



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



ELABORACIÓN DE PAN INTEGRAL A PARTIR DE LA MEZCLA DE HARINA DE TRIGO (*TRITICUM SPP.*) CON HARINA DE CEBADA GERMINADA (*HORDEUM VULGARE*) CRUDA Y TOSTADA.

Autor: Carolina Córdova
Director: Ing. Luis Sandoval

Ibarra – Ecuador

Diciembre 2010

Derechos reservados de la autora:
Carolina Córdova M.

Índice

- ▶ Generalidades
- ▶ Marco Teórico
- ▶ Materiales y métodos
- ▶ Resultados y discusiones
- ▶ Conclusiones y recomendaciones



- ▶ Generalidades
 - Introducción
 - Objetivos general y específicos
 - Hipótesis



Introducción



Economía ecuatoriana afectada por la crisis mundial → propuesta del Gobierno Nacional en incentivar al sector agrario con proyectos productivos y préstamos.



Pérdida de cultivos tradicionales como trigo y cebada, por falta de organización y planificación agrícola. Existen pocas alternativas de consumo de la cebada industrializada.



Asociación de Productores y Comercializadores de Productos Orgánicos del Norte (APRONOR) y el Gob. Municipal del cantón Bolívar, apoyan el presente proyecto para promover una nueva alternativa de producción de cebada con fines panificables.

Objetivos



General

Elaborar pan integral a partir de la mezcla de harina de trigo blanca e integral (*Triticum spp.*) con harina de cebada germinada (*Hordeum vulgare*) cruda y tostada.

Específicos



Determinar las características de la harina cebada germinada cruda, tostada y pan integral elaborado con la mezcla de harina de trigo (blanca e integral) y harina de cebada germinada (cruda y tostada) mediante análisis físico-químicos: humedad, fibra, ceniza, proteína, grasa, carbohidratos totales, peso, volumen, peso específico; reológicas; organolépticos: color, aroma, sabor, miga y corteza.

Análisis microbiológico del mejor tratamiento.

Evaluar la calidad nutricional (K y Fe) del producto final del mejor tratamiento.

Determinar el rendimiento en la elaboración del pan integral de trigo y cebada germinada.

Determinar los costos de producción del pan integral de trigo y cebada germinada a nivel experimental en el laboratorio.

Hipótesis



Hi: El tipo y porcentaje de harina cebada germinada cruda y/o tostada influirá en la calidad nutricional y organoléptica del pan integral.

Ho: El tipo y porcentaje de harina cebada germinada cruda y/o tostada no influirá en la calidad nutricional y organoléptica del pan integral.

➤ Marco Teórico

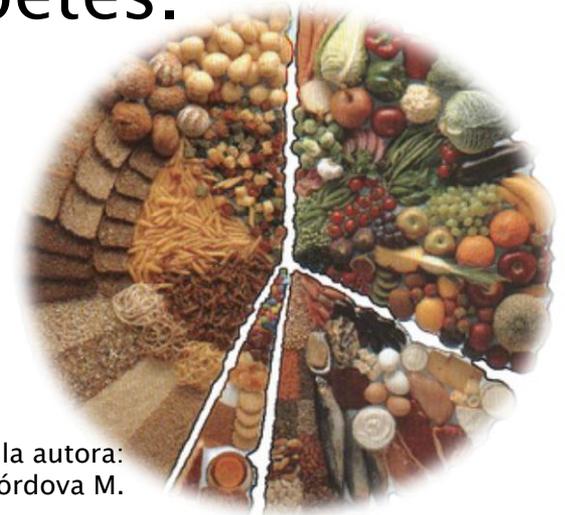
- Alimentos integrales
- Cereales integrales
- Harina y pan integral
- Cereales germinados y tostados



Alimentos integrales

Importancia:

- ❖ Alto contenido nutricional vs. Alimentos refinados.
- ❖ Previenen enfermedades: cáncer de colon, estreñimiento, reducen el nivel de colesterol → enfermedades cardiacas, no elevan el nivel de glucosa en la sangre → diabetes.



Cereales integrales

- ❖ Poseen mayor contenido proteico, fibra, minerales (Se, Zn, Cu, Mg, P, Fe) y vitaminas (grupo B, vit. E), grasas poliinsaturadas (omega 9) por lo que permanecen más tiempo en el tracto intestinal y previenen muchas enfermedades vs. Cereales refinados o tratados.





Harina integral

Procedente de la molturación del grano entero, sano y seco, industrialmente limpio, extracción en un 100%.

Pan integral

Contenidos	Pan integral	Pan semiintegral	Pan blanco
Agua	37.1	35	33
Hidratos de Carbono	44	51	54.5
Proteínas	12.5	12	8.7
Grasas	1.5	1.2	1
Fibras Alimentarias	6.2	2.7	1.3
Calorías	225	260	323
Sodio	625 mg	710 mg	125 mg
Potasio	240 mg	175 mg	125 mg
Fósforo	196 mg	151 mg	108 mg
Vitamina B1	0.23 mg	0.21 mg	0.23 mg
Niacina	1.97 mg	1.35 mg	1.97 mg

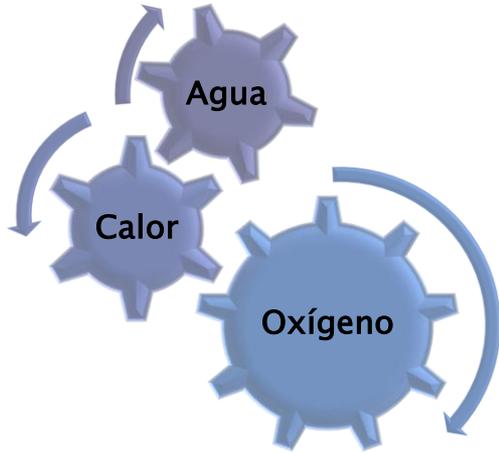
Valor nutritivo del pan cada 100 gramos

Fuente: SICA – ECUADOR (2009), artículo de Claude La Chapulle.

Derechos reservados de la autora:
Carolina Córdova M.

Cereales germinados y tostados

Componentes:



Según GOYOAGA, C. (2005), la germinación desencadena una serie de procesos enzimáticos que mejoran su digestibilidad y aumentan su valor nutricional.



El proceso de tostado en los cereales mejora la palatabilidad, facilita el proceso de molidura y la conversión de los azúcares biodisponibles para el consumo de las levaduras en el proceso de panificación.

Proceso germinativo y Efectos Enzimáticos (diastasas)

Albumen es pre-digerido.

Proteínas complejas → aminoácidos simples.

Se sintetizan abundantes vitaminas.

Grasas → en ácidos grasos.

El almidón se reduce a maltosa y dextrina, azúcares más simples que exigen menos esfuerzo al aparato digestivo, liberando energía más rápida.

Derechos reservados de la autora.

Carapá Órdova M.

➤ MATERIALES Y MÉTODOS

- Localización
- Materiales: materia prima, insumos, equipos
- Tratamientos en estudio y diseño experimental
- Variables a evaluarse: paramétricas y no paramétricas
- Manejo del experimento



Derechos reservados de la autora:
Carolina Córdova M.

Localización

- **Ubicación del trabajo de laboratorio**
 - El desarrollo del experimento se llevará a cabo en el Laboratorio de Panificación de las Unidades Productivas de la Escuela de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales (FICAYA) de la Universidad Técnica del Norte, ubicados en el Sector del Camal, cantón de Ibarra.

Provincia:

• Imbabura

Cantón:

• Ibarra

Parroquia:

• Azaya

Lugar:

• Laboratorios FICAYA – UTN

Altura:

• 2.384 m.s.n.m.

Temperatura:

• 15,6°C

Precipitación anual:

• 611,2mm

Humedad Relativa:

• 86%

Fuente:

• Estación meteorológica, Aeropuerto “Atahualpa”, ciudad de Ibarra (2009).

Materiales



MATERIA PRIMA

Harina de Trigo blanca e integral

Harina de cebada germinada cruda y tostada



EQUIPOS

Horno para pan con capacidad para 4 latas

Amasadora con capacidad de 5 lb

Balanza analítica con capacidad hasta 1000 g

3 canastillas de acero inoxidable

4 Recipientes plásticos

4 Bandejas plásticas

Termómetro (máx. 350°C)

2 cucharas

6 latas para pan

3 probetas de 50 ml

Balanza digital (500 g)

Mesa para moldeo

Raspador de masa

Cronómetro



INSUMOS

Agua

Levadura fresca

Sal

Azúcar

Grasa vegetal (margarina y manteca)

Huevos

MÉTODOS

TRATAMIENTOS en Estudio

• Los parámetros en estudio están constituidos por la mezcla de dos tipos de harina de trigo (*Triticum spp.*) blanca e integral y con dos tipos de harina de cebada germinada (*Hordeum vulgare*) cruda y tostada.

Harina de Trigo

- **Tb** = Harina de Trigo blanca
- **Ti** = Harina de Trigo Integral

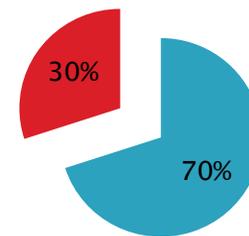
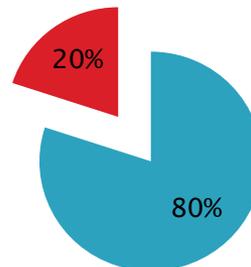
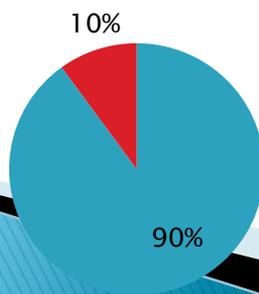
Harina de Cebada germinada

- **Cc** = Harina de Cebada germinada cruda
- **Ct** = Harina de Cebada germinada tostada

Testigos

- **Hti** = Harina de Trigo integral

1. Trigo
2. Cebada



TRATAMIENTOS

T1	Tb ₉₀ Cc ₁₀
T2	Tb ₈₀ Cc ₂₀
T3	Tb ₇₀ Cc ₃₀
T4	Tb ₉₀ Ct ₁₀
T5	Tb ₈₀ Ct ₂₀
T6	Tb ₇₀ Ct ₃₀
T7	Ti ₉₀ Cc ₁₀
T8	Ti ₈₀ Cc ₂₀
T9	Ti ₇₀ Cc ₃₀
T10	Ti ₉₀ Ct ₁₀
T11	Ti ₈₀ Ct ₂₀
T12	Ti ₇₀ Ct ₃₀
t1	Hti

Diseño Experimental

- Se utilizó Diseño Completamente al Azar (DCA) con 12 tratamientos, tres repeticiones y un testigo.

