarillento, que se determina de acuerdo a la NTE INEN 528.

5.1.2 La harina de trigo debe tener el olor y sabor característico del grano de trigo molido, sin indicios de rancidez o enmohecimiento.

5.1.3 La harina de trigo presentara ausencia total de otro tipo de harina, tal como se define en 2.1.

5.1.4 No deberá contener insectos vivos ni sus formas intermedias de desarrollo .

5.1.5 Debe estar libre de excretas animales.

5.1.6 Cuando la harina de trigo sea sometida a un ensayo normalizado de tamizado, mínimo 95% deberá pasar por un tamiz INEN 210 um (No 70).

5.2 Generales de aditivos

5.2.1 Agentes leudantes

(Continúa)

5.2.1.1 Las harinas autoleudantes pueden contener agentes leudantes, tales como bicarbonato de sodio y fosfato monocálcico o pirofosfato ácido de sodio o tartrato ácido de potasio o fosfato ácido de sodio y aluminio.

5.2.1.2 Las harinas autoleudantes pueden contener, a más del agente leudante: grasas, sal, azúcar, emulsificantes, saborizantes, sustancias de enriquecimiento y otros ingredientes autorizados.

5.2.1.3 Bicarbonato de sodio y fosfato monocálcico, leudantes artificiales más comunes, pueden usarse combinados hasta un límite máximo de 4.5 % (m/m).

5.2.2 Mejoradores y/o blanqueadores

5.2.2.1 Cloro; blanqueador de harina, máximo 100 mg/kg, solo en harinas destinadas para repostería.

5.2.2.2 Dióxido de cloro; blanqueador y madurador de harina, máximo 30 mg/kg.

5.2.2.3 Peróxido de benzoilo; blanqueador de harina, máximo 30 mg/kg.

5.2.2.4 Ácido ascórbico; mejorador de harina, máximo 200 mg/kg

5.2.2.5 Azodicarbonamida; mejorador de harina, máximo 45 mg/kg.

5.2.2.6 Bromato de potasio; no se admite su uso en harinas para panificación y su valor determinado según la NTE INEN 525 debe ser "ausencia".

5.2.3 Sustancias de fortificación

5.2.3.1 Todas las harinas de trigo, independientemente de si, son blanqueadas, mejoradas, con productos malticos, enzimas diastáticas, leudantes, etc., deberán ser fortificadas con las siguientes sustancias micronutrientes, de acuerdo a lo especificado en la tabla 1.

TABLA 1. Sustancias de fortificación.

SUSTANCIAS	UNIDAD	REQUISITO MÍNIMO
Hierro reducido o micronizado	mg/kg	55,0
Tiamina (Vitamina B ₁)	mg/kg	4,0
Riboflavina (vitamina B ₂)	mg/kg	7,0
Ácido fólico	mg/kg	0,6
Niacina	mg/kg	40,0

5.3 Requisitos físicos y químicos, se indican en la tabla 2.

(Continúa)

TABLA 2. Requisitos físicos y químicos de la harina de trigo.

REQUISITOS	Unid.	Harina panificable		Harina integral		Harinas especiales			Harinas para todo uso		Método de ensayo			
		Extra		Min.	Máx.	Pastificios	Galletas	Autoleud.	Min.	Máx.				
		Min.	Máx.			Min.	Máx.	Min.				Máx.		
Humedad	%	-	14,5	-	15	-	14,5	-	14,5	-	14,5	NTE INEN 518		
Proteína (base seca)	%	10	-	11	-	10	-	9	-	9	-	NTE INEN 519		
Cenizas (base seca)	%	-	*0,75	-	2	-	0,8	-	0,75	-	3,5	-	0,85	NTE INEN 520
Acidez (Exp. en ácido sulfúrico)	%	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	NTE INEN 521
Gluten húmedo	%	25	-	-	-	23	-	23	-	23	-	25	-	NTE INEN 522

* Para el caso de harinas panificables enriquecida extra, el porcentaje de cenizas será máximo de 1,6%

5.4 Requisitos microbiológicos. La harina de trigo debe cumplir con los requisitos microbiológicos indicados en la tabla 3.

TABLA 3. Requisitos microbiológicos.

