

Caracterización de la Harina de Semillas de Amaranto *Amaranthus Caudatus* para Elaboración de Pan en Mezclas con Harina de Trigo

CONSUELO PÉREZ^{1*}, ÓSCAR LUZURIAGA¹

¹Química de Alimentos, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Central del Ecuador

*Correspondencia: consuenov81@yahoo.com

Resumen

Amaranthus caudatus es un pseudocereal introducido en el Ecuador a partir de 1988 y ha demostrado adaptabilidad en suelos andinos, obteniéndose cultivos promisorios; sin embargo, los avances agronómicos desarrollados hasta la fecha no han sido suficientes para poner de manifiesto el cultivo frente a una población consumidora de productos elaborados. Considerando la cultura de alimentación ecuatoriana, la realización y estudio de harina de semilla de amaranto es una de las alternativas alimentarias a ser puesta en marcha, que junto a la introducción de producto de panificación son un aporte a la estimulación de dicho cultivo e indagación de posteriores investigaciones. Siendo el pan el principal representante de los productos de panificación y un producto alimenticio de primera necesidad, se evaluó a condiciones medioambientales la estabilidad de panes realizados con 5%, 10% y 15% de harina de semilla de amaranto frente a un blanco (pan común). Los resultados obtenidos de las formulaciones evaluadas respecto al blanco demostraron no existir diferencia entre los tiempos de vida útil, así como tampoco en cuanto al sabor; lo que indica que dichas formulaciones pueden ser introducidas en el mercado sin mostrar variabilidad en cuanto a estos parámetros.

Palabras clave: Amaranto, pan – amaranto, análisis alimentos, conservación de alimentos, tecnología de alimentos.

Abstract

Amaranthus caudatus is a type of pseudocereal which has been used in Ecuador since 1988. It has show a good adaptability in the Andean region, at the same time obtaining promising crops. However, the latest agricultural achievements haven't been enough to place the mentioned crop in front of a consumer population of elaborated products. Considering the Ecuadorian food habits the realization, and studies of flour of the *Amaranthus caudatus* seed, it can be concluded that the flour is one of the best food supplies. Together with the introduction of bakery products these are reasons to encourage its cultivation. Talking about bread as the principal representative of baked goods and are of our needed food supplies, under the environmental conditions, its stability has been evaluated using 5%, 10% and 15% of the flour of *Amaranthus caudatus* compared to a white bread. The obtained results of the evaluated formulas considering the white bread, demonstrate no difference in the lasting time and flavor. It indicates that the mentioned formulas can be brought to the market without showing variability en these parameters.

Key words: Amaranto, amaranto – bread, food analysis, food conservation, technology of foods.

1. Introducción

Las características climatológicas que tiene la Sierra ecuatoriana son fundamentales para el cultivo y evaluación de potenciales especies promisorias introducidas como *Amaranthus caudatus*, que ha sido reconocida por organismos internacionales, como la FAO y UNICEF, comprometidos en el mejoramiento nutricional de las poblaciones de escasos recursos económicos de países en vías de desarrollo, asimismo la NASA interesada en la obtención de productos que garanticen la alimentación de las tripulaciones en el espacio, han brindado su contingente para evaluar a tan preciado pseudoceereal dentro de diferentes ámbitos.

Dentro de las variedades de amaranto existentes a nivel del mundo entero, *Amaranthus caudatus* corresponde a una de las especies productoras de grano, que ha logrado reconocimiento en base a sus características, contenidos de proteína, almidón y grasa presentes en la semilla.

En países como México, Bolivia y Perú el amaranto mantiene equidad de consumo frente a los cereales; en Ecuador, *Amaranthus caudatus* es una especie introducida cuyas primeras evaluaciones se emprenden en 1988, lográndose semillas agrícolamente adaptadas, a partir de las que se han incentivado planes de cultivo en localidades andinas.