Características del Experimento

- El diseño que se aplicó para cada una de las mezclas de harinas, tubo las siguientes características.
- Tratamientos 12
- Repeticiones 3
- Testigos 1
- Unidades experimentales 37

Características de la unidad experimental

- Los niveles de reemplazo de la harina de trigo tanto blanca como integral son del 10, 20, y 30% con la harina de cebada germinada tanto cruda como tostada. Las mezclas se realizaron en forma manual, realizando los cálculos correspondientes utilizando como base de cálculo 1Kg de mezcla de harina de trigo con cebada germinada.

Fuente de Variación	Grados de Libertad
Total	36
Tratamientos	11
Error	25

Análisis Funcional

Coefficiente de variación, determinó la eficiencia del diseño y la conducción del experimento.

Prueba de Tuckey al 5% para tratamientos.

Las variables cualitativas se evaluaron mediante la Prueba de Friedman al 5% para 12 tratamientos.

Variables a Evaluarse

Características reológicas de la harina de cebada germinada cruda y tostada (consistencia, absorción del agua) por medio de un Farinógrafo, días previos a la elaboración del pan.

- **Humedad de la masa y del pan**, mediante el método gravimétrico.

Fibra total del pan por el método Wendell.

- **Proteína del pan** por el método Kjeldahl.
- **Grasa de la masa y del pan**, por el método Soxhlet.

Cenizas del pan, por el método gravimétrico.

- **Peso de la masa y del pan**, por el método gravimétrico.
- **Volumen de la masa y del pan**, por el método de semillamiento.
- **Peso Específico de la masa y del pan**, por medio de la diferencia entre peso y volumen.

Calidad nutricional del mejor tratamiento, cantidad de K y Fe.

- **Análisis del rendimiento de la producción** en la elaboración del pan integral.
- **Costos de producción** al final del proceso productivo.

Variables no Paramétricas

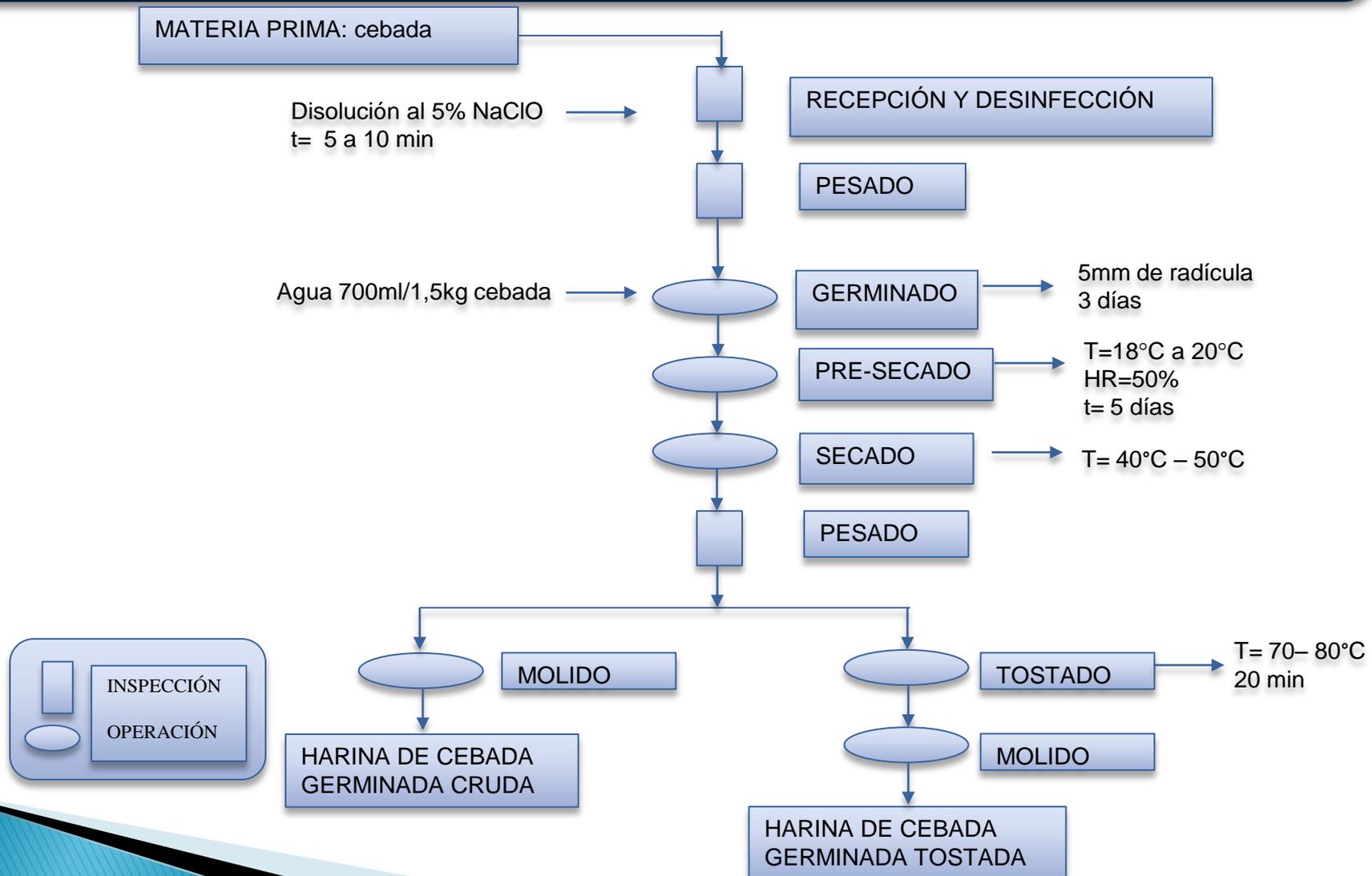
Características Organolépticas incluyendo **Sabor, Miga, Corteza, Textura, Miga y Aceptabilidad**. Se evaluó por medio de degustaciones con la ayuda de 10 panelistas, comparando con 2 testigos comerciales los más parecidos posibles al pan integral elaborado en el estudio.

MANEJO DEL EXPERIMENTO



Derechos reservados de la autora:
Carolina Córdova M.

Proceso de elaboración de Harina de Cebada germinada (*hordeum vulgare*) cruda y tostada.



Elaboración de Pan integral a partir de la mezcla de harina de trigo blanca e integral (*Triticum spp.*) y harina de cebada germinada (*Hordeum vulgare*) cruda y tostada.





Derechos reservados de la autora:
Carolina Córdova M.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN



Derechos reservados de la autora:
Carolina Córdova M.



HARINA DE CEBADA GERMINADA CRUDA Y TOSTADA

Caracterización

Parámetro Solicitado	Unidades	Resultados		Metodología
		Harina cebada germinada cruda	Harina de cebada germinada tostada	
Proteína	%	10,12	10,60	AOAC 960.52
Cenizas	%	2,81	2,65	AOAC 920.153
Contenido de Humedad	%	74,56	71,24	AOAC 926.08
Extracto Etéreo	%	2,14	2,42	AOAC 968.20
Fibra	%	2,20	2,90	AOAC 945.18
Carbohidratos Totales	%	10,37	13,09	Cálculo
Potasio	mg/100 g	18,495	18,475	Abs. Atómica
Hierro	mg/100 g	0,2	0,192	

FARINOGRAFÍA

Parámetro Solicitado	Unidades	Resultados		Metodología
		HARINA CEBADA GERMINADA CRUDA	HARINA DE CEBADA GERMINADA TOSTADA	
Humedad	%	9,50	6,70	BRABENDER
Absorción de agua	%	63,20	68,00	BRABENDER
Tiempo de desarrollo	min.	1,00	0,50	BRABENDER
Estabilidad	min.	1,00	0,50	BRABENDER
Debilitamiento	U.B.	151,00	139,00	BRABENDER

MASA

Humedad en la masa (%)

Adeva

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
Total	35	0,016619				
Tratamientos	11	0,002753	0,000250	0,4333 ^{NS}	3,09	2,22
ERROR EXP.	24	0,013866	0,000578			

CV= 1,3436

Extracto etéreo de la masa (%)

Adeva

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
Total	35	0,057763				
Tratamientos	11	0,026990	0,002454	1,9137 ^{NS}	3,09	2,22
ERROR EXP.	24	0,030772	0,001282			

CV= 3,7518

Incremento de volumen de fermentación de la masa (ml)

Adeva

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
Total	35	142,22				
Tratamientos	11	53,56	4,87	1,32 ^{NS}	3,09	2,22
ERROR EXP.	24	88,67	3,69			

CV= 12,6269

Capacidad de absorción de agua de la harina mezcla (100g/ml)

