



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA MEZCLA GRITZ DE MAÍZ *Zea mays* GRITZ DE MASHUA *Tropaeolum tuberosum* Y EL DIÁMETRO DE LA BOQUILLA DEL EXTRUSOR EN EL PROCESO DE EXTRUSIÓN

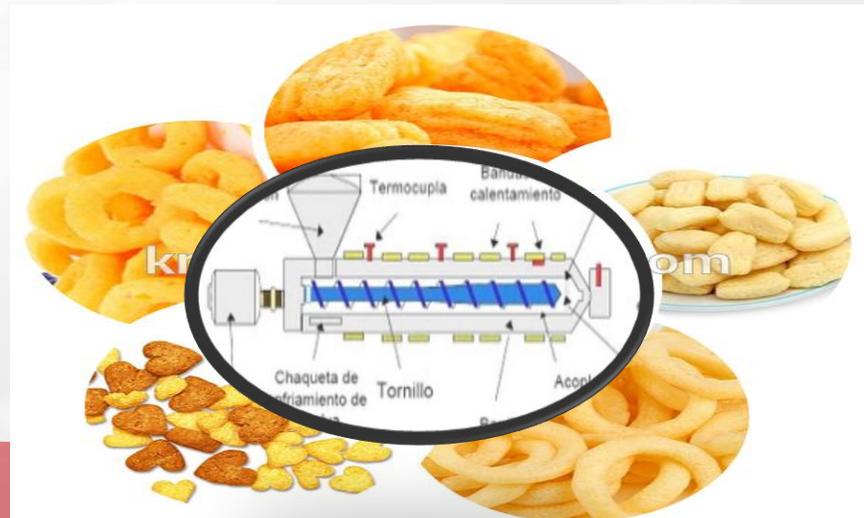
Autora: Gabriela Yomaira Puma Campues

UTN
IBARRA - ECUADOR

Vive,
sueña,
construye



EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA MEZCLA GRITZ DE MAÍZ *Zea mays* GRITZ DE MASHUA *Tropaeolum tuberosum* Y EL DIÁMETRO DE LA BOQUILLA DEL EXTRUSOR EN EL PROCESO DE EXTRUSIÓN



PROBLEMA



Bajo aprovechamiento del contenido nutricional de la mashua



La mashua a pesar de su alto valor nutricional, no han sido aprovechados en la agroindustria



Los extruidos son elaborados a base de cereales con alto contenido de almidón

Justificación



La mashua es un tubérculo andino, que posee un alto valor nutritivo



Elaborar un producto innovador a base de mashua, aplicando la tecnología de extrusión



Alternativa agroindustrial para consumo humano a base de mashua

OBJETIVO GENERAL

EVALUAR EL EFECTO DE LA MEZCLA GRITZ DE MAÍZ *Zea mays* GRITZ DE MASHUA *Tropaeolum tuberosum* Y EL DIÁMETRO DE LA BOQUILLA DEL EXTRUSOR EN EL PROCESO DE EXTRUSIÓN

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar las características fisicoquímicas (humedad, amilosa, amilopectina, fibra, proteína) de la materia prima.

2. Evaluar el efecto de la mezcla gritz de maíz-gritz de mashua y diámetro de la boquilla sobre el índice de expansión y textura instrumental del producto extruido.

3. Determinar las características físico químicas (humedad, fibra, proteína, carbohidratos) del producto extruido.

4. Evaluar las características organolépticas (color, olor, sabor) y de aceptabilidad del mejor tratamiento.

HIPÓTESIS

HIPOTÉISIS ALTERNATIVA (Hi)



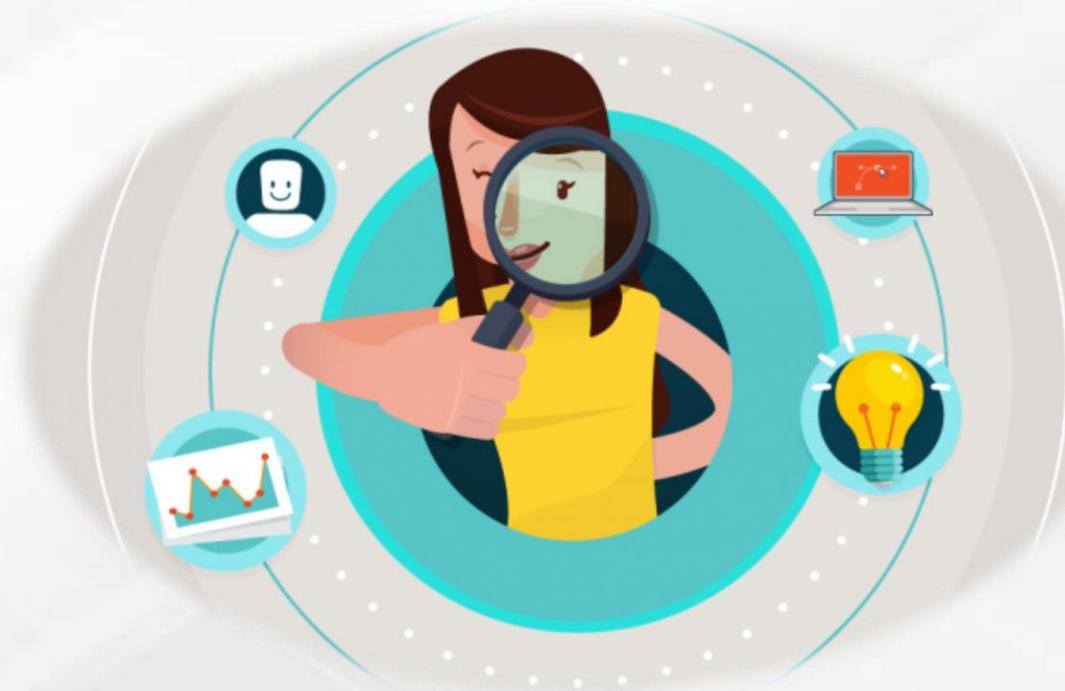
La mezcla gritz de maíz *Zea mays* gritz de mashua *Tropaeolum tuberosum* y el diámetro de salida de la boquilla del extrusor influyen en el proceso de extrusión.