Requisitos	Unidad	Límite máximo	Método de ensayo
Aerobios mesófilos	ufc/g	100 000	NTE INEN 1 529-5
Coliformes	ufc/g	100	NTE INEN 1 529-7
E. Coli	ufc/g	0	NTE INEN 1 529-8
Salmonella	ufc/25g	0	NTE INEN 1 529-15
Mohos y levaduras	ufc/g	500	NTE INEN 1 529-10

5.4.1 Para la aceptación de lotes (o partidas) de harina, se debe cumplir con los requisitos microbiológicos del Anexo A.

6. INSPECCIÓN.

6.1 El muestreo debe realizarse de acuerdo a lo establecido en la NTE INEN 617.

6.2 Criterios de aceptación y rechazo

6.2.1 Defectos críticos corresponde al incumplimiento de los requisitos establecidos en 5.4 y Anexo A, con el siguiente rechazo del lote.

6.2.2 Defectos mayores; corresponde al incumplimiento de alguno de los requisitos establecidos en 5.1, 5.2 y 5.3.

(Continúa)

En caso de discrepancia, se repetirán los ensayos sobre las muestras reservadas para el efecto. Si se repite en el análisis un requisito no satisfactorio, la decisión de aceptación o rechazo del lote se tomara en común acuerdo entre el comprador y el vendedor, según el plan de muestreo acordado a lo estipulado en la NTE INEN 617.

7. REQUISITOS COMPLEMENTARIOS

7.1 La harina de trigo debe almacenarse en sitios que se encuentren ventilados, protegidos de la humedad, infestación y/o contaminantes.

7.2 Envasado. La harina debe envasarse en recipientes limpios, resistentes a la acción del producto, de tal manera que no alteren las cualidades higiénicas, nutritivas y técnicas del producto.

7.3 Rotulado. Los envases deben llevar etiquetas de material que pueda ser cocido o de fácil adherencia a los mismos. Cada etiqueta llevara impresa, con características legibles e ideables, la siguiente información:

- a) número de Registro Sanitario,
- b) número de identificación del lote,
- c) designación del producto, ejemplo: "Harina de trigo panificable extra fortificada",
- d) maraca comercial registrada.
- e) razón social del fabricante,
- f) ingredientes, se mencionaran por sus nombres específicos, ejemplo: trigo, hierro, tiamina (Vitamina B1), riboflavina (Vitamina B2), ácido fólico, niacina, y otros como blanqueadores, mejoradores, etc. en caso de que sean agregados; en orden decreciente de sus masas. Para envases pequeños de plástico o papel, deberá registrarse la formula cuantitativa de sus componentes.
- g) contenido neto expresado en unidades del SI,
- h) fecha de elaboración,
- i) fecha de caducidad o duración mínima,
- j) instrucciones para su conservación,
- k) norma NTE INEN de referencia,
- l) lugar de origen (ciudad, país), y
- m) en caso de exportación, podrá agregarse cualquier información adicional que el país de destino así lo exija.

(Continúa)

ANEXO A

A.1 Podrán aceptarse los lotes (o partidas) de harina que cumplan con los requisitos microbiológicos del programa de atributos constante en la tabla A.1.

TABLA A.1 Requisitos microbiológicos de la harina (lotes o partidas)

Requisitos	Unidad	n	e	m	M	Método de ensayo
Aerobios mesófilos	ufc/g	5	1	10^5	10^5	NTE INEN 1 529-5
Coliformes	ufc/g	5	2	10^2	10^3	NTE INEN 1 529-7
E. Coli	ufc/g	5	2	0		NTE INEN 1 529-8
Salmonella	ufc/25g	5	0	0		NTE INEN 1 529-15
Mohos y levaduras	ufc/g	5	2	$5 \cdot 10^2$	10^3	NTE INEN 1 529-10

En donde:

n = número de muestras de lote que deben analizarse,

e = número de muestras defectuosas aceptables,

m = límite de aceptación,

M = límite de rechazo.