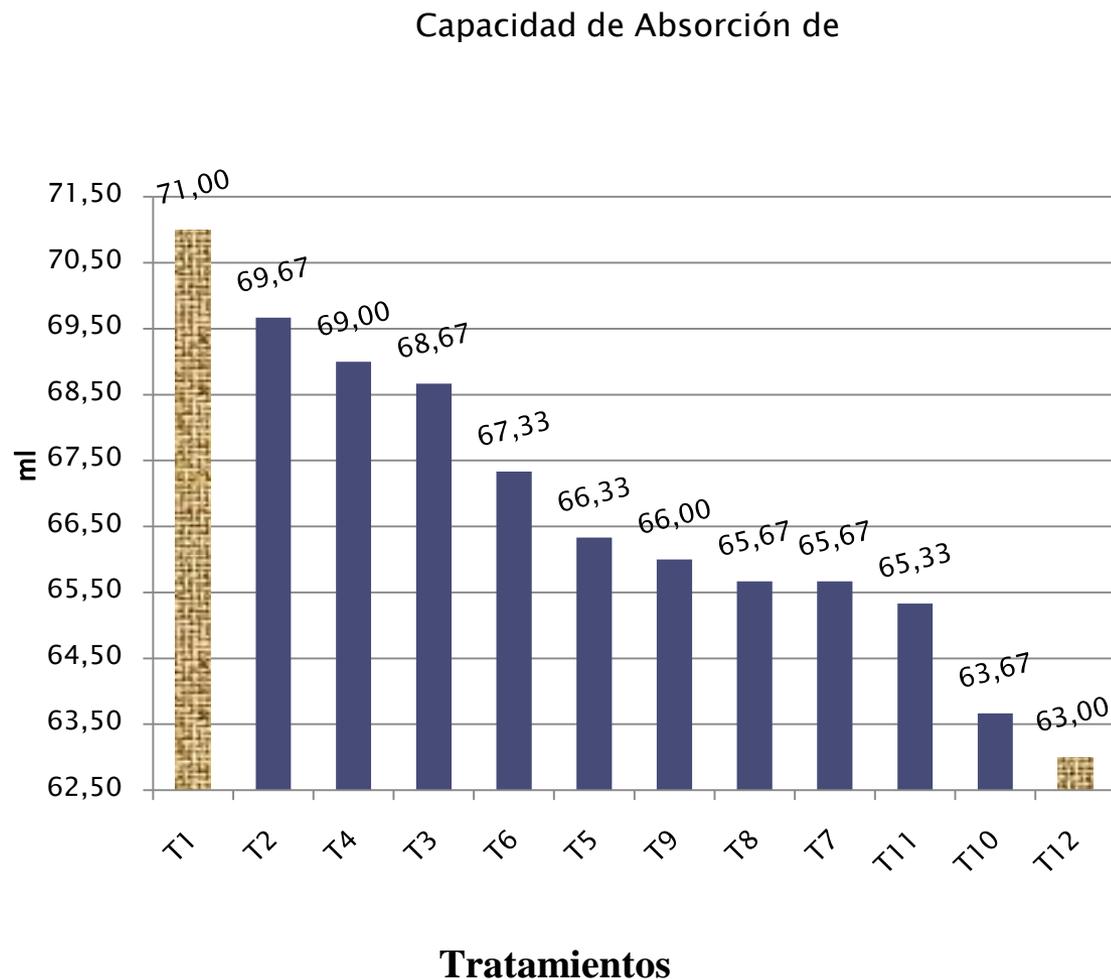
Adeva

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
Total	35	274,22				
Tratamientos	11	192,89	17,54	5,17 ^{**}	3,09	2,22
ERROR EXP.	24	81,33	3,39			

CV= 2,7567

Prueba de Tuckey para tratamientos para la variable capacidad de absorción de agua de la harina mezcla (100g/ml)

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS
T1	71,00	a
T2	69,67	b
T4	69,00	c
T3	68,67	c
T6	67,33	c
T5	66,33	c
T9	66,00	c
T8	65,67	c
T7	65,67	c
T11	65,33	c
T10	63,67	c
T12	63,00	c



Volumen específico de la masa (ml)

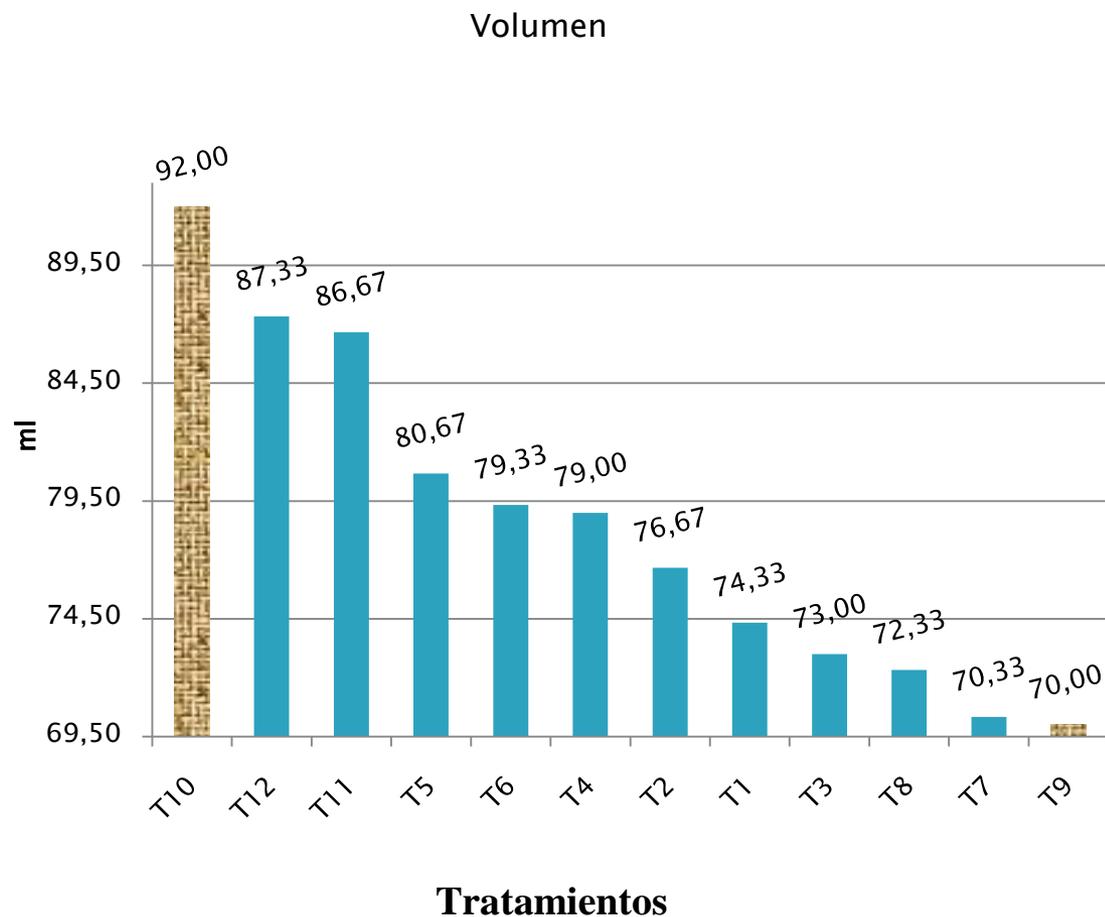
Adeva

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
Total	35	1844,97				
Tratamientos	11	1681,64	152,88	22,46**	3,09	2,22
ERROR EXP.	24	163,33	6,81			

CV= 3,3244

Prueba de Tuckey para tratamientos para la variable volumen específico de la masa (ml)

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS
T10	92,00	a
T12	87,33	a
T11	86,67	a
T5	80,67	b
T6	79,33	b
T4	79,00	b
T2	76,67	b
T1	74,33	b
T3	73,00	c
T8	72,33	c
T7	70,33	c
T9	70,00	c



PAN



Humedad en el pan (%)

Adeva

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
Total	35	0,507345				
Tratamientos	11	0,229476	0,020861	1,8018 ^{NS}	3,09	2,22
ERROR EXP.	24	0,277870	0,011578			

CV= 1,2272

Cenizas del pan (%)

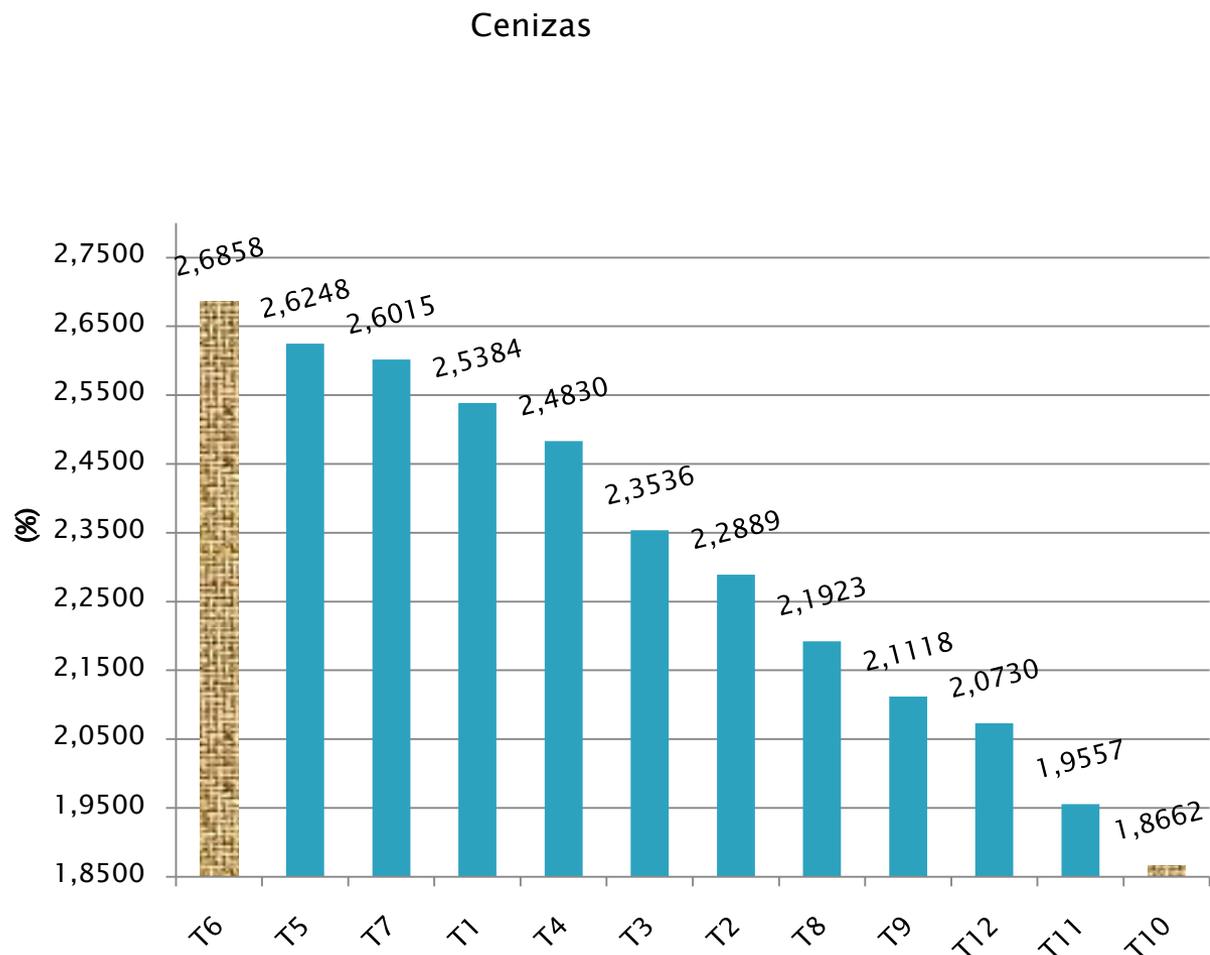
Adeva

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
Total	35	0,301027				
Tratamientos	11	0,277173	0,025198	25,3515 ^{**}	3,09	2,22
ERROR EXP.	24	0,023854	0,000994			

CV= 2,0757

Prueba de Tuckey para la variable cenizas del pan (%)

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS
T6	2,6858	a
T5	2,6248	b
T7	2,6015	c
T1	2,5384	c
T4	2,4830	c
T3	2,3536	c
T2	2,2889	c
T8	2,1923	c
T9	2,1118	c
T12	2,0730	c
T11	1,9557	c
T10	1,8662	c



Tratamientos

Derechos reservados de la autora:
Carolina Córdova M.