HIPOTÉISIS NULA (Ho)



La mezcla gritz de maíz *Zea mays* gritz de mashua *Tropaeolum tuberosum* y el diámetro de salida de la boquilla del extrusor no influyen en el proceso de extrusión.

MATERIALES Y MÉTODOS



MATERIALES Y EQUIPOS

MATERIAS PRIMAS

- Gritz de maíz *Zea mays*
- Gritz de mashua
- *Tropaeolum tuberosum*

MATERIALES Y EQUIPOS

- Extrusor de tornillo simple
- Deshidratador de bandejas
- Espectrofotómetro
- Agitador magnético
- Texturometro
- Bandejas plásticas
- Tamiz (2mm)
- Material de vidrio
- Otros

CARACTERIZACIÓN DEL EXTRUSOR DE UN SOLO TORNILLO

PARÁMETROS	UNIDAD	CANTIDAD
Alimentación	g/h	1000
Velocidad del tornillo sinfín	Rpm	280
Presión	Bares	160-180
Temperatura-cámara	°C	123
Diámetro	mm	3-5



A

Formulación de la mezcla

A1:Maíz 85% + mashua 15%
A2:Maíz 90% + mashua 10%
A3: Maíz 95% + mashua 5%

B

Diámetro de la boquilla de salida

B1: 3mm
B2: 5mm

CONSTANTES

Alimentación: 200g
Temperatura: 123 °C
Velocidad del tornillo:280 rpm

DISEÑO EXPERIMENTAL

Tratamientos = 6

Repeticiones = 3

18 unidades experimentales

Diseño
Completamente al
Azar
AxB

Unidad
Experimental
200g

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

MATERIAS PRIMAS



MAÍZ
DURO

- Humedad
- Proteína
- Fibra
- Carbohidratos
- Almidón
- Amilosa
- Amilopectina



Mashua
amarilla

FORMULACIONES

1
85% Maíz
15% Mashua

2
90% Maíz
10% Mashua

3
95% Maíz
5% Mashua



VARIABLES EVALUADAS A LOS PRODUCTOS EXTRUIDIDOS

PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS

- Humedad
- Proteína
- Fibra
- Lípidos
- Carbohidratos

PROPIEDADES FUNCIONALES

- Índice de expansión
- Densidad Aparente
- Índice de absorción de agua
- Índice de solubilidad de agua

TEXTURA INSTRUMENTAL

- Punción
- Corte Guillotina

ACEPTABILIDAD SENSORIAL

- Color
- Olor
- Textura
- Sabor



RESULTADOS DISCUSIONES



CARACTERIZACIÓN DE MATERIAS PRIMAS

PARÁMETROS		GRITZ DE MAÍZ	GRITZ DE Mashua
Humedad	%	12,63	5,45
Proteína	%	8,40	6,72
Lípidos	%	1,26	0,94
Fibra bruta	%	0,84	3,23
Carbohidratos	%	75,12	85,43
Almidón	%	60,01	48,85
Amilosa	%	16,80	12,94
Amilopectina	%	43,21	35,91

(Guy, 2001), utilizando un enfoque fisicoquímico el almidón es el componente que afecta al grado de expansión Pinzón y Satama 2015 mencionan que proteínas, grasas y fibra actúan como diluyentes o limitantes. Barrera 2004 menciona que la mashua mejora la calidad biológica de la proteína

COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LAS MEZCLAS

Parámetros		Matriz 1 5% Mashua – 95% Maíz	Matriz 2 10% Mashua – 90% Maíz	Matriz 3 15% Mashua- 85% Maiz
Humedad	%	10,80	10,50	10,00
Fibra	%	0,20	0,21	0,23
Proteína	%	8,83	8,87	8,92
Extracto etéreo	%	0,73	0,70	0,65
Carbohidratos	%	79,30	78,70	78,50

La composición de la mezcla como: humedad, grasa, proteína, fibra y carbohidratos totales, influyen en las características y propiedades finales del producto extruido (Martínez, 2012).

PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL PRODUCTO EXTRUIDO



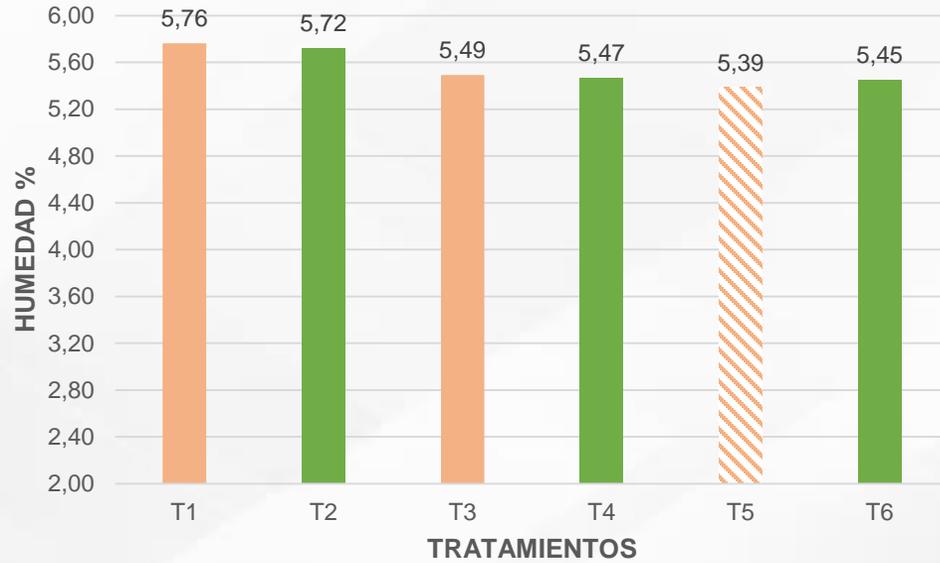
ANÁLISIS DE VARIANZA DE LAS VARIABLES EVALUADAS EN EL EXTRUIDIDO

Fuentes de Variación	Gl	Humedad F-valor	Proteína F-valor	Fibra F-valor	Carbohidratos F-valor	Lípidos F-valor
Total	17					
Trat	5	1,02 ^{NS}	6,55**	4,25 *	0,25 ^{NS}	15,50 **
A	2	0,43 ^{NS}	15,65**	4,85 *	0,50 ^{NS}	33,93 **
B	1	0,04 ^{NS}	1,29 ^{NS}	4,92 *	0,00 ^{NS}	3,5 ^{NS}
AxB	2	2,11 ^{NS}	0,07 ^{NS}	3,31 ^{NS}	0,01 ^{NS}	3,07 ^{NS}
E. Exp	12					
CV %		4,79%	0,28%	7,08%	0,15%	3,30%

PRUEBA DE TUKEY ($\alpha < 0,05$) DE LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS

MEJORES TRATAMIENTOS		TRAT	Humedad	Proteína	Fibra	Carbohidratos	Lípidos
1º	a – ab	T1	5,76±0,41 ^a	8,34±0,04 ^a	0,13±0,01 ^a	89,10±0,30 ^a	0,59± 0,03 ^d
2º	b – bc	T2	5,72±0,25 ^a	8,33±0,03 ^a	0,13±0,01 ^a	89,07±0,07 ^a	0,56± 0,01 ^c
3º	c - cd	T3	5,49±0,35 ^a	8,33±0,03 ^a	0,12±0,01 ^{ab}	89,07±0,05 ^a	0,55± 0,02 ^c
		T4	5,47±0,07 ^a	8,32±0,01 ^a	0,12±0,01 ^{ab}	89,03±0,30 ^a	0,53± 0,02 ^{bc}
		T5	5,39±0,07 ^a	8,26±0,01 ^b	0,11±0,01 ^b	89,02±0,09 ^a	0,48± 0,02 ^a
		T6	5,45±0,26 ^a	8,27± 0,1 ^b	0,10±0,00 ^b	89,00±0,05 ^a	0,50± 0,01 ^{ab}

HUMEDAD

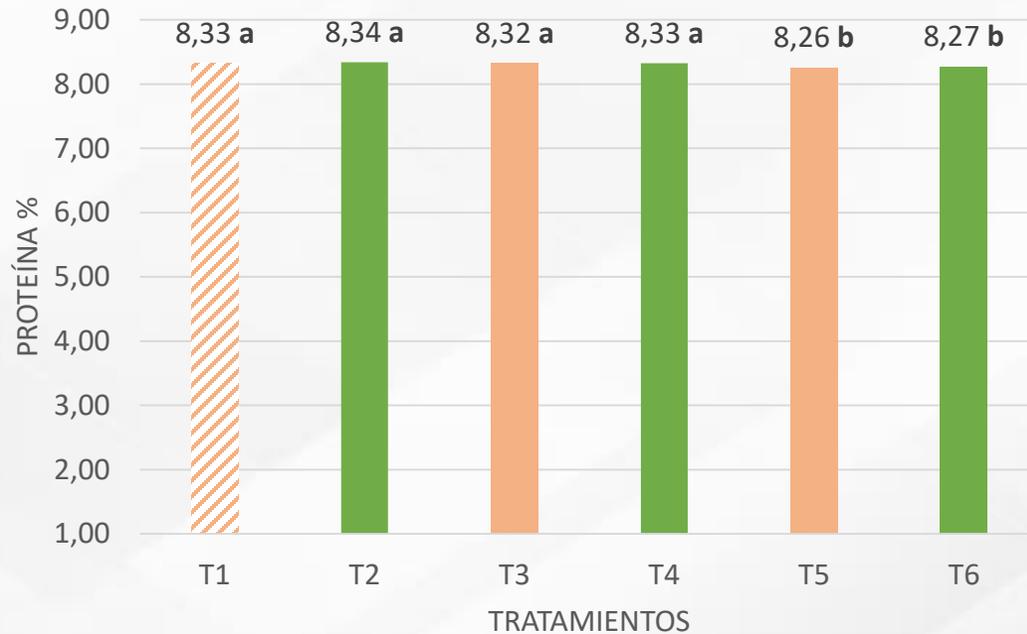


CARBOHIDRATOS



no mostraron significación estadística sobre el contenido de humedad y carbohidratos de los productos extruidos.