En la actualidad, el interés de pequeñas masas productoras radica en la exportación del grano para introducirlo en formulaciones de productos extrusados como ingrediente en cereales para desayuno; la característica de reventar como palomita de maíz con ligero sabor a nuez es otro de sus llamativos para integrarlo a productos afines a los anteriores; la utilización en embutidos como texturizadores, son las aplicaciones que más han llamado la atención; lograr novedosas presentaciones de frutas confitadas recubiertas con almidón de amaranto, así como también la utilización en pastas frías son otras de las aplicaciones que se han otorgado al almidón a nivel internacional.

La presente investigación anhela contribuir al conocimiento, difusión y evaluación del amaranto presente en el país para lograr el desarrollo de productos que probablemente podrían formar parte de la dieta ecuatoriana.

Si bien, la harina de amaranto es factible de ser utilizada individualmente en preparaciones culinarias caseras, los derivados de cereales, cuyo principal representante es el pan, cumple con la característica de ser un alimento de primera necesidad, que sólo es factible de ser realizado con harinas de trigo o centeno.

La sustitución de porciones de estas harinas por harina de semilla de amaranto en la elaboración de pan común serían factibles de ser evaluadas, física, química y sensorialmente en los productos elaborados; no obstante, estos parámetros se han enfocado hacia el estudio de estabilidad de los mismos con la finalidad de que el presente aporte sea un preámbulo hacia estudios químicos y nutricionales más profundos en caso de ser meritorios.

2. Materiales y Métodos

Determinación del tamaño de la semilla

Método: Métrico

Materiales:

Tornillo calibrador

semilla de *Amaranthus caudatus*

$$\bar{X} = \frac{\sum Xi}{Ni}$$

Semillas de *Amaranthus caudatus*

\bar{X} = Diámetro medio de la semilla

X_i = Diámetro individual de cada semilla medida

N_i = Número total de semillas medidas

Análisis granulométrico

A un molino CORONA se le redujo el tamaño de las estrías, se acoplaron sistemas de poleas y eléctrico para la optimización del trabajo.

Método: Tamización

Materiales y equipos:

Serie de tamices

Motor vibrador (Ro - Tap)

Balanza sensible a 100 mg

Espátula

Escobilla de cerdas suaves

Diámetro final de la partícula

$$D = \frac{\sum Xi / dp^2}{\sum Xi / dp^3}$$

D = Diámetro final de la partícula, mm

X_i = Fracción en peso retenida en cada tamiz g/g

dp = Diámetro medio de tamices en cm

Determinación de pH

Método: Potenciométrico

Materiales y Equipos:

Potenciómetro

Soluciones buffer de pH (7, 4, 10)

Vaso de precipitación de 250 ml

Solución de KCl 3M

Papel absorbente delicado

Piceta

Agua destilada

Determinación de Acidez Titulable

Método: Volumétrico

Materiales y Equipos:

Erlenmeyers de 50 ml y 250 ml.

Pipeta volumétrica de 10 ml

Bureta de 25 ml

Hidróxido de sodio 0,02 N

Solución de fenolftaleína 0,1%

Alcohol etílico de 90% neutralizado

Papel filtro de poro amplio

$$A = \frac{490NV}{m(100 - h)} \times \frac{V_1}{V_2}$$

A = contenido de acidez expresado en porcentaje de masa de ácido sulfúrico

N = normalidad de la solución de hidróxido de sodio

V = volumen de la solución de hidróxido de sodio empleado en la titulación, ml

V_1 = Volumen de alcohol empleado, ml

V_2 = Volumen de la alícuota, ml

m = masa de la muestra, g

h = porcentaje de humedad en la muestra

Determinación de humedad

Método: Gravimétrico

Materiales y Equipos:

Desecador con deshidratante

Pinza para cápsulas

Cápsulas de aluminio de fondo plano de 6 cm de diámetro y 1,5 cm de profundidad

Estufa

Balanza analítica con sensibilidad a 0,1 mg

$$Pc = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100$$

Pc = Pérdida por calentamiento, en porcentaje de masa.

m_1 = masa de la cápsula de aluminio tarada, g

m_2 = masa de la cápsula de aluminio con la muestra sin secar, g

m_3 = masa de la cápsula de aluminio con la muestra seca, g

Determinación de grasa bruta

Método: Hidrólisis ácida - Soxhlet

Reactivos

Ácido clorhídrico concentrado

Éter de petróleo

Materiales y Equipos:

