

EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN VÍA SIMULACIÓN DE ATRIBUTOS SENSORIALES DEL PAN ESPECIAL CON YUCA ADICIONADO DEL HIDROCOLOIDE XANTAN

(EVALUATION AND OPTIMIZATION VIA SIMULATION OF SENSORY ATTRIBUTES OF THE SPECIAL BREAD WITH ADDITIONED CASSAVA XANTAN HYDROCOLLOID)

Wílmer Peña

Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora” UNELLEZ.
Vicerrectorado de Planificación y Desarrollo Social. Programa Ciencias del Agro y del Mar. Barinas -Estado Barinas, Venezuela.

wjpr58@gmail.com

Recibido: 23-08-2020/ Aceptado: 02-12-2018

RESUMEN

Desarrollar un nuevo producto alimenticio que reciba la aceptación de los consumidores requiere conocer las características sensoriales que permitan el diseño de la formulación adecuada. Al sustituir la harina de trigo (HT) por harina de yuca (HY), en el pan adicionado del hidrocólido xantán (HX), es clave conocer el comportamiento de los atributos sensoriales. La investigación consistió en someter a evaluación y optimización el efecto del HX y la sustitución de la HT por HY sobre los atributos sensoriales del pan especial con yuca; se aplicó el Diseño Llenado de espacios, método Hipercubo Latino, el cual permitió obtener una muestra aleatoria de formulaciones con nueve (9) tratamientos y nueve (9) niveles, de estas se seleccionaron siete (7) para la elaboración de los panes. Los valores del factor harina de yuca (X_1) van desde 15% hasta un 100%, los de la harina de trigo (X_2) varían de 0% al 85% y el hidrocólido (X_3) se fijó entre 0% y 2%. La evaluación sensorial permitió establecer que en los niveles de sustitución de hasta el 36%, con adición del hidrocólido xantán, los consumidores no aprecian diferencias (ANOVA, y post hoc de Tukey con p-valor 0,05) en las valoraciones sensoriales apariencia global, olor, color de la corteza, color de la miga, sabor y textura, al compararlos con el pan 100 % trigo. Se encontró un modelo con excelente bondad de ajuste. La Optimización vía Simulación (OvS) de los atributos sensoriales ajustó cuando X_1 , X_2 y X_3 alcanzaron 49,10%, 49,95% y 0,95%, respectivamente.

Palabras clave: pan, yuca, sensorial, hidrocólido, optimización

ABSTRACT

Developing a new food product that receives consumer acceptance requires knowing the sensory characteristics that allow the design of the appropriate formulation. When substituting wheat flour (HT) for cassava flour (HY), in the bread added the hydrocolloid xanthan (HX), it is essential to know the behavior of the sensory attributes. The research consisted of evaluating and optimizing the effect of HX and the substitution of HT for HY on the sensory attributes of special bread with cassava; The Design filled with spaces, the Latin Hypercube method, was applied, which allowed obtaining a random sample of formulations with nine (9) treatments and nine (9) levels, of which seven (7) were selected for the preparation of the breads. The values of the cassava flour factor (X1) range from 15% to 100%, those of wheat flour (X2) vary from 0% to 85% and the hydrocolloid (X3) was set between 0% and 2%. The sensory evaluation allowed to establish that in the substitution levels of up to 36%, with the addition of the hydrocolloid xanthan, the consumers did not appreciate differences (ANOVA, and Tukey's post hoc with p-value 0.05) in the global appearance sensory evaluations, smell, color of the crust, color of the crumb, taste and texture, when compared to 100% wheat bread. A model with excellent goodness of fit was found. The Optimization via Simulation (OvS) of the sensory attributes adjusted when X1, X2 and X3 reached 49.10%, 49.95% and 0.95%, respectively.

Keywords: bread, cassava, sensory, hydrocolloid, optimization.