CONTENIDO DE PROTEÍNA

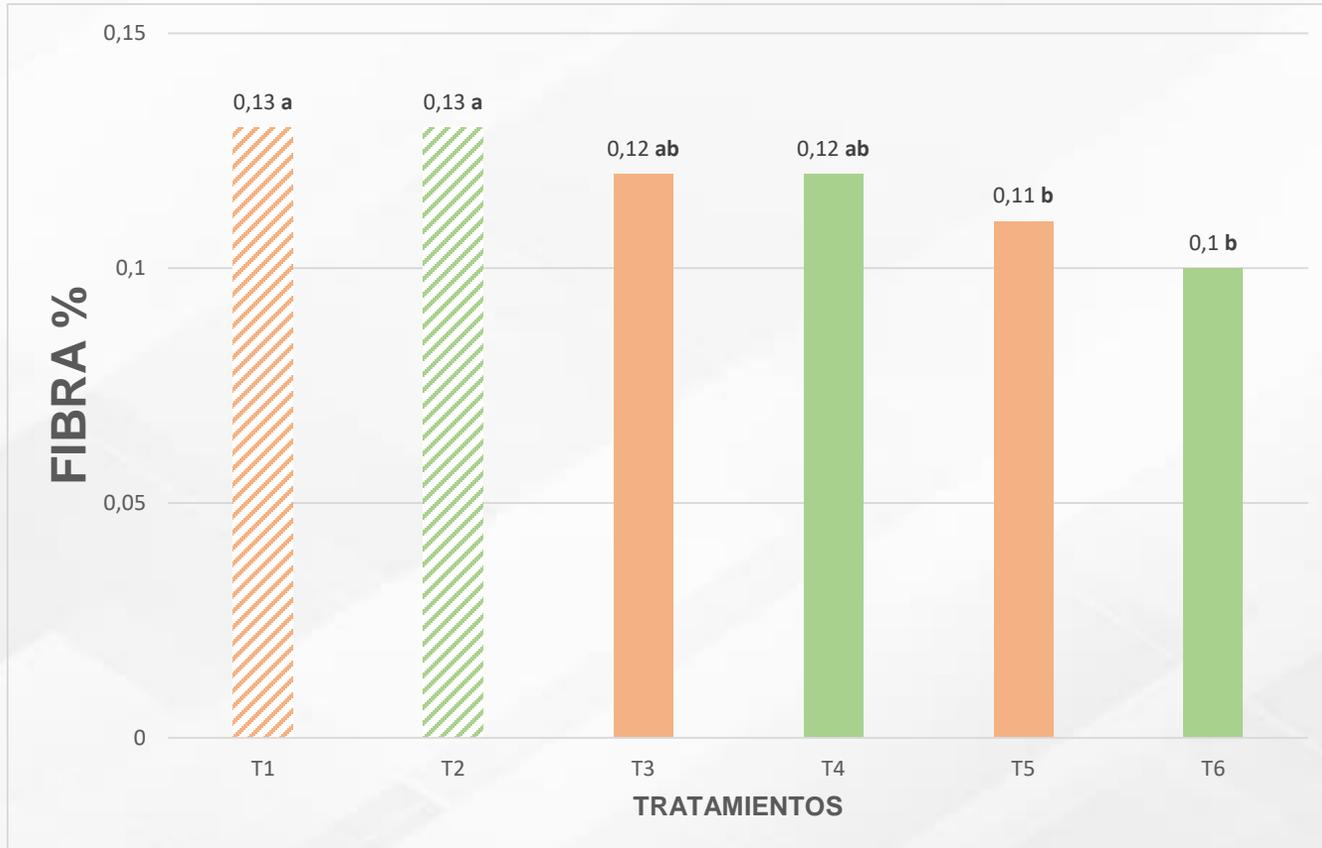


(Mian & Galen, 2012) altos niveles de proteína, menor expansión, menor durabilidad, texturas firmes y duras.

NTC 3652 (2006), 3% de contenido de proteína

Myat & Ryu, (2014) aumento de la digestibilidad de la proteína, extrusión a altas temperaturas

CONTENIDO DE FIBRA



Ding et al., (2006) cizallarse durante la extrusión, solubilización de la fibra, destrucción de sus paredes

(Bouvier & Campanella, 2014) burbujas más pequeñas, no mayor al 5%.

Piwińska, Wyrwisz, Kurek, & Wierzbicka, (2016) fibra de la matriz afectan propiedades físicas y sensoriales

PROPIEDADES FUNCIONALES DE LOS PRODUCTOS EXTRUIDIDOS



ANÁLISIS DE VARIANZA DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES EN EL EXTRUIDIDO

Fuentes de Variación	gl	Índice de expansión	Densidad Aparente	Índice de solubilidad de agua	Índice de absorción de agua
		F-valor	F-valor	F-valor	F-valor
Total	17				
Trat	5	119,35 **	99,6 **	3,37 *	3,56 *
A	2	15,51 **	238,88 **	3,87 ^{ns}	7,27 **
B	1	556,34 **	13,5 **	8,86 *	0,24 ^{ns}
AxB	2	4,69 *	3,37 *	0,12 ^{ns}	1,5 ^{ns}
E. Exp	12				
CV %		4,45%	7,64%	5,89%	7,45%

**Altamente significativo; * Significativo; ns no significativo

PRUEBA DE TUKEY ($\alpha < 0,05$) DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES

MEJORES TRATAMIENTOS

1º a - ab

2º b - bc

3º c - cd

TRAT	Funcionales			
	Índice de expansión	Densidad Aparente (g/cm ³)	Índice de solubilidad de agua (%)	Índice de absorción de agua (%)
T1	3,10± 0,17 ^d	0,20± 0,02 ^d	13,15± 1,02 ^{ab}	5,39± 0,44 ^{bc}
T2	3,07± 0,10 ^d	0,23± 0,02 ^e	11,84± 0,71 ^b	5,20± 0,36 ^c
T3	4,83± 0,19 ^b	0,14± 0,01 ^b	14,00± 0,17 ^a	5,71± 0,40 ^{abc}
T4	3,47± 0,12 ^c	0,17± 0,01 ^c	12,91± 0,35 ^{ab}	6,30± 0,44 ^a
T5	5,69± 0,33 ^a	0,07± 0,01 ^a	14,10± 1,35 ^a	6,27± 0,41 ^a
T6	5,44± 0,12 ^a	0,08± 0,01 ^a	13,23± 0,32 ^a	6,16± 0,56 ^{ab}