Erlenmeyer de 500 ml

Papel filtro de poro amplio

Embudo

Agua caliente

Estufa

Cajas de aluminio

Algodón (libre de grasa)

Equipo automático de extracción Soxhlet

Sorbona

Vasos de extracción adaptables al equipo, previamente tarados

Pinza para vasos

Desecador provisto con deshidratante adecuado

$$G = \frac{m_2 - m_1}{m_3} \times 100$$

G = contenido de grasa en porcentaje de masa

m_1 = masa del vaso tarado, g

m_2 = masa del vaso con grasa, g

m_3 = masa de muestra seca, g

Determinación de fibra bruta

Método: Digestión ácido – básica (Método WEENDE)

Materiales y Equipos:

Papel filtro cualitativo
 Papel filtro cuantitativo
 Embudos de vidrio
 Matracas erlenmeyers 500 ml
 Guante de calor
 Agua destilada
 Acido sulfúrico 1,25% v/v
 Hidróxido de sodio 1,25% p/v
 Cocineta eléctrica
 Balanza analítica sensible al 0,1 mg
 Desecador provisto con deshidratante adecuado
 Núcleos de ebullición
 Pinza para erlenmeyers

$$F = \frac{P_2 - P_1}{m} \times 100$$

F = contenido de fibra en porcentaje de masa
 P_1 = masa del papel filtro libre de humedad, g
 P_2 = masa del papel filtro con la fibra, g
 m = masa de muestra, g

Determinación de cenizas

Método: Gravimétrico

Materiales y Equipos:

Muffla ajustada a 550°C
 Crisoles de porcelana
 Pinza para crisoles
 Desecador provisto con deshidratante adecuado
 Cocineta eléctrica
 Espátula
 Balanza analítica al 0,1 mg

$$P_c = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100$$

P_c = Porcentaje de ceniza
 m_1 = masa del crisol tarado, g
 m_2 = masa del crisol con la muestra sin secar, g
 m_3 = masa del crisol con la muestra seca, g

Determinación de proteína bruta

Método Kjeldahl

Materiales y Equipos:

Unidad de digestión y destilación Kjeldahl.
 Balones Kjeldahl
 Núcleos de ebullición
 Papel celofán, libre de nitrógeno
 Catalizador Kjeldahl
 Ácido sulfúrico concentrado
 Agua destilada
 Probeta graduada con capacidad para 10 ml
 Ácido bórico con indicador mezcla (rojo de metilo-verde de bromocresol)
 Matraz volumétrico de 250 ml
 Hidróxido de sodio 50% p/v.
 Ácido clorhídrico/ sulfúrico 0,1N
 Bureta automática

$$Proteína\ bruta = \frac{N \times V \times pmeq \times 6,25}{m} \times 100$$

N = Normalidad del ácido
 V = Volumen de ácido utilizado en la titulación, ml
 $pmeq$ = peso mili equivalente del Nitrógeno
 $6,25$ = factor para conversión de proteína
 m = gramos de muestra

Determinación de aminoácidos

Método Cromatografía Líquida de Alta Presión HPLC (INIAP)

Materiales y Equipos:

Balanza analítica con sensibilidad al 0,1 mg
 Microespátula
 Viales para digestión de muestra
 Gradilla metálica
 Estufa regulable
 Rotavapor
 Membranas para filtración de 0,45 mesh
 Equipo para análisis de aminoácidos Shimadzu modelo LC – 10 AD
 Columna Shim – pack AMINO – Na

Reactivos:

HCl 6N
 Solución reguladora de pH 2,2

Determinación de triptófano

Método Colorimétrico

Materiales y Equipos:

Balanza analítica con sensibilidad al 0,1 mg
Estufa incubadora
Centrífuga
Pipetas volumétricas
Gradilla para tubos de ensayo
Tubos de ensayo de 13 x 100 mm con tapón de rosca.
Tubos de ensayo de 16 x 150 mm
Tubos para colorímetro
Espectrofotómetro