(Continúa)

APÉNDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 517. 1981	Harina de origen vegetal. Determinación del tamaño de las partículas
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 518. 1981	Harina de origen vegetal. Determinación de la pérdida de calentamiento.
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 519. 1981	Harina de origen vegetal. Determinación de la proteína.
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 520. 1981	Harina de origen vegetal. Determinación de la ceniza.
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 521. 1981	Harina de origen vegetal. Determinación de la acidez titulable.
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 522. 1981	Harina de origen vegetal. Determinación de la fibra cruda.
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 523. 1981	Harina de origen vegetal. Determinación de la grasa.
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 525. 1981	Harina de origen vegetal. Determinación del bromuro de potasio en harinas blanqueadas y en harina integral. (Método cualitativo y cuantitativo)
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 526. 1981	Harina de origen vegetal. Determinación de la concentración del ión hidrógeno.
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 528. 1981	Harina de trigo. Apreciación del color.
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 529. 1981	Harina de trigo. Determinación del gluten.
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 530. 1981	Harina de trigo. Ensayo de panificación.
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 531. 1981	Harina de trigo. Determinación de la sedimentación.
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 617. 1981	Harina de origen vegetal. Muestreo
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 529-5. 1995	Control microbiológico de los alimentos. Determinación del número de microorganismos aerobios mesófilos.
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 529-7. 1995	Control microbiológico de los alimentos. Determinación de microorganismos por la técnica de recuento de colonias.
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 529-8. 1995	Control microbiológico de los alimentos. Determinación de coliformes fecales y E. Coli.
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 529-10. 1995	Control microbiológico de los alimentos. Determinación de mohos y levaduras viables.
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 529-15. 1995	Control microbiológico de los alimentos. Determinación de la presencia o ausencia de salmonella

Z.2 BASES DE ESTUDIO

- Norma Venezolana COVENIN 217 (Harina de trigo 2da. Revisión). Comisión Venezolana de Norma Industriales. Caracas 1989.
- Norma Colombiana ICONTEC 267. Harina de trigo para panificación. Instituto Colombiano de Normas Técnicas. Bogotá. 1986 (2da. Revisión)
- Norma Centroamericana ICAITI 340-83. Harina de origen vegetal. Harina de trigo. Instituto Centroamericano de investigación y tecnología Industrial. 1986.
- Norma española UNE 34400. Harina de trigo. Instituto Nacional de Racionalización de Trabajo. Madrid. 1952

(Continúa)

INFORMACION COMPLEMENTARIA

Documento: TITULO: HARINA DE TRIGO. REQUISITOS
NTE INEN 616
Tercera revisión

Código:
AL.02.02-401

ORIGINAL:

Fecha de iniciación de estudio:

REVISIÓN:

Fecha de aprobación anteriores por Consejo Directivo
1998-01-28

Oficialización con el Carácter de Obligatoria
Por acuerdo No. 0163 de 1998 -03 -16

Publicado en el Registro Oficial No. 286 de 1998-03-30

Fecha de iniciación del estudio. 2005 – 02 - 17

Fechas de consulta pública de: a

Subcomité Técnico: HARINAS

Fecha de iniciación: 2005 – 08 – 24

Fecha de aprobación: 2005 – 08 – 24

Integrantes del Subcomité Técnico:

NOMBRES:

Carlos Guerrero (Presidente)
Ángel Ulloa
Juan Jalil
Isidro Cayambe
Carlos San Lucas
Ivp Klaric
Daniel Rivero
Eduardo López
Loyde Triana
Ramiro Ruano
Jorge Carvajal
Alexandra Asimbaya
Erika Mosquera
Hernan Riofrío
Gloria Bojoña
Gonzalo Artega (Secretario Técnico)

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

MOLINOS “LA UNIÓN”
UTA-FCIAL
SUPAN
MOLINO ELECTRO MODERNO
SUPAN
MOLINOS DEL ECUADOR
MOLINOS POULTIER
MOLINOS POULTIER
INSTITUO DE HIGIENE DE GUAYAQUIL
MOLINERIA MANTA
MICIP
GRUPO SUPERIOR
LA INDUSTRIA HARINERA
DIRECCIÓN METROPOLITANA DE SALUD
ESPOL
INEN

Otros trámites

El Consejo Directivo del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 2005-12-14

Oficializada como: Obligatoria
Registro oficial No. 195 de 2006-01-25

Por Acuerdo Ministerial No. 06-024 de 2006-01-12



**INSTITUTO ECUATORIANO DE
NORMALIZACIÓN**

Quito – Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 530:1980

Segunda revisión

HARINA DE TRIGO. ENSAYO DE PANIFICACIÓN.