Medias con letras iguales no son significativamente diferentes ($\alpha > 0.05$)

ÍNDICE DE EXPANSIÓN

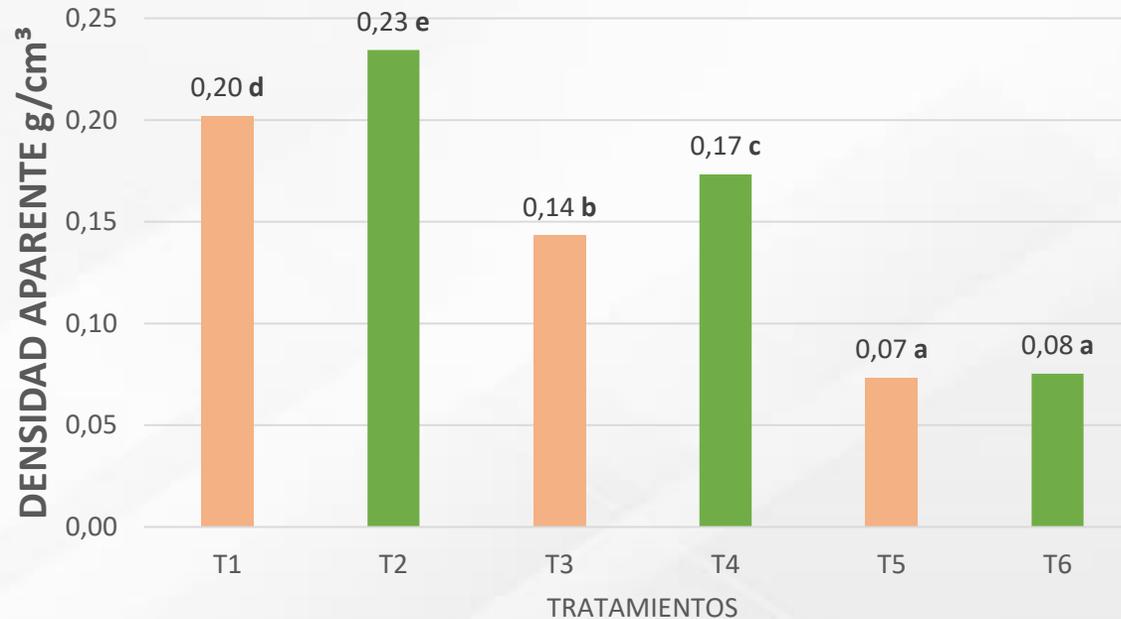


Lezcano & Cuggino (2002) contenido mínimo de almidón 60-70% para buena expansión.

(Llopart, 2011) diferencia de la presión expansión instantánea de la masa, extruidos con altos IE

Semeijn & Buwalda (2011) temperatura de expansión depende de la longitud de las cadenas de amilosa y amilopectina

DENSIDAD APARENTE

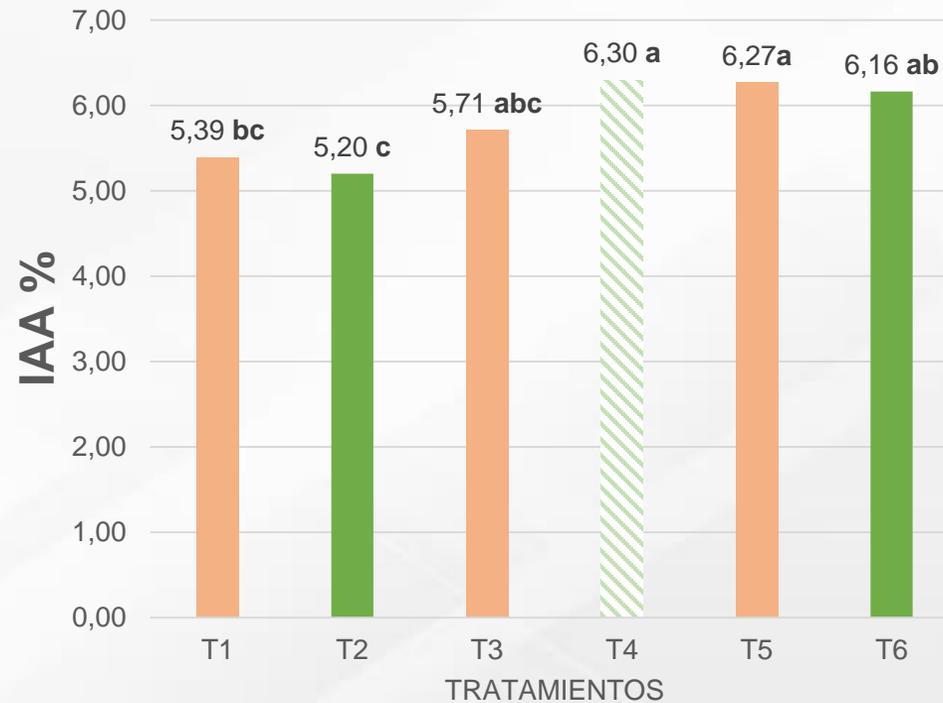


Oladebeye & Oshodi (2009) el tipo de almidón que posee la mashua contiene alta cantidad de amilosa, esto hace que tenga una alta densidad.

Revelo (2010) esta propiedad es importante se correlaciona con propiedades y sensoriales.