Reactivos:

Solución ferroacética
Solución de papaína
Solución estándar de triptófano (100 mg/l)

Azúcares reductores

Método: Volumétrico (LUFF - SCHOORL)

Materiales y reactivos:

Cocineta eléctrica
Equipo de reflujo
Núcleos de ebullición
Pipeta volumétrica de 10 ml.
Pipeta volumétrica de 25 ml.
Balones aforados de 100ml
Agua destilada
Solución de hidróxido de sodio 35% p/v
Ácido sulfúrico 3M
KI (s)
Papel filtro
Soluciones de Carrez I y II
Solución de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1N
Reactivo de Luff
Solución de almidón 1%
Bureta
Pipetas graduadas
Papel filtro
 $C \text{ (ml)} = b - av$
 b = consumo de la solución de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1N en el blanco
 av = consumo de la solución de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1N en la muestra antes de la inversión
 C = valor para obtener la cantidad de azúcares totales según la tabla de equivalencia

Determinación del contenido de almidón

Método Polarimétrico

Materiales y reactivos

Balón volumétrico de 100 ml.
Baño de agua hirviente
Polarímetro
Tubo de polarímetro de 200 mm
Balanza analítica con aprox. 0,1 mg
Piceta
Acido clorhídrico 1,124%
Papel filtro
Termómetro

Reactivos

Solución de Carrez I
Solución de Carrez II

$$\text{Almidón}(\%) = \frac{100 \times \alpha \times 100}{[\alpha]_{D,x} l \times 5}$$

α = ángulo de desviación observado en el polarímetro
 $[\alpha]_{D,x}$ = rotación específica del almidón
 l = longitud del tubo del polarímetro en decímetros

Determinación de almidón como azúcares totales

Método Volumétrico (LUFF - SCHOORL)

Materiales y reactivos:

Cocineta eléctrica
Equipo de reflujo
Núcleos de ebullición
Pipeta volumétrica de 1 ml
Pipeta volumétrica de 25 ml
Balones aforados de 100ml
Baño de agua hirviente
Termómetro
Agua destilada
Ácido clorhídrico concentrado
Solución de hidróxido de sodio 35% p/v
Ácido sulfúrico 3M
KI (s)
Papel filtro
Soluciones de Carrez I y II
Solución de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1N
Reactivo de Luff
Solución de almidón 1%
Bureta

Pipetas graduadas de 5 ml

Papel filtro de poro amplio

$C \text{ (ml)} = b - a$

b = consumo de la solución de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1N en el blanco

a = consumo de la solución de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1N en la muestra

C = valor para obtener la cantidad de azúcares totales según la tabla de equivalencia

Extracción de almidón

Método Sedimentación

Materiales y Equipos:

Molino

Agua

Recipientes hondos que permitan la sedimentación

Recipientes planos que permitan la evaporación

Estufa regulada no mayor a 50°C

Fundas plásticas

Porcentaje de Amilosa

Método Colorimétrico

Materiales, Equipos y Reactivos:

Balones aforados de 50 ml

Balones aforados de 100 ml

Balanza con aproximación al 0,1mg

Espátula

Agua destilada

Piceta

Etanol 95% v/v

Hidróxido de sodio 1N

Estándar de amilosa

Estándar de amilopectina

Hidróxido de sodio 0,09N

Acido clorhídrico 30% v/v

Solución de yodo 2%

Espectrofotómetro

Amilograma

Método Amilograma de cocción

Materiales y Equipos:

Balanza monoplano sensible al 100 mg

Espátula

Agua destilada

Amilógrafo Brabender con termorregulador y compresor

Licadora

Análisis físico – químicos del pan

Se reemplazó la harina fortificada para panificación por harina de amaranto en los siguientes porcentajes 5%, 10% y 15%; se mantiene sin alteración los restantes ingredientes.