Extracto Etéreo del pan (%)

Adeva

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
Total	35	24,699486				
Tratamientos	11	0,368828	0,033530	0,0331 ^{NS}	3,09	2,22
ERROR EXP.	24	24,330658	1,013777			

CV= 45,29

Fibra Bruta del pan (%)

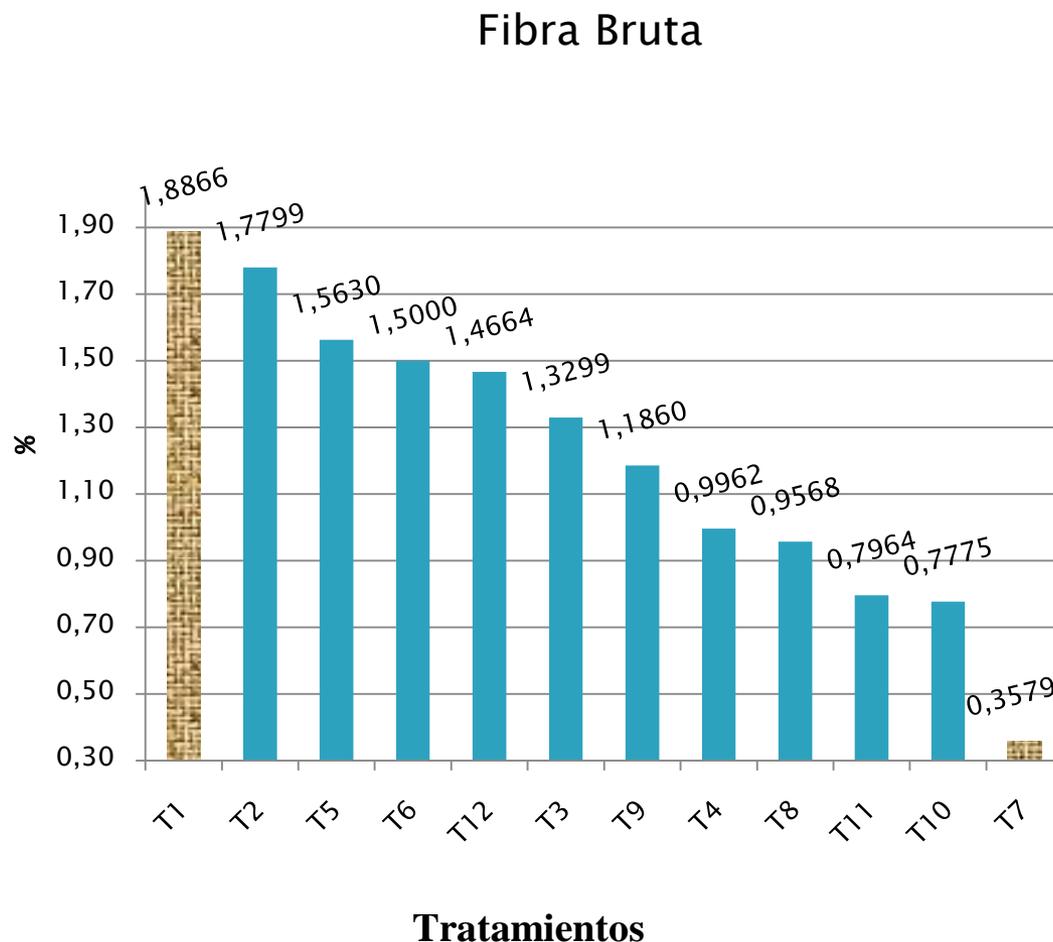
Adeva

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
Total	35	1,760933				
Tratamientos	11	1,640732	0,149157	29,7818 ^{**}	3,09	2,22
ERROR EXP.	24	0,120200	0,005008			

CV= 6,54

Prueba de Tuckey para los tratamientos de la variable fibra bruta del pan (%)

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS
T1	1,8866	a
T2	1,7799	a
T5	1,5630	b
T6	1,5000	b
T12	1,4664	c
T3	1,3299	c
T9	1,1860	c
T4	0,9962	c
T8	0,9568	c
T11	0,7964	c
T10	0,7775	c
T7	0,3579	c



Proteína del pan (%)

Adeva

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
Total	35	0,197852				
Tratamientos	11	0,084760	0,007705	1,6352 ^{NS}	3,09	2,22
ERROR EXP.	24	0,113092	0,004712			

CV= 6,49

Carbohidratos totales del pan (%)

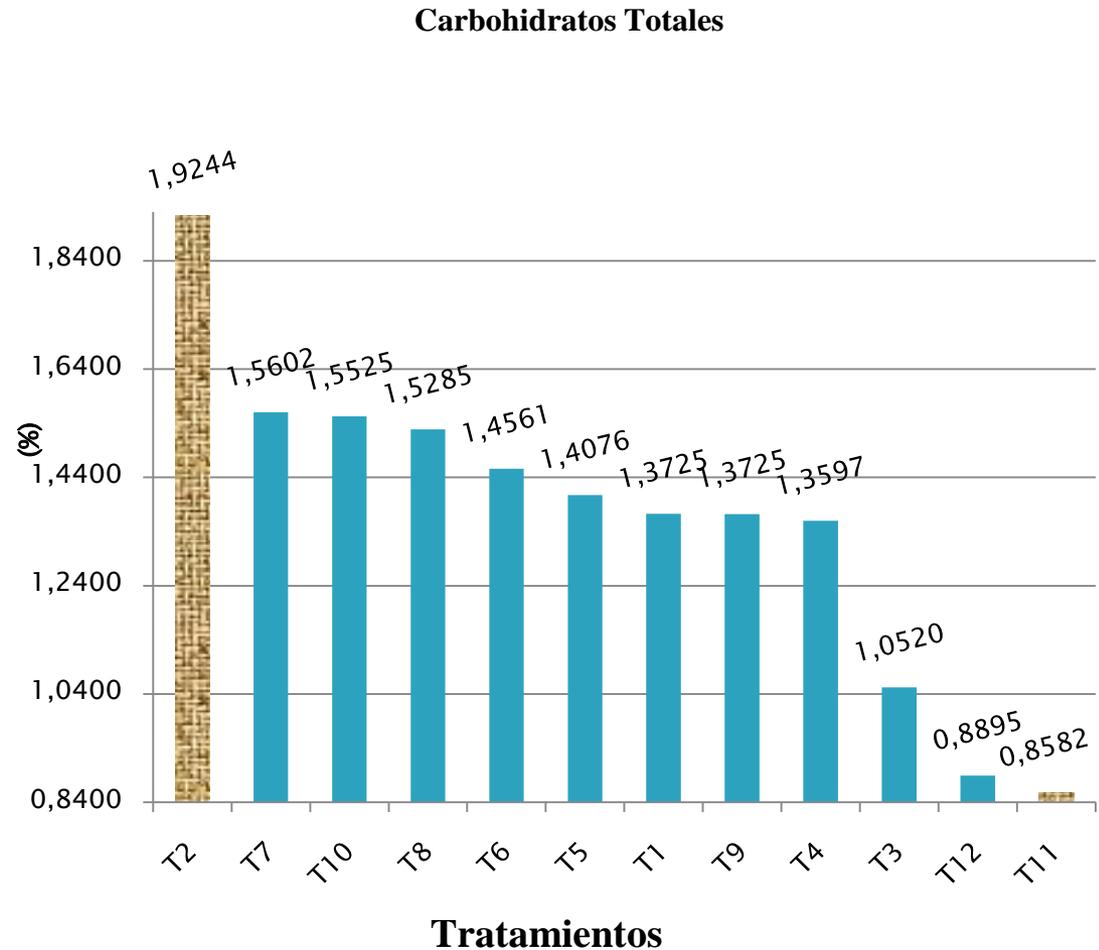
Adeva

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
Total	35	0,825923				
Tratamientos	11	0,586819	0,053347	5,3547 ^{**}	3,09	2,22
ERROR EXP.	24	0,239104	0,009963			

CV= 8,61

Prueba de Tuckey para los tratamientos de la variable carbohidratos totales del pan (%)

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS
T2	1,9244	a
T7	1,5602	b
T10	1,5525	b
T8	1,5285	b
T6	1,4561	b
T5	1,4076	b
T1	1,3725	b
T9	1,3725	b
T4	1,3597	b
T3	1,0520	c
T12	0,8895	c
T11	0,8582	c



Peso final del pan (g)