Altan (2012) densidad aparente depende de la configuración del tornillo y la composición de las mp

ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA (IAA)

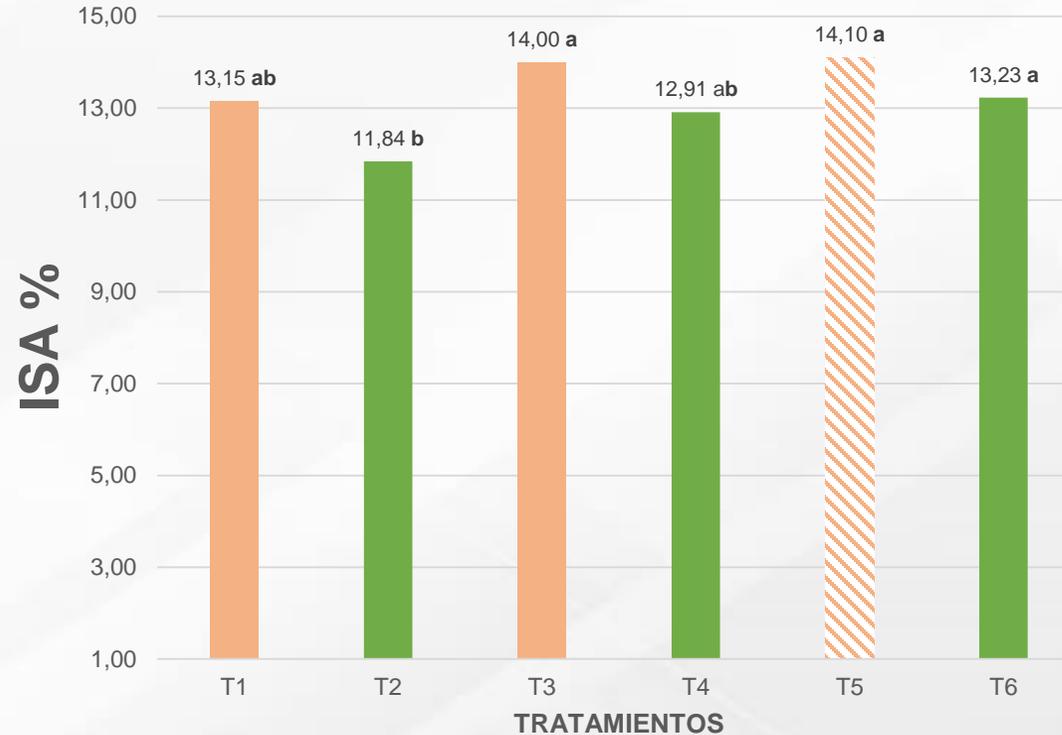


(Guy, 2002). gelatinización del almidón bajos índices de absorción y alta solubilidad por la modificación del almidón

Valenzuela et al., (2017) menciona que los almidones ricos en amilopectina tienen valores altos de IAA

Altan, (2012) el IAA indica el grado de desnaturalización de las proteínas, la gelatinización del almidón y la hinchazón de la fibra.

ÍNDICE DE SOLUBILIDAD DE AGUA (ISA)



(Contreras, 2009). El ISA reflejará la severidad del proceso

Yağci, (2008) el incremento del ISA se relaciona a los componentes de menor peso molecular

Seth et al. (2015) aumento de la temperatura aumenta el grado de degradación del almidón, condiciones de procesamiento severas la solubilidad aumenta linealmente con la disminución de la viscosidad

TEXTURA INSTRUMENTAL



PUNCIÓN

**CORTE
GUILLOTINA**

IBARRA - ECUADOR

live,
ueña,
construye

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA TEXTURA INSTRUMENTAL

Fuentes de Variación	gl	PUNCIÓN (N)	GUILLOTINA (N)
		F-valor	F-valor
Total	59		
Trat	5	82,49 **	54,00 **
A	2	184,27 **	19,02 **
B	1	8,80 **	171,46 **
AxB	2	17,55 **	30,24 **
E. Exp	54		
CV %		12,19%	6,23%