Primera Edición

DESCRIPTORES: Trigo, harina, productos de molinería.
AL 02.02-314
CDU: 664.841



Norma Ecuatoriana	HARINA DE TRIGO ENSAYO DE PANIFICACIÓN	INEN530 1980-12
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece los métodos para determinar las características de panificación de la harina de trigo.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 En esta norma se describen el método manual, el método de referencia y la capacidad de absorción de agua en la harina de trigo para el ensayo de panificación.</p> <p style="text-align: center;">3. TERMINOLOGÍA</p> <p>3.1 Calidad del pan. Es el conjunto de condiciones que debe reunir el pan elaborado con harina de trigo panificable, como: peso, volumen, corteza, apariencia, simetría, color de la miga, textura de la miga y grano de la miga, expresado en unidades de una escala centesimal, en la que el valor 100 corresponde a la calidad óptima.</p> <p>3.2 Absorción de agua. Es la cantidad de agua necesaria, expresada en porcentaje del peso de la harina, para obtener una masa de consistencia adecuada.</p> <p>3.6 Rendimiento en pan. Es el peso del pan en gramos, correspondiente a 100g de harina, obtenido por pesada efectuada una hora después de la salida del pan del horno.</p> <p>3.7 Volumen del pan. Es el volumen desalojado por el pan expresado en cm³. Se relaciona con la panificación de 100 g da harina.</p> <p>3.8 Textura de la miga. Es el grado de elasticidad o blandura y se determina enteramente con el sentido del tacto. Los dedos se oprimen ligeramente contra la superficie de un pedazo de pan cortado y se hacen deslizar sobre ella. La sensación producida por esta operación puede describirse como suave, elástica, áspera, tosca, desmenuzable, según el caso.</p> <p>3.6 Grano de la miga. La porosidad o estructura de la celdilla de gas está constituida por el tamaño, forma y distribución de ésta. Un grano deseable está compuesto por celdas pequeñas de tamaño uniforme, de forma oval y de paredes delgadas.</p> <p>3.9 Apariencia. Aspecto exterior del pan.</p> <p>3.8 Color. Característica peculiar del pan producida por la luz reflejada sobre éste y que impresiona a la vista.</p>		

4. METODO MANUAL

4.1 Instrumental.

- 4.1.1 *Termómetro para masas*, con escala de 15 a 40°C.
- 4.1.2 *Termómetro para el horno*, con escala de 100 a 260°C.
- 4.1.3 *Recipientes de aluminio*, para la masa en fermentación.
- 4.1.4 *Molde para panificación estañado*, de acuerdo con lo indicado en la Figura 1.
- 4.1.5 *Horno de panadería*, con temperatura de $210 \pm 5^\circ\text{C}$.
- 4.1.6 *Aparato para medición del volumen de los panes*, por desplazamientos de semillas. (Panvolumenómetro).
- 4.1.7 *Aparato para la medición de la altura de los panes* (puede ser simplemente una regla).
- 4.1.8 *Balanza*, sensible al 0,1mg.
- 4.1.9 *Amasadora eléctrica con control de golpes*.
- 4.1.10 *Espátulas*.
- 4.1.11 *Probeta* de 1000 cm^3 .

4.2 Reactivos.

- 4.2.1 *Harina de trigo*, 500 g.
- 4.2.2 *Levadura prensada*, 15 g.
- 4.2.3 *Sal*, 10 g.
- 4.2.4 *Azúcar*, 15 g.
- 4.2.5 *Grasa*, 10 g.
- 4.2.6 *Agua potable*.

4.3 Procedimiento

- 4.3.1 Colocar los 500 g de harina sobre una mesa o en un amasador.
- 4.3.2 Mezclar en un recipiente adecuado la levadura y el azúcar y disolver en 100 cm^3 de agua.
- 4.3.3 En recipiente aparte disolver la sal en 100 cm^3 de agua.
- 4.3.4 Calentar separadamente la mezcla 4.3.2 y la solución salina 4.3.3 para disolver los ingredientes hasta una temperatura de $28 \pm 5^\circ\text{C}$.
- 4.3.5 Agregar a la harina primeramente la mezcla.
- 4.3.2 y luego la solución 4.3.3. Añadir luego, poco a poco, el agua necesaria para alcanzar una masa de consistencia adecuada. Debe anotarse la cantidad total de agua utilizada, incluyendo las empleadas en 4.3.2 y 4.3.3; ésta será la capacidad de absorción de agua.

(Continúa)

4.3.6 En condiciones asépticas, amasar a mano la masa formada, hasta alcanzar una masa de características satisfactorias. Esta operación no debe durar menos de seis minutos. Dos minutos antes de terminar el amasado agregar los 10 g de grasa.