Las formulaciones a evaluarse de acuerdo a la maquinaria disponible para un Kilogramo de harina y sus equivalentes fueron las siguientes:

1. Formulación del blanco

MATERIA PRIMA	CANTIDAD, g
Harina panadera fortificada	1000
Sal	20
Azúcar	80
Manteca	250
Agua	550
Levadura	40

2. Formulación al 5%

MATERIA PRIMA	CANTIDAD, g
Harina panadera fortificada	950
Harina de amaranto	50
Sal	20
Azúcar	80
Manteca	250
Agua	550
Levadura	40

3. Formulación al 10%

MATERIA PRIMA	CANTIDAD, g
Harina panadera fortificada	900
Harina de amaranto	100
Sal	20
Azúcar	80
Manteca	250
Agua	550
Levadura	40

4. Formulación al 15%

MATERIA PRIMA	CANTIDAD, g
Harina panadera fortificada	850
Harina de amaranto	150
Sal	20
Azúcar	80
Manteca	250
Agua	550
Levadura	40

Metodología

Las determinaciones se llevaron a cabo durante cuatro semanas consecutivas en las que se realizaron cuatro horneadas correspondientes a los días lunes y se analizaron por cuatro días seguidos, es decir, hasta los días jueves. Se tomó en consideración la temperatura ambiental y la humedad relativa a la que se encontraban los panes en el laboratorio.

Determinación de acidez

Método: Volumétrico

Materiales y Equipos:

Vasos de precipitación 400 ml
Varilla de agitación
Espátula
Balanza analítica con sensibilidad al 0,1mg
Pipeta graduada de 5 ml
Probeta graduada de 100 ml
Agua destilada hervida y fría
Embudos de vidrio
Papel filtro de poro amplio
Pipeta volumétrica de 25 ml
Balón aforado de 100 ml
Matraces erlenmeyer de 250 ml de capacidad
Bureta 0,1 ml
Fenolftaleína 1%
Hidróxido de sodio 0,02N

$$I.A.(\%H_2SO_4) = \frac{N \times V \times p_{meq_{H_2SO_4}} \times FD}{g.muestra} \times 100$$

I.A. = Índice de acidez expresado en porcentaje de ácido sulfúrico

N = normalidad de la base

V = volumen de la base, ml

FD = factor de dilución

p meq = peso miliequivalente del ácido sulfúrico.

g. muestra = peso de muestra expresado, g

Determinación de humedad

Método: Pérdida por secado (Guía Lab. Análisis de Alimentos)

Materiales y Equipos:

Cajas de aluminio de 10 cm. de diámetro de fondo plano y 2 cm. de profundidad

Mortero y pistilo

Espátula

Desecador provisto con desecante adecuado

Pinza para cápsulas

Cápsulas de aluminio de fondo plano de 6 cm. de diámetro y 1,5 cm de profundidad

Estufa regulada a 130°C

Balanza analítica con sensibilidad a 0,1 mg

$$Humedad(\%) = W1 + W2 - \frac{W1 \times W2}{100}$$

W1 = Promedio de las humedades determinado en 15 g de muestra

W2 = Promedio de las humedades determinado en 5 g de muestra.

Determinación de aw

Materiales y Equipos:

Equipo medidor de actividad de agua

Soluciones patrón de concentración molal conocida

Determinación de los tiempos de vida útil

Para la determinación del tiempo de vida útil se consideró a todas las determinaciones realizadas en el pan, según su variabilidad; sólo se trabajó con las que se consideran parámetros de calidad para el producto, se aplicó el método matemático de correlación y se comparó entre la reacción de orden cero y la reacción de primer orden.

Para la ecuación de orden cero se tienen:

$$Q_f = Q_o - k.t_v$$

Para la ecuación de primer orden se establece:

$$\ln Q_f = \ln Q_o - k.t_v$$

Análisis sensorial del pan

Descripción de los jueces:

El análisis sensorial se realizó los días lunes luego de ser horneado. Se contó con jueces no entrenados.

Procedimiento de degustación

A cada degustador se le presentó una bandeja con cuatro panes que estuvieron rotulados utilizando una tabla de números aleatorios de tres dígitos, un vaso con agua fresca, un esfero y cuestionario; a cada juez se le ubicó en lugares separados y se le pidió que evaluara en el siguiente orden: color, olor, sabor, textura.