**Altamente significativo; * Significativo; ns no significativo

PRUEBA DE TUKEY ($\alpha < 0,05$) DE LA TEXTURA INSTRUMENTAL

MEJORES TRATAMIENTOS

1º a - ab

2º b - bc

3º c - cd

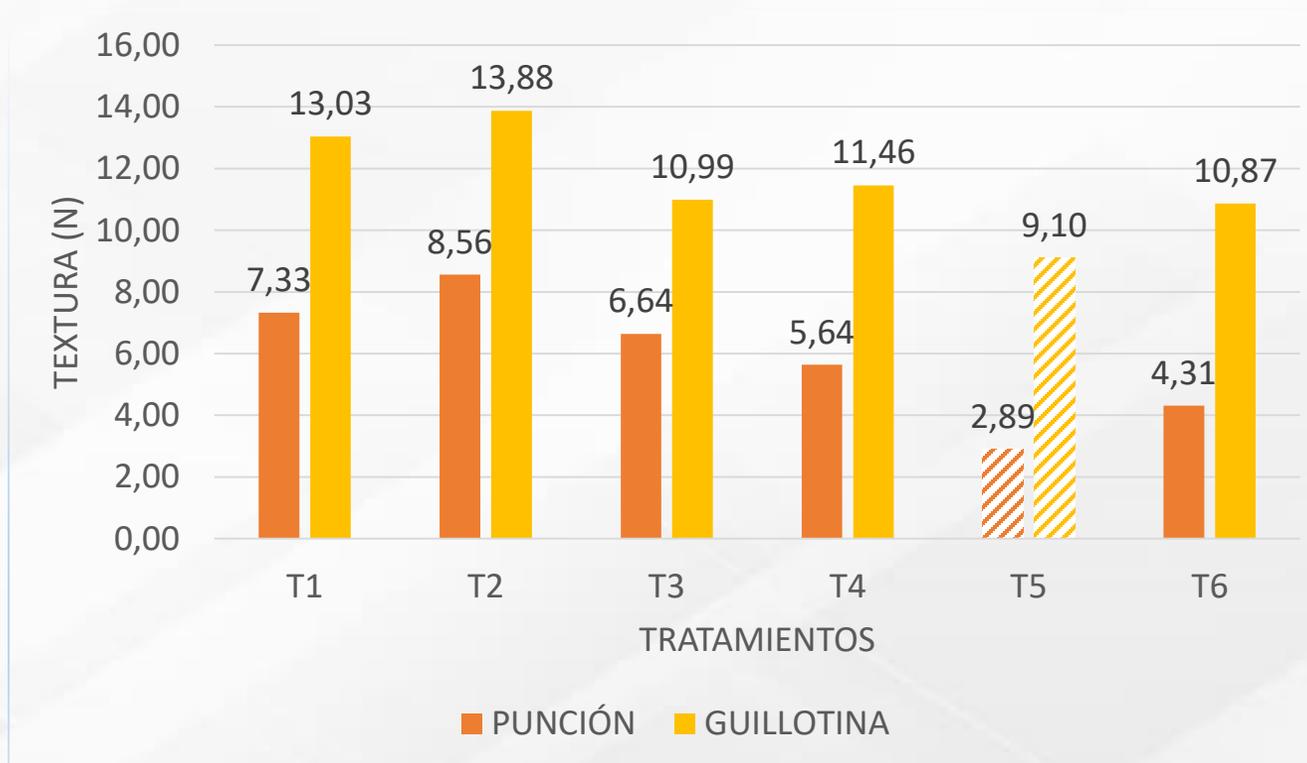
TRATAMIENTO	Textura	
	Punción (N)	Guillotina (N)
T1	7,33± 0,47 ^d	13,03± 0,84 ^b
T2	8,56± 0,69 ^e	13,88± 0,77 ^c
T3	6,64± 0,78 ^c	10,99± 0,76 ^b
T4	5,64± 0,65 ^b	11,46± 0,82 ^b
T5	2,89± 0,68 ^a	9,10± 0,56 ^a
T6	4,31± 0,95 ^b	10,87± 0,59 ^b

Medias con letras iguales no son significativamente diferentes ($\alpha > 0.05$)



Vive,
sueña,
construye

TEXTURA INSTRUMENTAL



Yang et al., (2016) menciona que la dureza y la fragilidad del extruido están relacionadas con el daño del almidón

(Lezcano & Cuggino, 2002) expansión radial la más importante y refleja la expansión global del extruido

Chakraborty et al., (2009) diferencia de presiones aumenta la expansión, debido a la rápida evaporación de la humedad de la masa fundida.

ANÁLISIS DE ACEPTABILIDAD SENSORIAL

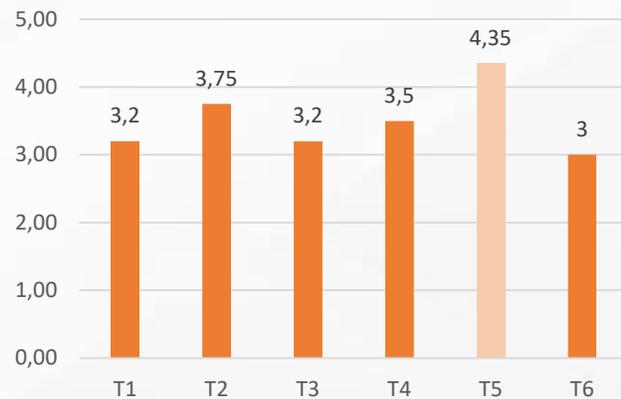


Friedman para variables cualitativas

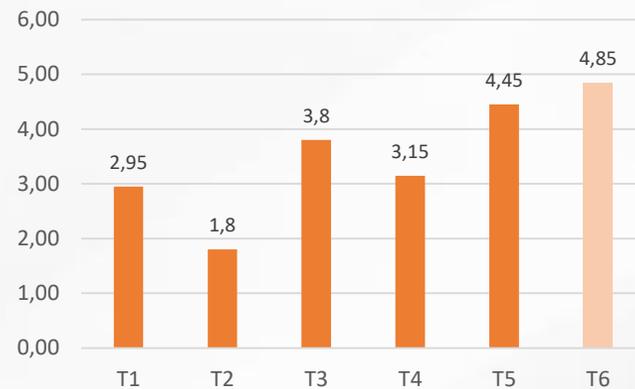
VARIABLE	V. CALCULADO χ^2	SIGNIFICANCIA	V. TABULAR χ^2	
			5%	1%
COLOR	3,47	NS	11,070	15,086
OLOR	17,5	**	11,070	15,086
SABOR	14,21	*	11,070	15,086
TEXTURA	17,27	**	11,070	15,086
ACEPTABILIDAD	13,3	*	11,070	15,086