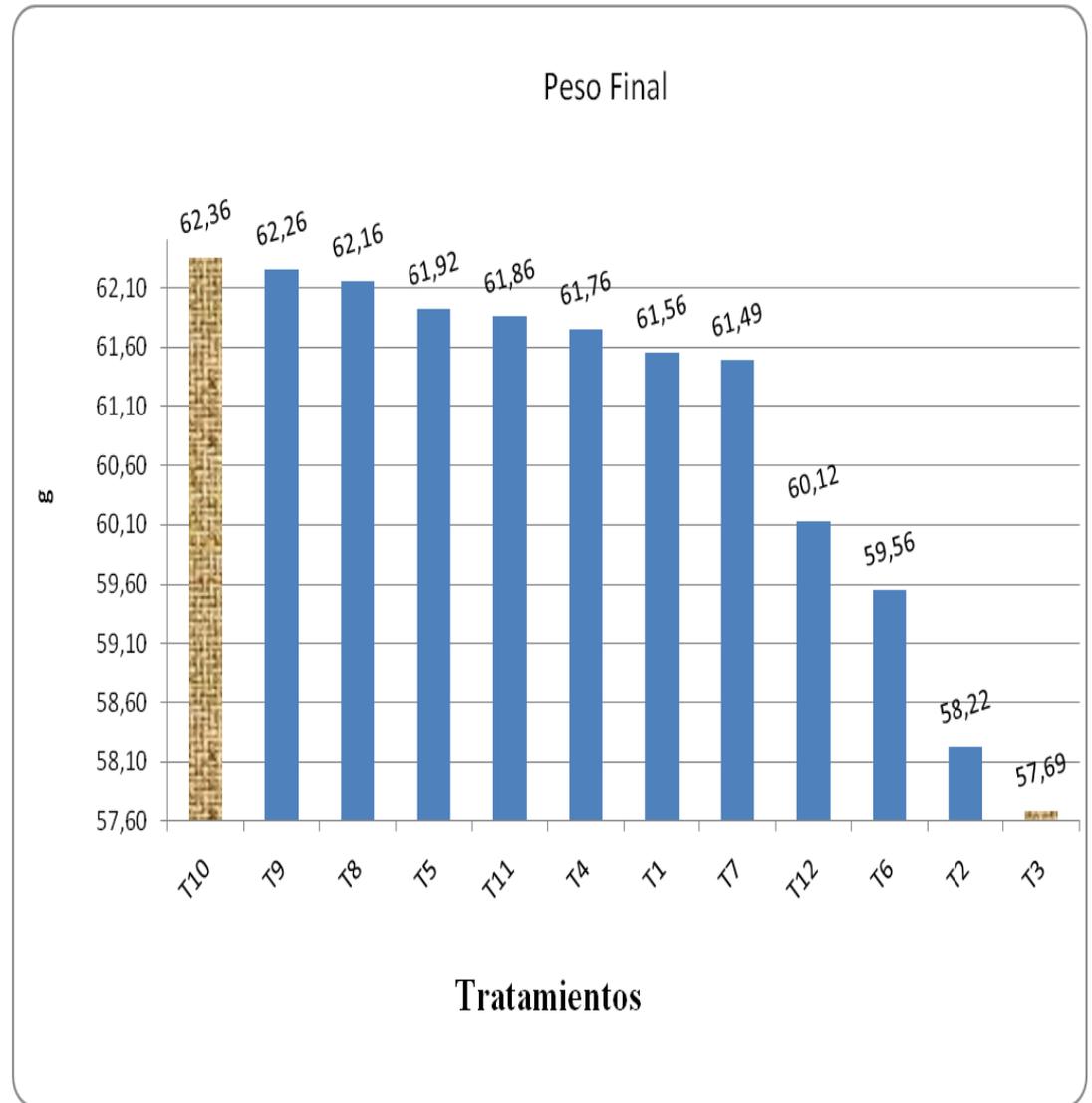
Adeva

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
Total	35	115,76				
Tratamientos	11	86,68	7,88	6,50**	3,09	2,22
ERROR EXP.	24	29,09	1,21			

CV= 2,06

Prueba de Tuckey para tratamientos de la variable peso final del pan (g)

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS
T10	62,36	a
T9	62,26	a
T8	62,16	a
T5	61,92	a
T11	61,86	a
T4	61,76	a
T1	61,56	a
T7	61,49	a
T12	60,12	a
T6	59,56	a
T2	58,22	b
T3	57,69	b



Volumen específico del pan (ml)

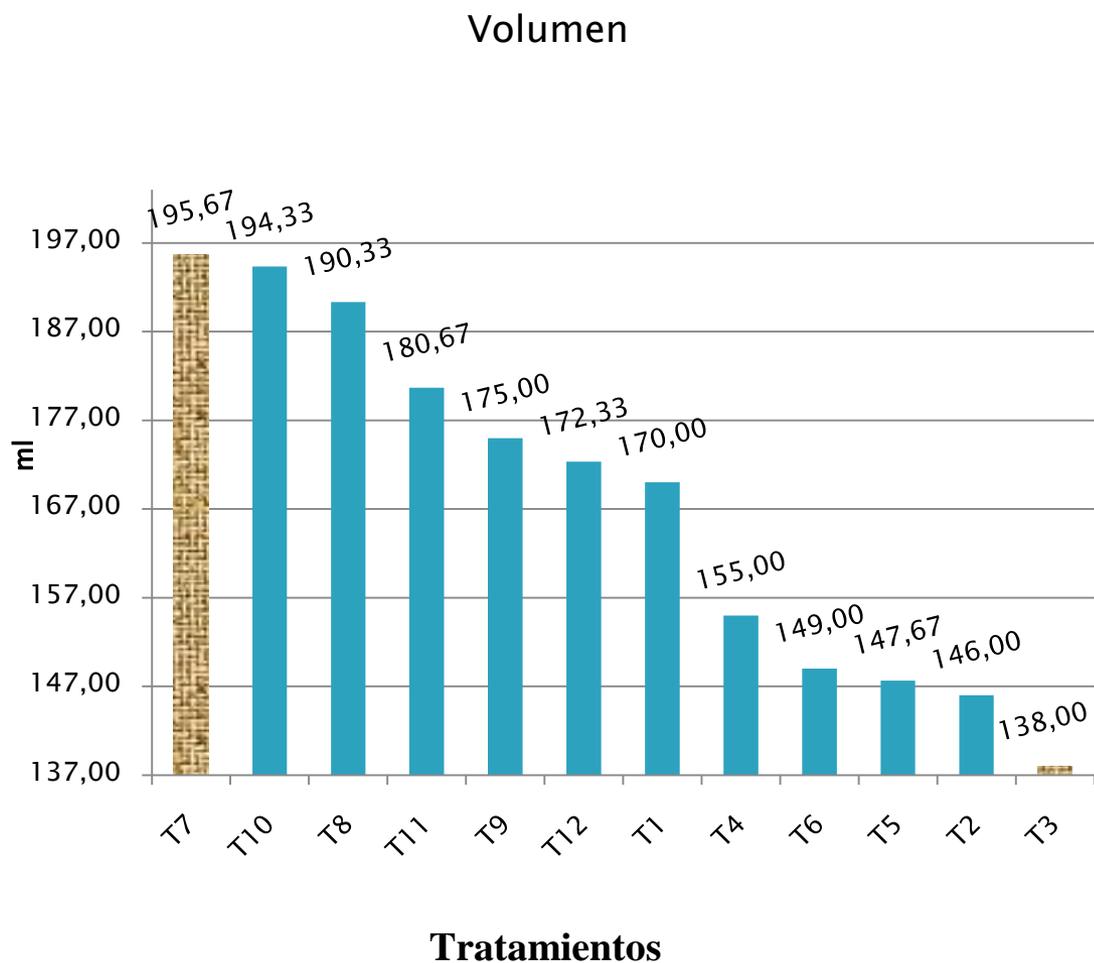
Adeva

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
Total	35	16605,00				
Tratamientos	11	13551,00	1231,91	9,68**	3,09	2,22
ERROR EXP.	24	3054,00	127,25			

CV= 6,72

Prueba de tukey de la variable volumen específico del pan (ml)

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS
T7	195,67	a
T10	194,33	a
T8	190,33	a
T11	180,67	a
T9	175,00	a
T12	172,33	a
T1	170,00	b
T4	155,00	b
T6	149,00	b
T5	147,67	b
T2	146,00	b
T3	138,00	c



Peso específico del pan (g/ml)

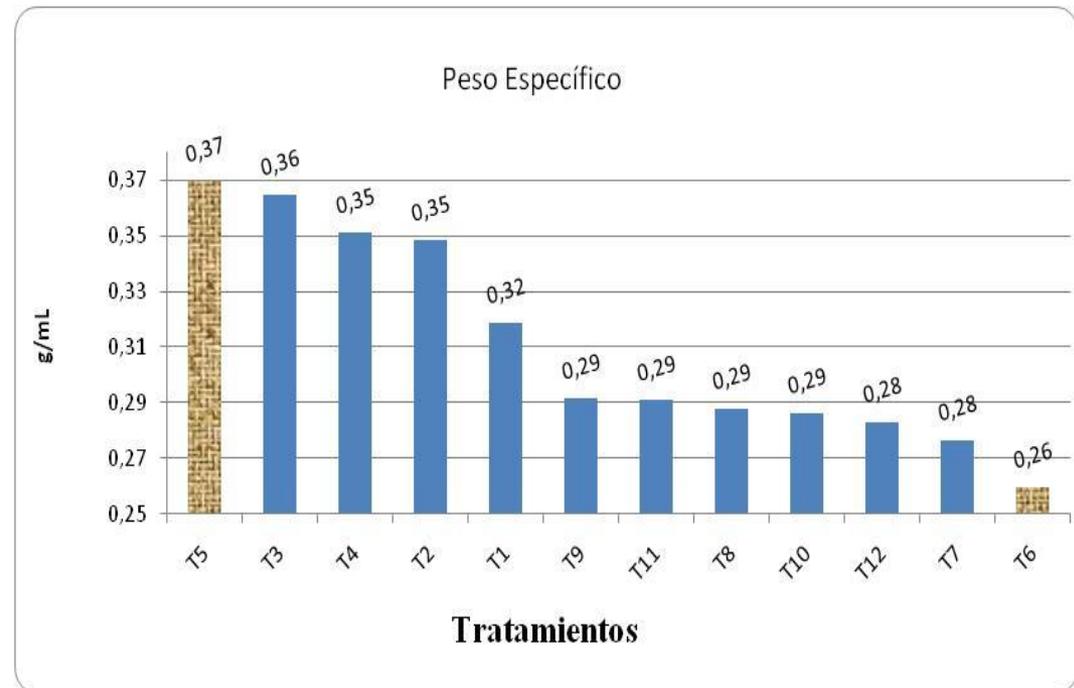
Adeva

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
Total	35	0,049				
Tratamientos	11	0,048	0,004	57,74**	3,09	2,22
ERROR EXP.	24	0,002	0,000			

CV= 2,79

Prueba de Tuckey para tratamientos de la variable peso específico del pan (g/ml)

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS
T5	0,37	a
T3	0,36	a
T4	0,35	a
T2	0,35	a
T1	0,32	b
T9	0,29	b
T11	0,29	b
T8	0,29	b
T10	0,29	b
T12	0,28	b
T7	0,28	b
T6	0,26	b



Rendimiento del pan (unidades)