Evaluación sensorial

Las evaluaciones sensoriales que se llevaron a cabo fueron:

- Color
- Olor
- Sabor
- Textura

Los datos recopilados se transformaron de acuerdo a los valores asignados en la escala hedónica, la misma que tiene un rango de valores de 1 a 7; los mismos que son crecientes de acuerdo al gusto o disgusto del consumidor.

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar y para cuya interpretación se utiliza la prueba de Friedman en el análisis de varianza y las pruebas de significancia de Tukey al 5%.

3. Resultados y Discusión



Vista al estereomicroscopio.



Vista al microscopio.

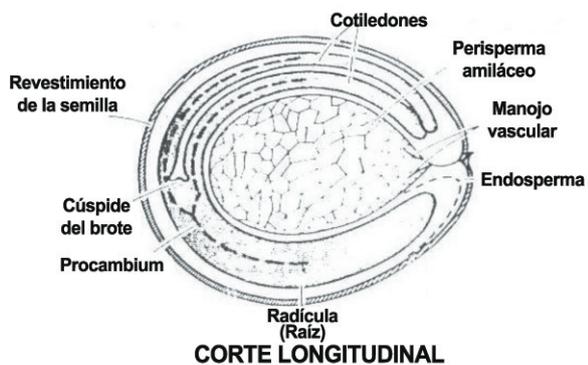


Figura 1. Semilla de amaranto

Fuente: BECKER Robert p.2

Tabla 1. Caracterización de harina de amaranto

DETERMINACIÓN	HARINA DE SEMILLA DE AMARANTO
pH	6,75
Acidez (%H ₂ SO ₄)	0,08
Humedad %	10,00
Grasa %	4,10
Ceniza %	3,17
Proteína %	12,49
Fibra %	5,18
Carbohidratos Totales %	65,06
Azúcares Reductores %	1,03
Azúcares Totales%	61,69
Almidón % (mét. cálculo)	57,63
Almidón % (mét. Ewers)	58,97

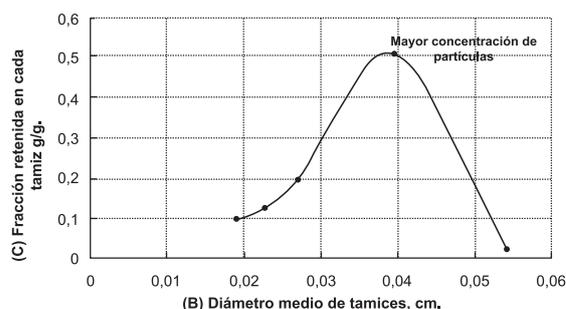


Figura 2. Análisis granulométrico: Diagrama diferencial

Tabla 2. Aminoácidos presentes en harina de amaranto

AMINOÁCIDO	%	AMINOÁCIDO	%
Ac. Aspártico	1,17	Metionina	0,27
Treonina	0,45	Isoleucina	0,46
Serina	0,75	Leucina	0,69
Ac. Glutámico	2,67	Tirosina	0,42
Prolina	0,49	Fenilalanina	0,55
Glicina	1,00	Histidina	0,36
Alanina	0,49	Lisina	0,81
Cistina	0,26	Arginina	1,11
Valina	0,53	Triptófano	0,17

Determinación en base seca (g/100g)

Tabla 3. Características del almidón

DETERMINACIÓN	RESULTADO
Color	Blanco
Apariencia	Polvo Homogénea
Morfología del gránulo	Redondo
Diámetro medio de gránulos, μm**	0,9
Amilosa %	3,24*
Amilopectina %	96,76*

* Determinación en base seca ** Por comparación

Análisis realizados en pan

Tabla 4. Determinación de pH

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T. 5%	F.T. 1%
Total	15	0,1571				
Bloques	3	0,03195	0,0,01065	0,8	3,86	6,99
Tratamientos	3	0,00565	0,00188	0,14	3,86	6,99
E. Exp.	9	0,1195	0,01328			