4.3.7 La temperatura de agua, ingredientes y recipientes debe ser tal que la temperatura final de la masa sea de $28 \pm 5^\circ\text{C}$.

4.3.8 Redondear la masa con la mano y colocar en un recipiente, que debe estar situado en un lugar cuya temperatura sea la más cercana a 30°C y cuya humedad relativa sea la más elevada posible (63%); para obtener esta humedad puede recubrirse el recipiente con una tela húmeda y limpia, dejar fermentar la masa durante 100 minutos.

4.3.9 Amasar nuevamente a mano por un tiempo de 2 minutos y nuevamente redondear la masa, colocar en el recipiente y dejar fermentar por un tiempo de 25 minutos, en condiciones iguales a las anotadas en 4.3.8.

4.3.10 Remover la masa del recipiente, desgasificar nuevamente y pesar. Dividir la masa en cinco porciones del mismo peso. Cada una de estas porciones se aplana con las manos hasta formar un hojaldre grueso (0,5-1 cm). Estas porciones de masa se enrollan a mano y se colocan en los moldes, procurando que la unión quede hacia la parte inferior. Colocar los moldes en un lugar cuyas condiciones sean similares a las indicadas en 4.3.8 y dejar fermentar durante un tiempo de 60 minutos.

4.3.11 Hornear la masa a una temperatura de $210 \pm 5^\circ\text{C}$ por un tiempo de 25 minutos. A los 5 minutos de retirado del horno, debe sacarse el pan del molde.

4.4 Cálculo.

Absorción. Es el valor obtenido según 4.3.5 y se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$A = W - (100 - p)$$

Siendo:

A = porcentaje de absorción de agua.

W = cm^3 del agua total añadida.

P = masa de la harina.

(Continúa)

4.4.1 Peso. Después de una hora de retirado el pan del horna, pesarlo.

4.4.2 Volumen. Para determinar el volumen del pan debe usarse el aparato Panvolumenómetro; si no se dispone de éste, enrasarse con semillas (de nabo u de otras semillas en tamaño y forma iguales) un recipiente adecuado, por ejemplo un balde pequeño. Enseguida se retira gran parte de estas semillas, se coloca dentro del recipiente el pan cuyo volumen debe determinarse y se cubre con las semillas, hasta volver a llenar por completo el recipiente. Se mide el volumen de las semillas desplazadas o no utilizadas por medio de una probeta, siendo éste el volumen del pan.

4.4.2.1 Deben promediarse el volumen de los cinco panes obtenidos en cada ensayo de panificación. Si la máxima diferencia de volumen de dos panes excede de 100 cm^3 , debe realizarse un segundo ensayo.

4.5 Características externas e internas Antes de las 24 horas de haberse obtenido el pan y por medio de puntaje se determinan las características del pan, al que se le asignan los valores indicados a continuación:

4.5.1 Color de la Corteza.

Dorado	15 puntos
Pálido	10 puntos
Muy pálido	5 puntos
Oscuro	0 puntos

4.5.2 Apariencia y simetría.

Muy bueno	15 puntos
Bueno	10 puntos
Regular	5 puntos
Malo	0 puntos

4.5.3 Sabor.

Muy agradable	10 puntos
Agradable	5 puntos
Desagradable	0 puntos

4.5.4 Color de la miga.

Blanco	10 puntos
Crema	5 puntos
Gris	0 puntos

(Continúa)

4.5.5 Textura de la miga.

Muy buena	30 puntos
Buena	20 puntos
Regular	10 puntos
Mala	0 puntos

4.5.6 Grano de la miga. De acuerdo con el tamaño, la forma y la distribución de los poros o estructuras de las celdillas de gas, será:

Bueno	20 puntos
Regular	10 puntos
Malo	0 puntos

4.5.7 Un pan ideal reúne un puntaje máximo de 100 puntos.

4.5.8 Deben promediarse los valores de calificación de los cinco panes obtenidos en cada ensayo. Las calificaciones promedios de dos ensayos no deberán diferir en más de 1 punto.