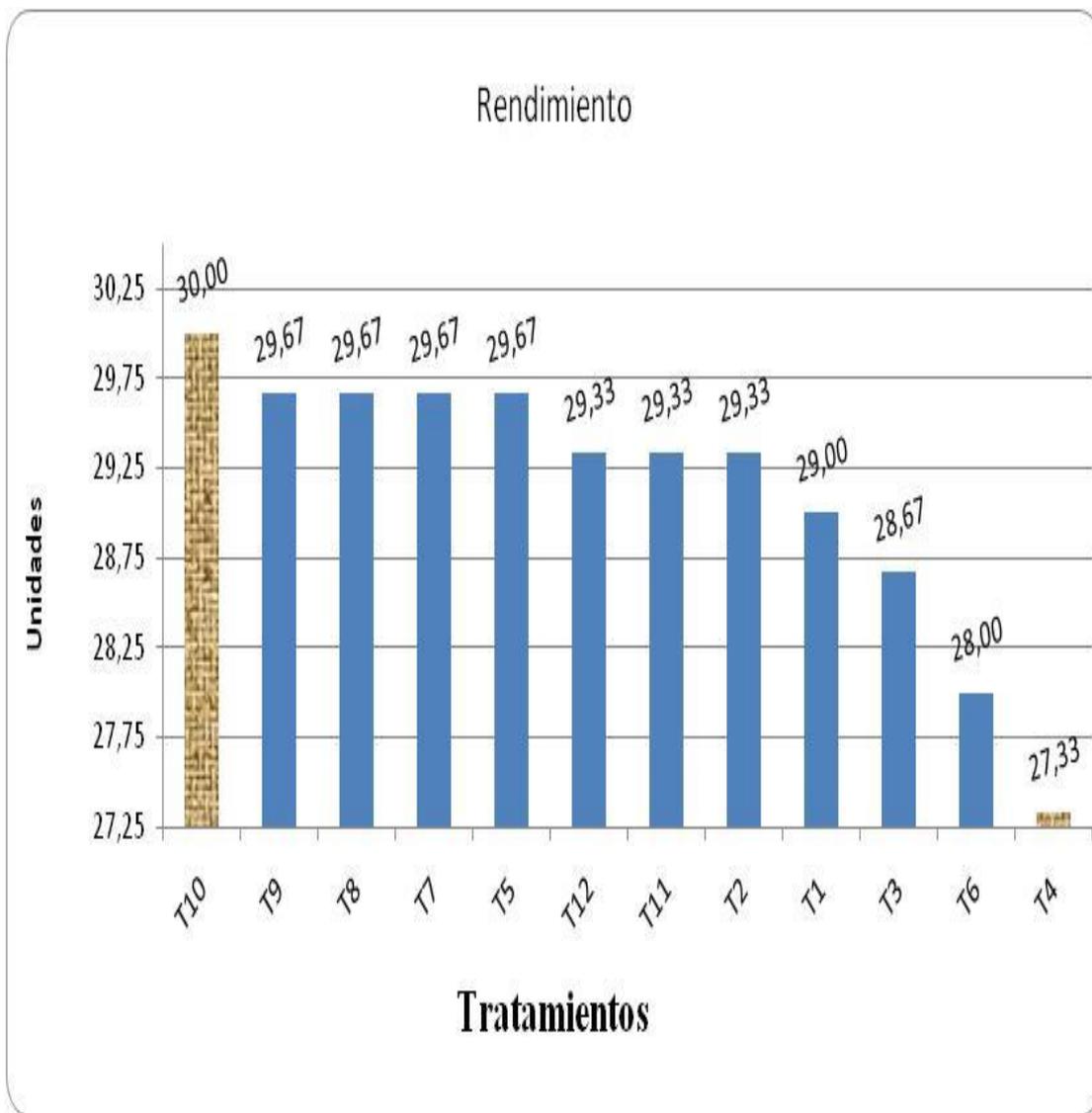
Adeva

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
Total	35	30,31				
Tratamientos	11	20,31	1,85	4,43**	3,09	2,22
ERROR EXP.	24	10,00	0,42			

CV= 2,22

Prueba de Tukey de la variable rendimiento del pan (unidades)

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS
T10	30,00	a
T9	29,67	a
T8	29,67	a
T7	29,67	a
T5	29,67	a
T12	29,33	a
T11	29,33	a
T2	29,33	a
T1	29,00	a
T3	28,67	a
T6	28,00	b
T4	27,33	b



Análisis Organoléptico

Codificación:

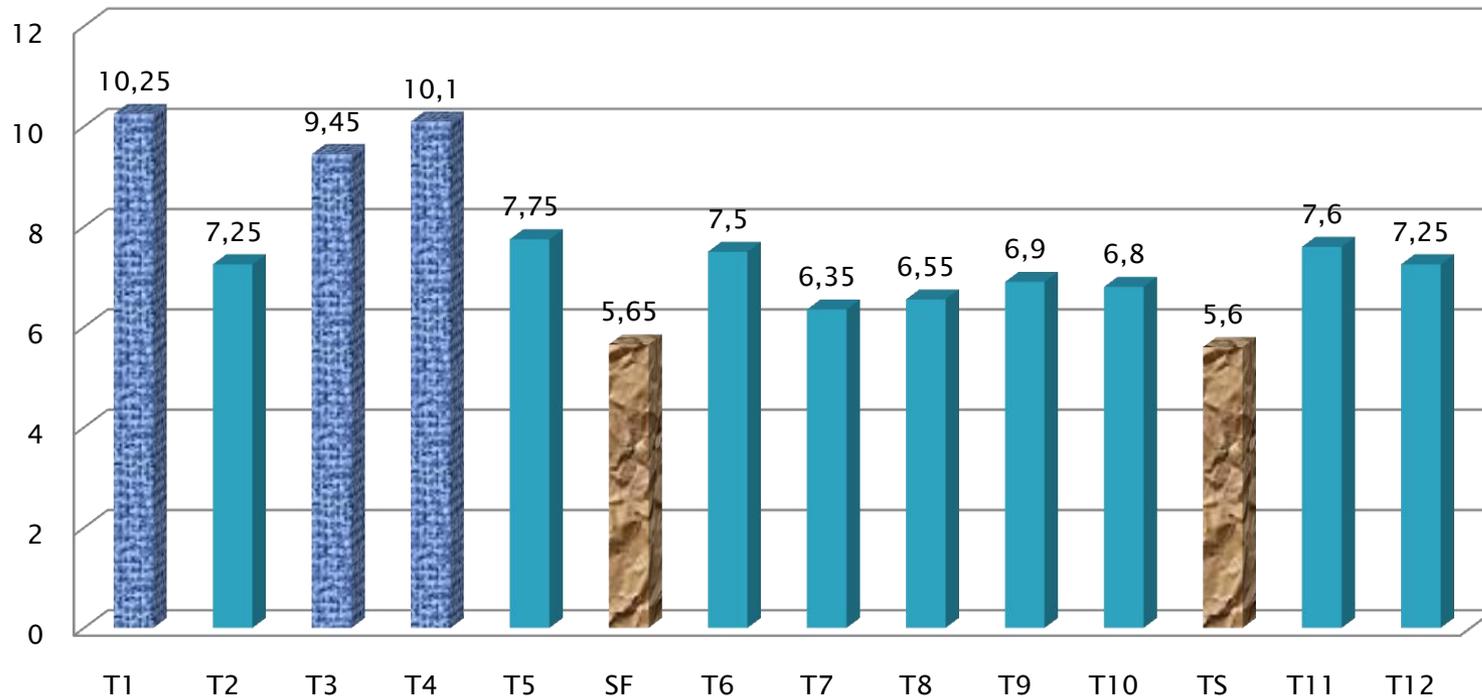
- ▶ Panificadora “San Francisco”: SF
- ▶ Panificadora “Tío Sam”: TS
- ▶ Degustador: D



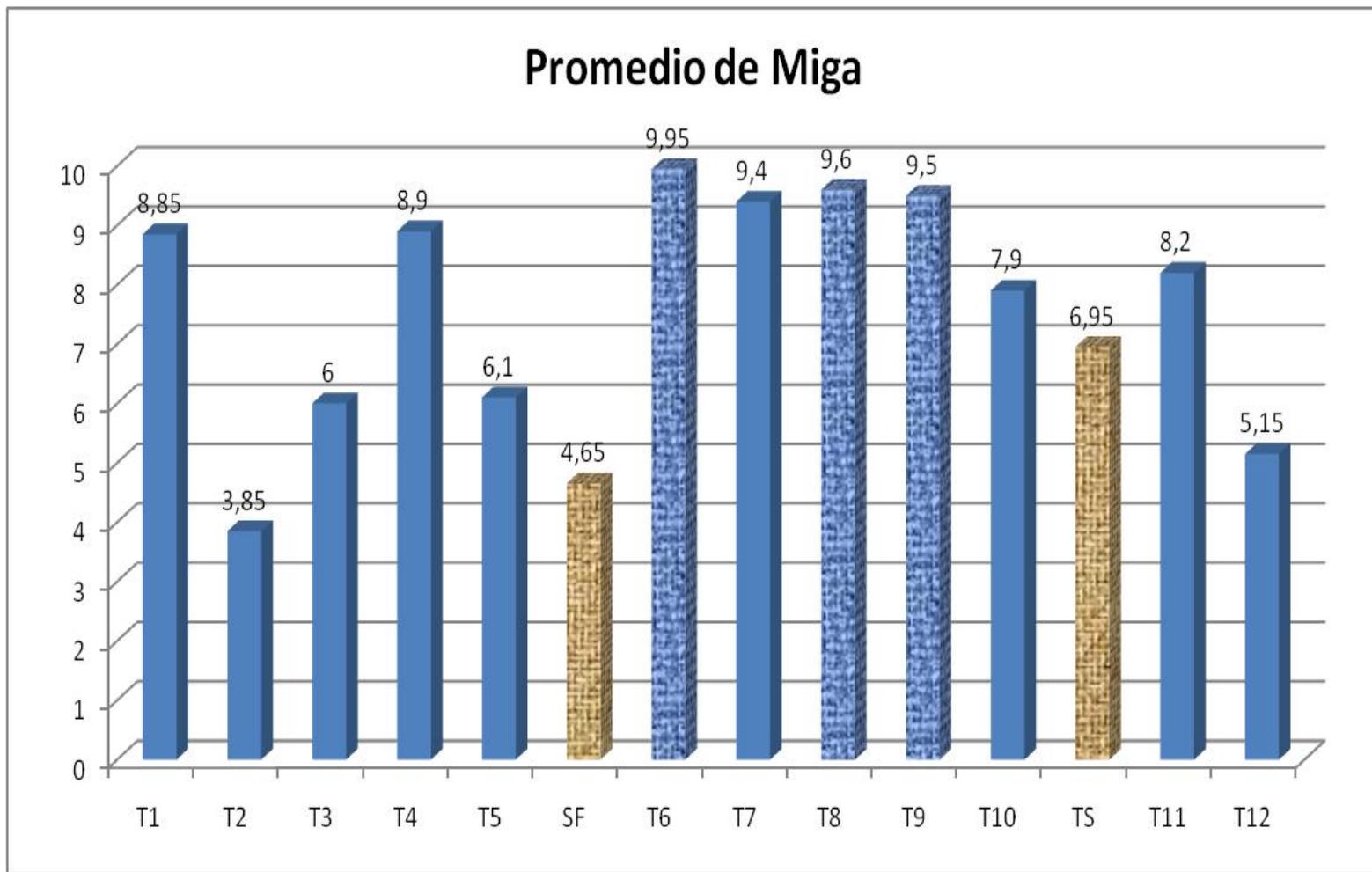
Derechos reservados de la autora:
Carolina Córdova M.