C. V. = 2%

Tabla 5. Determinación de acidez

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T. 5%	F.T. 1%
Total	15					
Bloques	3	0,00004	0,00004	2,55	3,86	6,99
Tratamientos	3	0,00001	0,00001	0,6	3,86	6,99
E. Exp.	9	0,00005	0,00005			

C. V. = 4%

Tabla 6. Determinación de humedad

DÍAS	MEDIA	RANGO
D1	23,81	A
D2	21,32	B
D3	18,64	C
D4	18,18	C

Prueba de Tukey al 5%

Tabla 7. Determinación de actividad acuosa a_w

TRATAMIENTO	MEDIA	RANGO
T4	0,808	A
T1	0,803	A B
T3	0,797	B
T2	0,776	C

Prueba de Tukey al 5%

Tabla 8. Tiempo de vida útil de los productos

Formulación	tv (días)	
	Orden cero	Primer orden
0%	2,00	1,95
5%	2,22	2,14
10%	2,09	2,03
15%	1,97	1,92

Tabla 9. Evaluación de color

TRATAMIENTO	MEDIA	RANGO
T1	6,12	A
T2	5,71	A B
T3	5,18	A B
T4	5	B

12. Evaluación de olor

TRATAMIENTO	MEDIA	RANGO
T1	6,24	A
T2	5,47	A B
T3	5	B
T4	5	B

Tabla 10. Evaluación de sabor

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T. 5%
Total	67	61,06			
Tratamientos	3	3,3	1,1	1,24	2,84
Jueces	16	15,06	0,94	1,06	1,92
Error	48	42,7	0,89		

14. Evaluación de textura

TRATAMIENTO	MEDIA	RANGO
T1	6,24	A
T2	6	A B
T3	5,47	A B
T4	5,18	B

4. Conclusiones

4.1. Análisis físico – químicos de la harina

La harina de semilla de amaranto *Amaranthus caudatus* elaborada utilizando un molino de disco sencillo debe pasar por una malla 32 equivalente a 0,495mm de diámetro en un porcentaje de 97%.

La harina de amaranto obtenida es de apariencia homogénea y finura ligeramente granulosa, su color ligeramente pardo, olor y sabor característicos.

El principal componente de la harina son los carbohidratos; de los que aproximadamente el 88% corresponden al almidón. El almidón está integrado por 96% de amilopectina, de gránulos redondos, diámetro de 0,9 μ m y su máxima gelificación a 55°C con 510 U.B. Por el contenido de fibra presente es una harina integral ya que posee niveles iguales y superiores al de las harinas integrales.

El mayor contenido de grasa en comparación a las harinas obtenidas de los cereales tradicionales incrementa el valor energético del producto.

4.2. Análisis físico – químicos del pan

Al evaluar entre sí los valores de pH y acidez de las cuatro formulaciones de pan elaboradas, se determina

que no existe diferencia entre ellas y los valores oscilan alrededor de una media de 5,60 para el pH y de 0,0675% para la acidez, expresado en ácido sulfúrico. Se concluye por tanto que pH y acidez no son parámetros de calidad para la determinación del tiempo de vida útil de los productos elaborados.

A diferencia de las determinaciones de pH y acidez, la humedad no oscila alrededor de un valor medio sino que desciende en función del tiempo, por lo que es el parámetro de calidad que define el tiempo de vida de los productos elaborados.

La evaluación de la actividad de agua en las formulaciones analizadas confirma que existe mayor disponibilidad de agua durante los primeros días analizados y desciende a medida que la humedad disminuye; pero, no se observa relación de tipo lineal por lo que sus resultados no pueden extrapolarse.

El análisis de volumen manifiesta la diferencia de tamaño entre las formulaciones evaluadas. A menor concentración de harina de semilla de amaranto mayor volumen del pan.

El valor promedio de la densidad de los panes elaborados es de 0,249g/ml, lo que indica que el tiempo de amasado fue normal y no intensificado.

Los panes elaborados poseen mayor cantidad de miga en relación a la corteza.