4.5.9 El puntaje de aceptación debe alcanzar un mínimo de 50 puntos.

5. METODO DE REFERENCIA

5.1 Instrumental

5.1.1 *Farinógrafo Brabender.*

5.1.2 *Mezclador planetario.*

5.1.3 *Termómetro para masa, con escala de 15 a 40°C.*

5.1.4 *Termómetro para el horno, con escala de 100 a 260°C.*

5.1.5 *Recipientes de aluminio para las masas en fermentación.*

5.1.6 *Cámara de fermentación y de Reposo, capaces de mantener una temperatura de $30 \pm 0,5^\circ\text{C}$ y una humedad relativa superior a 75%.*

5.1.7 *Boleador.*

5.1.8 *Moldeador mono universal o su equivalente.*

5.1.9 *Moldes para panificación, con las dimensiones siguientes: base de 6 cm por 12,5 cm; parte superior 7,5 cm por 14 cm y una altura aproximada de 6 cm.*

5.1.10 *Horno rotatorio de laboratorio, capaz de mantener una temperatura de $210 \pm 5^\circ\text{C}$.*

5.1.11 *Medidor de volumen de panes, por desplazamiento de semillas, (Panvolumenómetro).*

5.1.12 *Vitrina para almacenar panes, una vez pesados y medidos.*

5.1.13 *Cucharones, espátulas, buretas, vasos de precipitación.*

(Continúa)

5.1.14 *Balanza*, sensible al 0,1g.

5.2 Reactivos.

5.2.1 *Levadura*. Disolver 12g de levadura en agua corriente y completar a 100 cm³. Esta solución debe prepararse antes de utilizarla.

5.2.2 *Grasa* 2 g.

5.2.3 *Harina de trigo* en sustancia seca.

5.2.4 *Solución de azúcar y sal*. Disolver 12 g de azúcar y 8 g de sal en agua y completar a 100 cm³.

5.2.5 *Agua*.

5.3 Procedimiento.

5.3.1 La harina de trigo se panifica dos veces en días diferentes, siguiendo el procedimiento siguiente:

5.3.1.1 Pesar 43 g de harina seca, 1.5 g de levadura, 1 g de sal, 1 g de manteca y colocar en la mezcladora del Farinógrafo de Brabender. Añadir agua hasta obtener una consistencia de 430 unidades de Brabender. Leer directamente el porcentaje de absorción en la bureta del Farinógrafo.

5.3.1.2 La temperatura de las soluciones con los ingredientes de la harina y los recipientes deben ser tales que la temperatura final de la masa sea de 28°C.

5.3.2 Por otra parte, colocar en el mezclador una cantidad de harina correspondiente a 86g en sustancia seca, agregar 25 cm³ de la suspensión de levadura (ver 5.2.1), 25 cm³ de la solución de azúcar-sal y agua de acuerdo a lo determinado en 5.3.1.1. Mezclar a velocidad baja durante 10 minutos. Un minuto y medio antes de terminar la mezcla, agregar 2 g de manteca.

5.3.3 Remover la masa del recipiente del mezclador y colocar en el boleador. Retirar la masa una vez que el plato del boleador haya completado 20 revoluciones y colocar en el recipiente de fermentación y éste en la cámara de fermentación. Dejar fermentar por 100 minutos a una temperatura de 30 ± 5°C y una humedad relativa superior a 75%. Volver a mezclar a velocidad intermedia durante un minuto. Dejar fermentar por otros 25 minutos en las mismas condiciones.

5.3.4 Pasar la masa por el moldeador, usando como cilindrador, dos veces: la primera con una abertura de 0.793 cm y la segunda con una de 0.476 cm. Dividir la masa en porciones correspon_

(Continúa)

dientes a 86 g de harina en sustancia seca. Pasar por el moldeador, que debe graduarse de acuerdo con la cantidad de masa que se va a moldear, y colocar en el molde con la unión hacia abajo. Colocar el molde en la cámara de reposo a $30 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ y una humedad relativa superior a 75%.

5.3.5 Dejar fermentar la masa en el molde durante una hora.

5.3.6 Hornear la masa durante 25 minutos a una temperatura de $210 \pm 5^{\circ}\text{C}$. Antes de cada horneado de ensayo, se debe hornear una serie de panes (no de ensayo), para uniformar las condiciones del horno. A los 5 minutos de retirado del horno, sacar el pan del molde.

5.4 Cálculos

5.4.1 Absorción. La absorción es el valor obtenido directo en 5.3.1.1.

5.4.2 Peso y volumen. Después de una hora de retirado el pan del horno, se pesa y se determina el volumen como se anota en 4.4.2.

5.4.3 Deben promediarse los resultados de los ensayos de panificación. Si los volúmenes de los ensayos difieren en más de 100 cm^3 , debe realizarse un tercer ensayo.