****Altamente significativo; * Significativo; ns no significativo**

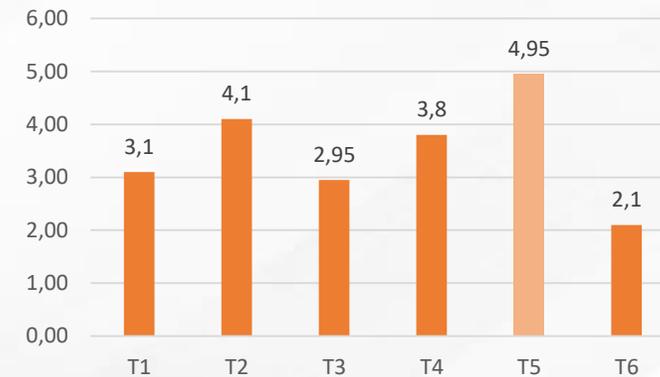
COLOR



OLOR



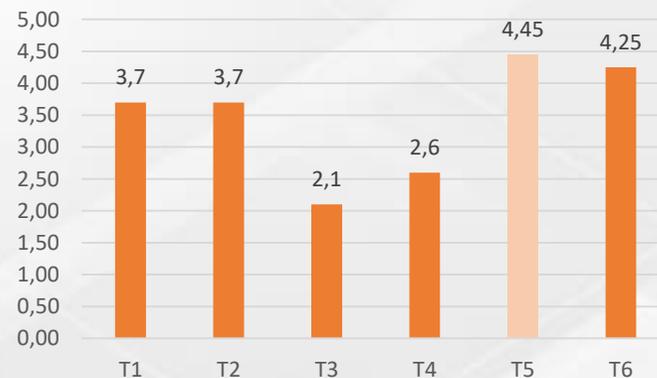
SABOR



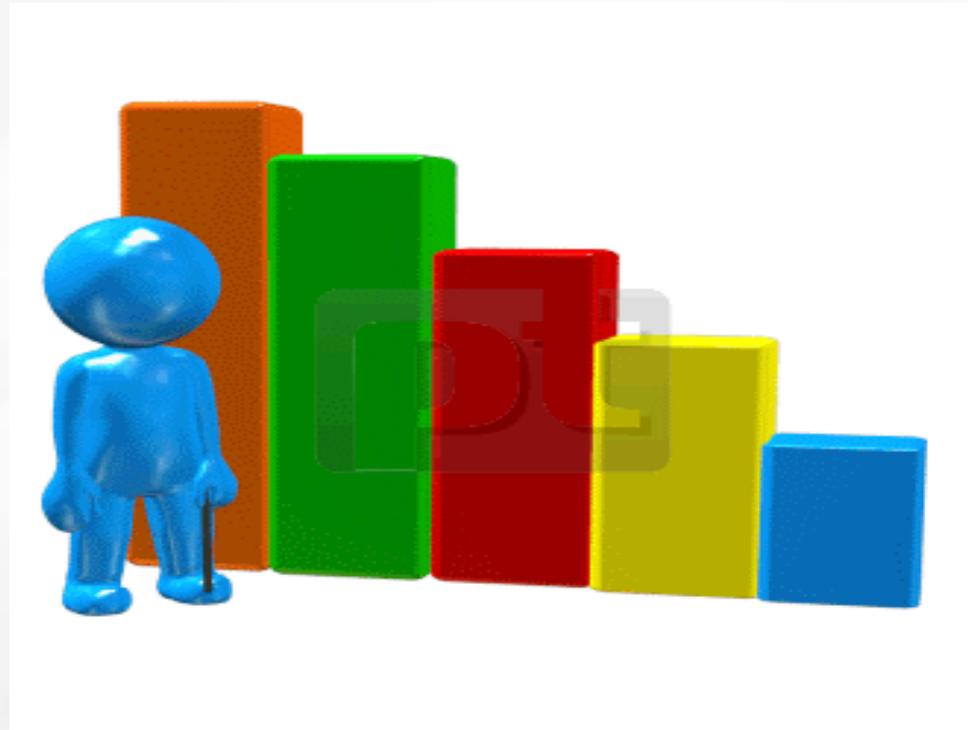
TEXTURA



ACEPTABILIDAD

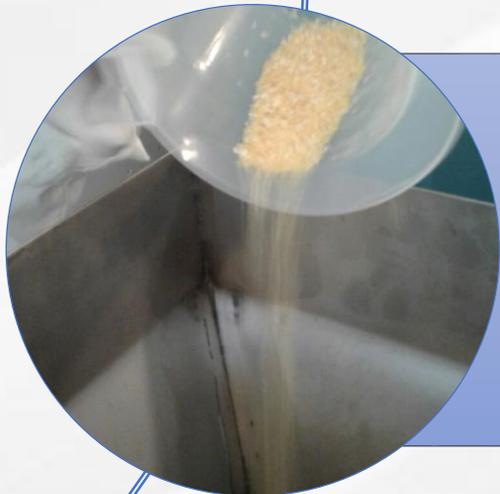


CONCLUSIONES





El diámetro del dado de 3mm tuvo un efecto altamente significativo en el incremento del índice de expansión (5,69%) y al mismo tiempo en la disminución de la densidad aparente (0,07g/cm³) del producto extruido.



El tipo de matriz alimentaria tuvo un efecto altamente significativo en el incremento del índice de absorción de agua en el T5 (95/5) a medida que disminuyó la sustitución de gritz de maíz por gritz de mashua. Mientras que la disminución del diámetro del dado de 5mm a 3mm no tuvo efecto significativo sobre el índice de absorción del extruido.



El diámetro de 3mm del dado tuvo un efecto significativo sobre el incremento de la solubilidad del extruido por la mayor fuerza de cizalla a la que fue sometido el T5 (95/5) dado de 3mm dentro del barril. Mientras el tipo de matriz alimentaria (95/5; 90/10; 85/15) no presentó efecto sobre el índice de solubilidad.



➤ La disminución de la sustitución del griz de maíz por griz de mashua (95/5) y la disminución del diámetro del dado (3mm) tuvieron efectos altamente significativos en la disminución de la fuerza de punción y la fuerza de corte es decir los extruidos presentaron menores valores de dureza (2,89 N) y mayor crujencia (9,10 N).

RECOMENDACIONES



Se recomienda utilizar un equipo que permita la variación de temperatura en las diferentes cámaras que conforman el equipo de extrusión, debido a que la temperatura es un factor importante en la gelatinización del almidón y por consiguiente el índice de expansión del producto extruido.



ACEPTA

HIPÓTESIS

ALTERNATIVA



La mezcla griz de
maíz *Zea mays* griz
de mashua
Tropaeolum
tuberosum y el
diámetro de salida de
la boquilla del
extrusor **influyen** en
el proceso de
extrusión.