Aroma del pan

PROMEDIO DE AROMA

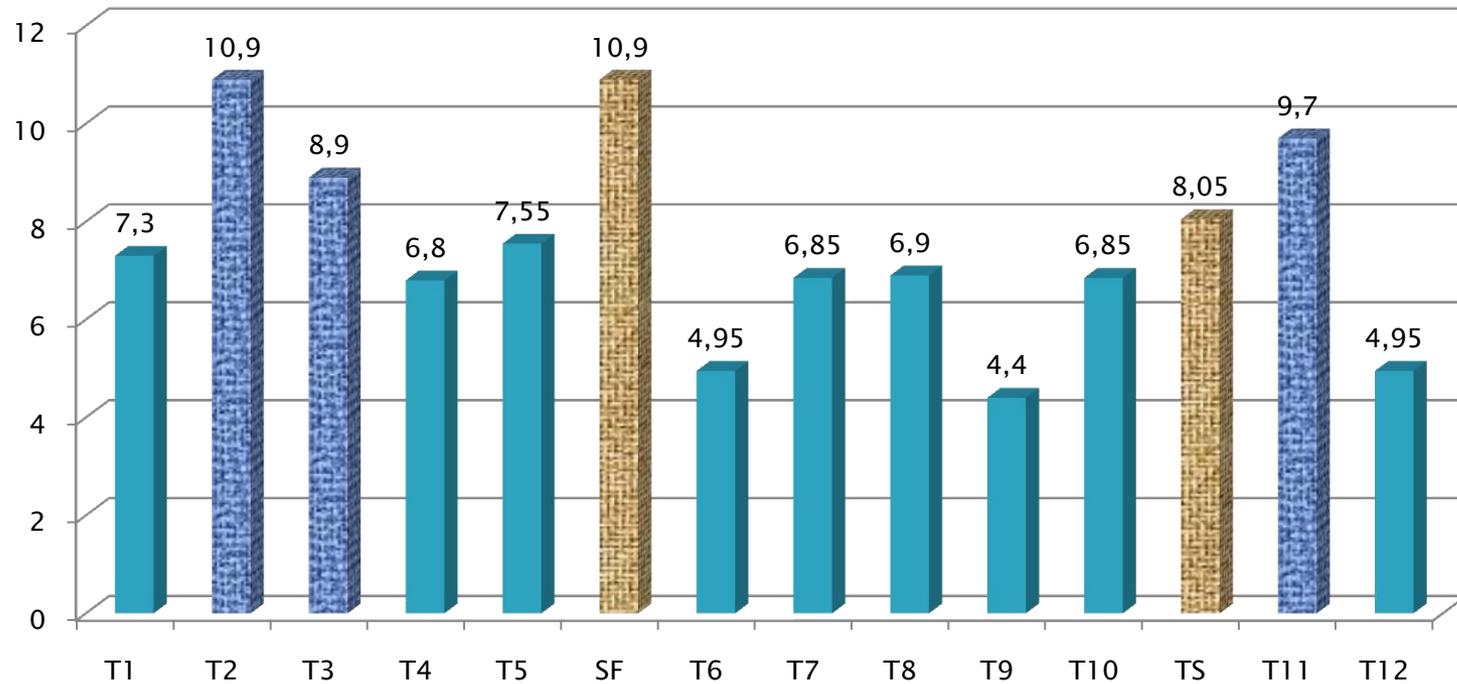


Miga del pan



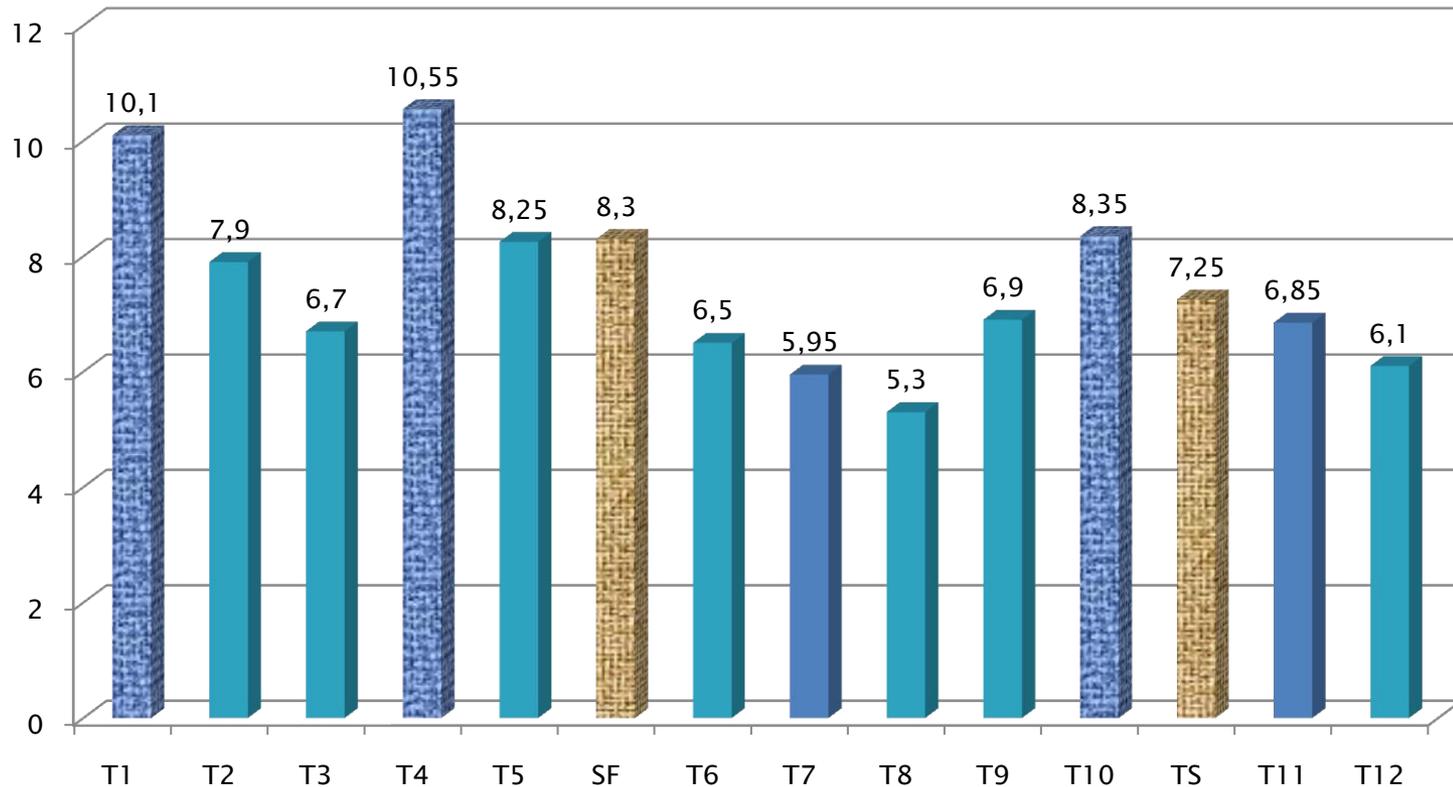
Corteza del pan

Promedio Corteza



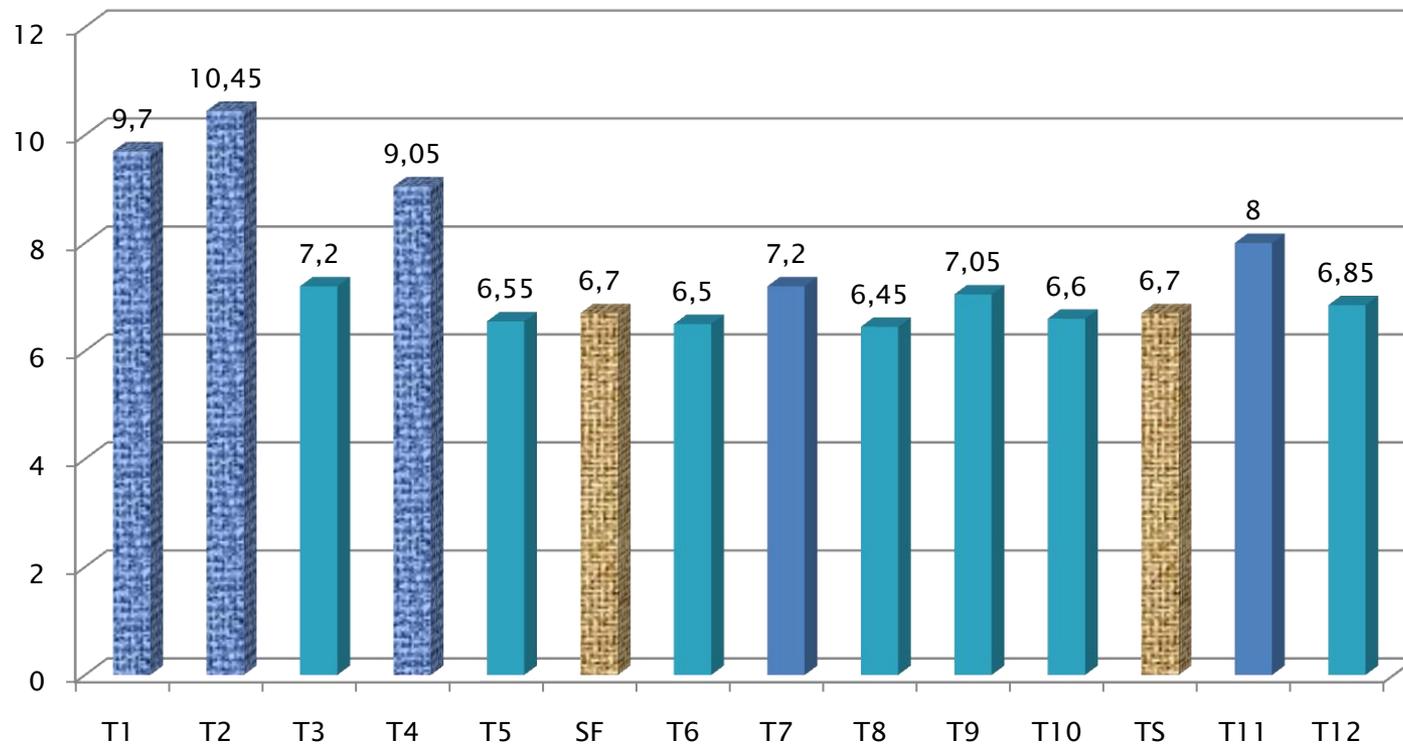
Sabor del pan

Promedio Sabor



Aceptabilidad del pan

Promedio Aceptabilidad



MEJOR TRATAMIENTO, T2

Cuadro nutricional y análisis microbiológico



Parámetro Solicitado	Unidades	Resultados	Metodología
		PAN T2	
Proteína	%	11,39	AOAC 960.52
Cenizas	%	2,29	AOAC 920.153
Contenido de Humedad	%	76,95	AOAC 926.08
Extracto Etéreo	%	7,44	AOAC 968.20
Fibra	%	1,78	AOAC 945.18
Carbohidratos Totales	%	1,92	Cálculo
Potasio	mg/100 g	20,07	Abs. Atómica
Hierro	mg/100 g	0,22	
Rcto. Total	UFC/g	520	AOAC 990.12
Rcto. Mohos	UFC/g	130	AOAC 997.02
Rcto. Levaduras	UFC/g	10	AOAC 997.02