5.4.4 Características externas e internas. Serán Determinadas de acuerdo al numeral 4.5 de esta norma.

6. ERRORES DE METODO

6.1 Para el método manual. La diferencia entre los resultados de la calificación efectuada en 5 panes no debe diferir en más de 10 puntos.

6.2 Para el método de referencia. Si la diferencia entre los resultados de la calificación efectuada por duplicado en los ensayos de volúmenes difiere más de 100 cm^3 , debe realizarse otra determinación.

7. INFORME DE RESULTADOS

7.1 Como resultado final, debe reportarse la media aritmética de los ensayos obtenidos en la determinación.

7.2 En el informe de resultados, deben indicarse el método usado y el resultado obtenido. Debe mencionarse, además, cualquier condición no especificada en esta norma o considerada como opcional, así como cualquier circunstancia que pueda haber influido sobre el resultado.

7.3 Debe incluirse todos los detalles necesarios para la completa identificación de la muestra.

(Continúa)

APENDICE Z.

Z.1 NORMAS A CONSULTAR

Esta norma no requiere de otras para su aplicación.

Z. 2 BASE DE ESTUDIO

Seminario de Panificación. Universidad Técnica del Estado. Escuela Tecnológica Great Plains Wheat. Santiago, 1977.

Escuela Politécnica. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Utilización de la harina de papa en panificación. Pruebas de Panificación. Boletín Técnico N° 7. 1974.

Escuela Politécnica Nacional. Ensayos Farinográficos y de Panificación con harinas compuestas. Boletín Técnico N° 5. Quito, 1973.

Norma Colombiana ICONTEC 310. Ensayos de panificación de la harina de trigo. Método de referencia. Instituto Colombiano de Normas Técnicas. Bogotá, 1969.

Norma Venezolana NORVEN 218 P. Harina de trigo. Métodos de Análisis. Volumen y prueba experimental de panificación. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Caracas, 1965.

Norma Colombiana ICONTEC 291. Ensayos de panificación de la harina de trigo. Método manual. Instituto Colombiano de Normas Técnicas. Bogotá, 1969.

Norma Chilena INDITECNOR 23-23 d. Calidad de la Harina Panadera de trigo. Instituto de Investigaciones Tecnológicas y Normalización. Chile, 1965.

Winton A.L. y Winton K.B. Análisis de Alimentos. Reverte 2da., edición, pp 556. Barcelona, Buenos Aires, 1958.

AACC.Method 10-10 Pag.1 de 7 Baking quality of wheat bread flour straight dough method. American Association of cereal chemists aproved method. Published American Association of Cereal Chemists Inc, 1821 University Avenue St. Paul, Minnesota.55104 U.S.A.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

La Norma INEN 530 fue sometida a consulta pública de 1978-04-25 a 1978-06-09 y se tomaron en cuenta todas las observaciones recibidas.

La Norma en referencia fue estudiada por el Comité Técnico AI 02-02, HARINAS DE ORIGEN VEGETAL, y aprobada por éste en 1979-06-20.

Formaron parte del Comité Técnico las siguientes personas:

INTEGRANTES:

Sr. Patricio Hidalgo P.
Sr. Godifrey Berry
Sr. Gustavo Negrete
Dra. Marlene de San Lucas
Sr. Pedro Novillo
Ing. Edgar Alvarado
Ing. Poema Jiménez
Sr. Rafael Clavijo
Ing. César Cáceres
Sr. Wilfrido Llaguno
Ing. Jaime Gallegos
Ing. Peter Alter
Dr. Luis Vallejo
Ing. Washington Moreno

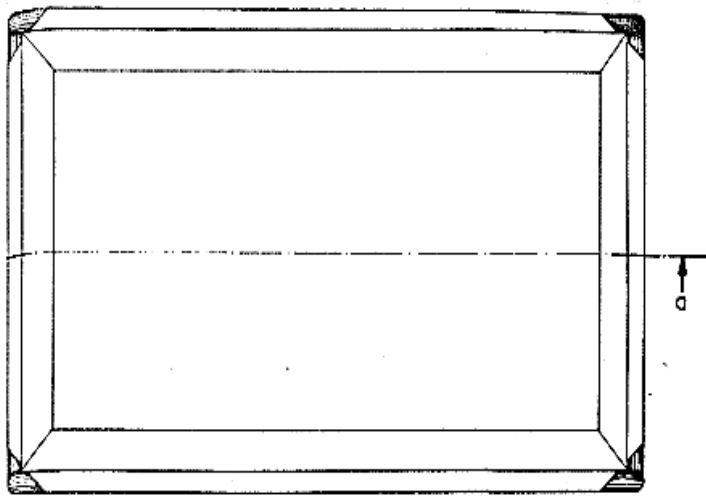
Srta. Lourdes Chamorro
Sr. José Bueno
Dra. Iclea de Rodríguez
Sr. Rafael Aguirre
Ing. Iván Navarrete
Lic. María Eugenia de Mora
Dra. Leonor Orozco