4.3. Tiempo de vida útil y análisis sensorial del pan

El color de los panes de las formulaciones del 0%, 5% y 10% son iguales entre sí y entre las formulaciones de los panes del 5%, 10% y 15%, no se visualiza diferencia alguna.

La evaluación respecto al olor revela que el consumidor no logra diferenciar entre el blanco y la formulación del 5%; así como tampoco logra diferenciar entre las formulaciones del 5%, 10% y 15% elaboradas con harina de amaranto. El olor que presentan las formulaciones del 10% y 15% es francamente distinto al olor del blanco. El sabor de todos los panes es igual y no hay diferencia entre ellos.

El consumidor no logra distinguir entre la textura del blanco y las formulaciones del 5% y 10%; la textura de las formulaciones del 5%, 10% y 15% son iguales. La textura de los panes preparados con 15% de harina de amaranto difieren notablemente del blanco.

En virtud de la presente investigación, se acepta la hipótesis alterna; la harina de semilla de amaranto es factible de ser utilizada en la elaboración de pan en mezclas con harina de trigo.

Las cantidades de 5%, 10% y 15% utilizadas de harina de amaranto para la elaboración de pan no afectan el desarrollo del gluten, leudado, así como tampoco la formación de la miga.

5. Referencias

1. **Anzaldúa Morales, Antonio.** La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Zaragoza: Acribia. 1990.
2. **Badui Dergal Salvador.** Química de los alimentos. 3 ed. México: Pearson educación. 1993.
3. **Helmant, José.** Farmacotecnia teórica y práctica. México: Continental. 1981. t IV.
4. **Kirk, Ronal.** Composición y análisis de alimentos de pearson. 2 ed. México: Continental. 1999.
5. **Youfera, Primo.** Química de los alimentos. Madrid: Síntesis. 2003.

5.2. Revistas:

6. **Becker, Robert y Sauders, Robert.** El amaranto: su morfología composición y usos como alimento y forraje. En: El amaranto y su potencial. Boletín N°1 (marzo 1984).
7. **Cavagnaro, J y Jain, S.** Breve informe de una serie de estudios del amaranto de semilla. En: El amaranto y su potencial. Boletín N° 3 (septiembre 1985).
8. **Early, Daniel y Capistran de Early, Julia.** Transferencia de tecnología indígena para la preparación de kiwicha (*Amaranthus*) primera parte. En: El amaranto y su potencial. Boletín N°4 (diciembre 1987).
9. **Monteros, Cecilia.** Primera variedad mejorada de amaranto para la Sierra ecuatoriana. En: Boletín divulgativo. N° 246 (abril 1994).
10. **Pacheco de Delahaye, Emperatriz.** Efecto de la temperatura sobre las propiedades funcionales de la harina de semilla de amaranto En: El amaranto y su potencial. Boletín N° 1 (marzo 1987).
11. **Vietmeyer, Noel.** Cultivos incas, alimentos redescubiertos. En: Selecciones. (Agosto 1987).
12. **Villegas, Evangelina.** Determinación de triptófano. En: Métodos químicos usados en el centro internacional de mejoramiento de maíz y trigo para determinar la calidad de proteína de los cereales. 1985.

Otras Fuentes:

13. **Morán, Marco.** Análisis del pan. En: Prácticas de laboratorio de análisis de alimentos. Quito: Facultad de Ciencias Químicas.
14. **Morán, Marco.** Determinación de almidón. En: Prácticas de laboratorio de análisis de alimentos. Quito: Facultad de Ciencias Químicas.
15. **Morán, Marco.** Determinación de fibra cruda. En: Prácticas de laboratorio de análisis de alimentos. Quito: Facultad de Ciencias Químicas.
16. **Norma INEN 95.** Pan común requisitos. 1979-06.
17. **Norma INEN 521.** Harina de origen vegetal. Determinación de la acidez titulable. 1980-12.
18. **Norma INEN 526.** Harina de origen vegetal. Determinación de la concentración de iones hidrógeno. 1980-12.
19. **Norma INEN 616.** Harina de trigo requisitos. Segunda revisión. 1998 – 03