COSTOS DE PRODUCCIÓN POR TIPO DE PAN

Mezclas 1, 2 y 3

Detalle	Unidad	Consumo	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Harina de Trigo	Kg	0,90	0,77	0,69
Harina de Cebada Germinada	Kg	0,10	0,66	0,07
Grasa	g	100,00	0,003	0,32
Levadura	g	30,00	0,004	0,11
Sal	g	20,00	0,000	0,01
Azúcar	g	100,00	0,001	0,06
Agua	mL	400,00	0,001	0,4
Huevos	unidad	2,00	0,120	0,24
Costo Directo				1,89
Detalle	Unidad	Consumo	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Luz	Kw/h		0,4	0,4
Agua	m3/h		0,5	0,5
Mano de Obra	Sueldo básico		2,67	2,67
Transporte			1	1
Gas	\$ 0,18 /kg		0,09	0,09
Costos Indirectos				4,66
TOTAL				6,55
<p>Costo Unitario = (Costos directos x costos indirectos) / Unidades Producidas diarias</p> <p>Costo Unitario = (1,89 x 4,66) / 84</p> <p>Costo Unitario = 0,10</p>				

Costos de Producción de las mezclas 4, 5 y 6

Detalle	Unidad	Consumo	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Harina de Trigo	Kg	0,90	0,77	0,69
Harina de Cebada Germinada	Kg	0,10	0,66	0,07
Grasa	g	100,00	0,003	0,32
Levadura	g	30,00	0,004	0,11
Sal	g	20,00	0,000	0,01
Azúcar	g	100,00	0,001	0,06
Agua	mL	400,00	0,001	0,4
Huevos	unidad	2,00	0,120	0,24
Costo Directo				1,89
Detalle	Unidad	Consumo	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Luz (procesado + secado + molienda)	Kw/h		1,2	1,2
Agua	m3/h		0,5	0,5
Mano de Obra	Sueldo básico		2,67	2,67
Transporte			1	1
Gas	\$ 0,18 /kg		0,09	0,09
Costos Indirectos				5,46
TOTAL				7,35
Costo Unitario = (Costos directos x costos indirectos) / Unidades Producidas diarias				
Costo Unitario = (1,89 x 5,46) / 84				
Costo Unitario = 0,12				

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Derechos reservados de la autora:
Carolina Córdova M.



Conclusiones

Comprobación de la hipótesis alternativa (H_i), a través del análisis estadístico pormenorizado del comportamiento de cada una de las variables paramétricas y no paramétricas del pan integral. El tipo y porcentaje de harina de cebada germinada cruda y harina de cebada germinada tostada influyó en la calidad nutricional y organoléptica del pan integral.

El desarrollo de esta investigación permitió **demostrar la posibilidad de la elaboración de pan integral** a partir de la mezcla de harina de trigo con harina de cebada germinada tanto cruda como tostada y la **aceptabilidad** de los clientes del mismo.

Las características de las harinas de cebada germinada tanto cruda como tostada según el análisis en el Farinógrafo nos demuestra su **poca capacidad de absorción** de agua, por lo que es una **harina poco panificable** si se la utiliza en una fórmula de pan en un porcentaje completo del 100%.

Entre la harina de cebada germinada cruda y tostada, **difiere su calidad nutricional en ínfimas cantidades.**

La cebada tostada es **mucho más fácil en la molturación** y su granulometría es muy fina a comparación con la cebada cruda, además posee un color, olor más atractivo y agradable característico de la máchica.

La **harina de cebada germinada cruda o tostada** es muy baja en contenido de gluten en comparación con la harina de trigo, por lo que no es calificada como una harina panificable, solo si lo utiliza como **sustituto** de la harina de trigo en **bajas cantidades** para potencializar su contenido nutricional.

El contenido de **fibra bruta y proteína** en la harina de cebada germinada cruda y tostada es **muy alto**, esto es debido a la **germinación** del grano, recalando la importancia de este pre-tratamiento el que potencializa nutricionalmente su calidad.

En cuanto a la **aceptabilidad y uso**, la harina de mayor consumo en el mercado tradicional es de la **harina de cebada tostada** debido a que posee menor porcentaje de humedad, lo que incrementa su vida útil, mientras que la cebada también es consumida en como **arroz de cebada**, que corresponde a una molturación media del grano, el mismo que es para elaboración de sopas.

En lo que concierne al **porcentaje adecuado de harina de cebada germinada cruda** que debe ir en la mezcla, se pudo determinar que ésta varía entre **10% y 20%**, por cuanto el porcentaje es bajo ya que si excede a un 30% de sustitución por la harina de trigo sea tanto integral como blanca, ésta posee poca capacidad de absorción de agua que dificulta el proceso panificable.

La mezcla de mayor aceptación y de mejor calidad nutricional fue el T2 que corresponde a la mezcla de harina de trigo integral 80% y harina de cebada germinada cruda 20%.

En el análisis de la masa realizado en cuanto a la cantidad de humedad, extracto etéreo e incremento de volumen de fermentación, se determinó que todos los tratamientos son iguales, es decir que todas las masas de las distintas mezclas de harina poseen las mismas características iniciales previas al procesamiento del pan.

La capacidad de absorción de agua en la harina, se determinó que las mezclas de harina de trigo integral y harina de cebada germinada cruda y tostada, absorben más cantidad de agua debido a la poca capacidad de absorción que poseen.

En el análisis realizado en cuanto al volumen específico de la masa, se determinó que las mezclas de **harina de trigo blanca con harina de cebada germinada cruda o tostada** poseen mayor **volumen específico** comparado con las mezclas realizadas con harina de trigo integral, esto se debe a las características integrales de la harina que hace que el volumen no incremente tanto.

En el análisis realizado en cuanto a la cantidad de **humedad, extracto etéreo y proteína del pan**, se determinó que todos los tratamientos son iguales, es decir que en el proceso de horneado las características no cambian de las distintas mezclas de harina.

En el análisis realizado en cuanto a la cantidad de cenizas en el pan, se determinó que la mezcla **T6** posee la mayor cantidad porcentual de cenizas 2,67% y el de menor cantidad fue **T10** con 1,87%.

La cantidad de fibra bruta en el pan fue diferente en todos los tratamientos, se determinó que el tratamiento que mayor porcentaje de fibra bruta es el T1 posee 1,89% .

La cantidad de carbohidratos totales en el pan fue diferente en cada una de las mezclas, se determinó que el tratamiento T2 posee 1,92% de carbohidratos totales siendo el de mayor porcentaje.

En la presente investigación se obtuvo que el peso final del pan bordeó entre 62 g y 60 g, siendo los panes resultados de las mezclas de harina de trigo blanca con harina de cebada germinada cruda los de mayor peso, como T10 el de mayor peso con 62,36 g y el de menor peso fue T3 con 57,7 g.

El **volumen específico del pan**, se determinó que entre 200 ml y 170 ml se encuentran los panes resultado de las mezclas de harina de trigo blanca con harina de cebada germinada cruda y tostada, cabe destacar que el que posee mayor volumen es **T7** con 195,67 ml a comparación del menor que fue el **T3** con 138 ml.

El **peso específico del pan**, se obtuvo que los valores **no difieren mucho** éstos se encuentran entre 0,35 g/ml y 0,26 g/ml, siendo **T5** posee el mayor peso específico con 0,35 g/ml.

Dentro del mejor **rendimiento en pan de las mezclas realizadas**, la mejor fue **T10, T9, T8**, con un rendimiento de **30 panes/kg** de harina mezcla correspondientes a las mezclas realizadas con harina de trigo blanca y harina de cebada germinada cruda y tostada, siendo los que presentó mayor rendimiento, mientras que las mezclas realizadas con harina de trigo integral el rendimiento bordeaba cerca de los 27 panes por kg de harina mezcla.

En las pruebas organolépticas el pan que presentó mayor puntaje en los cinco parámetros fueron los tratamientos T1, T2 con una aceptabilidad aproximada de 9,05% y con un alto nivel de agradable aroma y sabor, que superan significativamente a la calificación de los panes comerciales de las panificadoras “San Francisco” SF y “Tío Sam” TS.

Cabe recalcar que nutricionalmente hablando el pan elaborado sobrepasa los niveles de proteína, que poseen los panes comerciales y posee niveles bajos de grasa, con un nivel de fibra dentro de las características de un pan integral.

Se puede concluir además que la mezcla de 70% de harina de trigo integral o blanca con harina de cebada germinada cruda o tostada fue de un rendimiento menor en una unidad a comparación de las otros porcentajes de sustitución como 90 - 10 ó 80 - 20.

Recomendaciones

- **Mejor molturación** del grano de cebada es necesario que este haya tenido un previo **tostado** para que garantice una **granulometría más fina**, mientras que si el grano está crudo tan solo se puede triturar parcialmente; para lo que siempre ha sido industrializado como arroz de cebada con fines gastronómicos.

- **Preparación de las masas** es necesario tomar en cuenta las **cantidades** a utilizar de **levadura** y también el **tipo de harina** que se utilizará, **influirá** el tiempo de leudado inicial.

- Realización en **secuencia** el **procesamiento panificable**, se deben **trabajar primero** las masas que poseen en su **formulación harinas integrales** ya que **tomarán más tiempo de leudado**, ya que no posee una alta biodisponibilidad para que las enzimas actúen en un tiempo igual al del trabajo panificable con harinas refinadas.

• El **horneado** en un horno eléctrico con controlador de tiempo y temperatura, el tiempo recomendado es de **25 minutos** y la **temperatura será de 155°C**.

• **Activar previamente la levadura**, si se trabaja con una cantidad de 30g de levadura hacerlo en 100 ml de agua a 21°C con 2g de azúcar.

• **Poseer las condiciones higiénicas apropiadas en la elaboración de la harina de cebada germinada**, desde la misma recepción de la cebada como materia prima, selección y su respectiva desinfección.

• **Ahondar en este tema con futuras investigaciones en procesos germinativos**, ya que potencializan la calidad nutricional de los cereales, insertándose en el campo del procesamiento de alimentos funcionales.

Información:

Ing. Carolina Córdova M
(+) 593 95 692 123
cordova.sc@gmail.com
Ibarra – Ecuador

Derechos reservados de la autora:
Carolina Córdova M.