ORGANIZACIÓN REPRESENTADA:

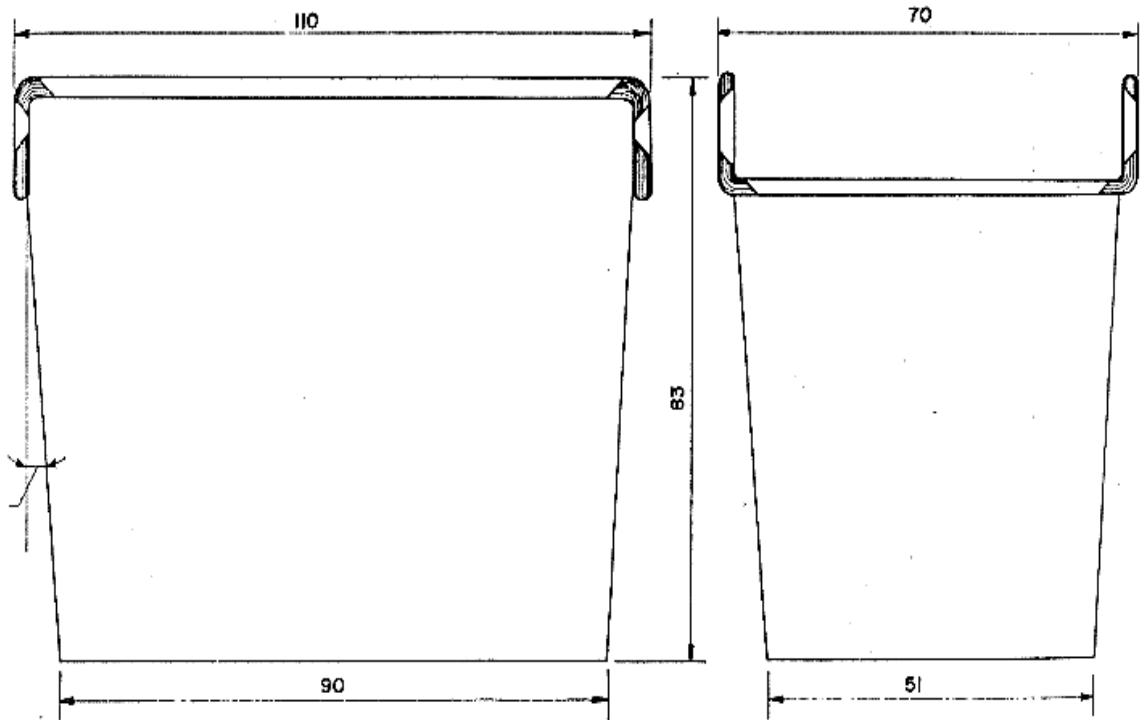
MOLINEROS DE LA SIERRA
INDUSTRIAL MOLINERA C.A.
INDUSTRIAL MOLINERA C.A.
INDUSTRIAL MOLINERA C.A.
MICEI
MICEI
MICEI (Guayaquil)
CENDES
MAG
MAG (Guayaquil)
MAG
FAO
INSTITUTO NAC. DE NUTRICIÓN
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
TECNOLOGICAS (Guayaquil)
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
MOLINOS POULTIER
INSTITUTO IZQUIETA PEREZ
INEN
INEN
INEN
INEN

Esta Norma fue aprobada por el Consejo Directivo del Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, en sesión de 1980-12-11.

El Sr. Ministro de Industrias, Comercio e Integración autorizó y oficializó esta norma con el carácter de OBLIGATORIA, mediante acuerdo N° 220 de 1981-03-04, publicado en el Registro Oficial N° 418 de 1981-04-13.



Vista Superior



Vista Frontal

Vista Lateral

Molde para panificación (Estañó).

Figura Nº 1