INTRODUCCIÓN

Una de las aplicaciones de la evaluación sensorial, que resulta de gran importancia, se encuentra en el campo del desarrollo de nuevos productos. El pan que se experimenta en este estudio posee niveles de sustitución de la harina de trigo (HT) por harina de yuca (HY) por encima del 15 %, además se incorpora hidrocoloide xantán (HX) en la formulación, lo cual conlleva a la necesidad de seguir el curso de las transformaciones sensoriales. Eriksson *et al.*, (2014, p.220) afirman que...”La sustitución parcial de la harina de trigo por la de yuca a partir de incorporaciones superiores al 20 % impacta negativamente los atributos sensoriales más importantes del pan: la apariencia, el gusto, la textura y la aceptabilidad general”. Además del sabor, la frescura y la textura, el color es una propiedad sensorial que influye dramáticamente en la percepción general del pan (Gellynck *et al* 2009, p.22). En este mismo sentido Eddy *et al.*, (2007, p. 2418) realizaron estudios sensoriales de aroma, textura, aceptabilidad y preferencia en pan, en el cual los niveles de sustitución de la harina de yuca fueron de 10, 20 y 30 % (sin adición de hidrocoloides), un panel semientrenado demostró

que las sustituciones parciales afectan la calidad sensorial. Comprobaron que... “los panes horneados compuestos con 10 y 20 % de harina de yuca no presentaron diferencias estadísticas significativas en la aceptabilidad y preferencia, comparado con el control, el pan elaborado con 30 % de harina de yuca mostró bajas valoraciones”. Sin embargo, Steffe (citado por Alvis, Arrazola y Pérez, 2011, p. 108) sostiene que... “los resultados de estas investigaciones pueden ser útiles para obtener información fundamental acerca de los aspectos básicos de textura y su relación con la estructura y atributos sensoriales”.

El objetivo de la evaluación sensorial es estimar el efecto que tiene la sustitución de la harina de trigo por la de yuca y el hidrocoloide en el pan elaborado. La optimización que se plantea en este estudio persigue la maximización de los factores y a su vez obtener la mayor información posible de esta sustitución en el pan especial de yuca con la mínima experimentación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se creó un arreglo de tratamientos utilizando una muestra aleatoria obtenida mediante el Diseño de llenado de espacios, método de Hipercubo Latino, el cual generó nueve (9) tratamientos y nueve (9) niveles, lo cual permitió determinar las siete (7) formulaciones con las cuales se podían elaborar los panes especiales de yuca (Peña, 2019, p.70). El diseño posee tres (03) factores HY, HT y HX (X_1 , X_2 y X_3) respectivamente, para estudiar y simular un proceso multirrespuesta constituídos por la apariencia global, olor, color de la corteza, color de la miga, sabor y textura (Y_1 , Y_2 , Y_3 , Y_4 , Y_5 y Y_6). El pan de molde se elaboró siguiendo el método directo, a partir del estándar obtenido de la práctica panadera en el estado Barinas, panadería Alto Barinas Sur del Municipio Barinas, Estado Barinas, República Bolivariana de Venezuela, propiedad del maestro panadero Hugo Reyes.

El análisis sensorial se efectuó con un panel de consumidores frecuentes de pan, no entrenado, conformado por tres (3) grupos de veintiséis (26) estudiantes cada uno, de la UNELLEZ, de diversos sexos, edades y procedencias de los estados llaneros. Se efectuó sobre las siete (7) muestras de pan especial de yuca y la muestra control, utilizando una escala

hedónica no estructurada de 10 centímetros de longitud. Los atributos que se medidos fueron: apariencia global, olor, color de la corteza, color de la miga, sabor y textura

Tratamiento y análisis de los datos

La información recolectada fue procesada en primer lugar mediante análisis de la varianza (ANOVA) y aplicación de la prueba post hoc de Tukey empleando el software *SPSS V-19*. Seguidamente, se procedió a la optimización vía simulación (OvS) haciendo uso del Programa *SAS JMP 8*. Por su parte, el proceso de modelamiento de cada variable respuesta (Y_i), se realizó utilizando el módulo de Análisis *Screening*. Decidido a priori el uso de modelos lineales aditivos generales de alto orden (MLAGAO) se detectaron términos no significativos en este modelo inicial, se sustituyeron por términos de más alto orden. Los MLAGAO para cada una de las respuestas no generaron excelente bondad de ajuste; ello impulsó la exploración de otro tipo de modelaje que explicara mejor las respuestas, se procedió a ajustar modelos no lineales del tipo Redes Neuronales Artificiales (RNA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis descriptivo de los datos permite observar (Figura 1), que el pan mejor valorado para todos los atributos es el elaborado con 100% HT, y el que mostró menor promedio es el que tenía el máximo de sustitución.

EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN VÍA SIMULACIÓN DE ATRIBUTOS SENSORIALES DEL PAN ESPECIAL CON YUCA ADICIONADO DEL HIDROCOLOIDE XANTAN

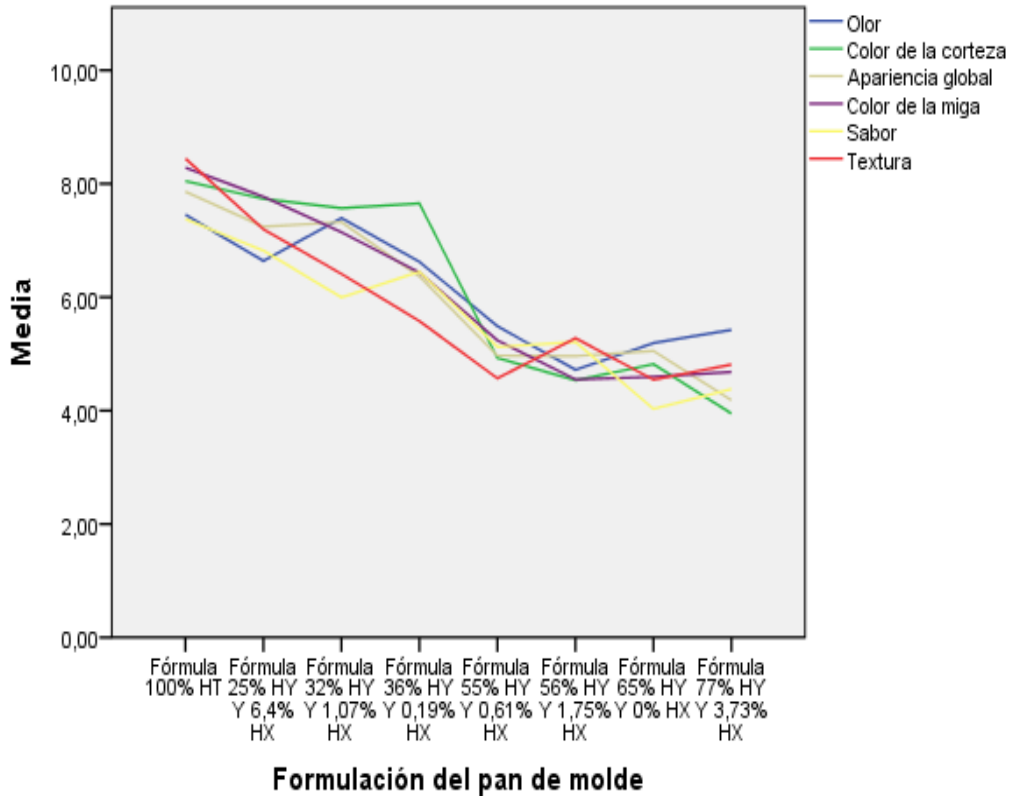


Figura 1. Gráfico de media de los atributos valorados por los consumidores

Los consumidores se inclinan por valorar decrecientemente los atributos al aumentar los niveles de sustitución, estos presentan un comportamiento similar entre sí, se evidencia un grupo conformado por el pan 100% HT y los panes con sustituciones de HY 25, 32 y 36%, que son valorados por encima de la mitad de la escala y otro integrado por los panes cuyas sustituciones van desde 55 hasta 77%. Este comportamiento pareciera independiente del porcentaje de hidrocoloide adicionado. Por otra parte, al aplicar el análisis de varianza – ANOVA- (Tabla 1), se observa que hay diferencias estadísticas significativas en las medias de las valoraciones sensoriales realizadas por los consumidores.

EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN VÍA SIMULACIÓN DE ATRIBUTOS SENSORIALES DEL PAN ESPECIAL CON YUCA ADICIONADO DEL HIDROCOLOIDE XANTAN

Tabla 1. ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Apariencia global	Entre grupos	343,830	7	49,119	10,084	,000
	Dentro de grupos	974,205	200	4,871		
	Total	1318,035	207			
Olor	Entre grupos	198,558	7	28,365	5,342	,000
	Dentro de grupos	1062,053	200	5,310		
	Total	1260,611	207			
Color de la corteza	Entre grupos	548,557	7	78,365	13,620	,000
	Dentro de grupos	1150,759	200	5,754		
	Total	1699,316	207			
Color de la miga	Entre grupos	420,696	7	60,099	11,640	,000
	Dentro de grupos	1032,672	200	5,163		
	Total	1453,368	207			
Sabor	Entre grupos	254,995	7	36,428	6,490	,000
	Dentro de grupos	1122,670	200	5,613		
	Total	1377,665	207			
Textura	Entre grupos	355,398	7	50,771	8,334	,000
	Dentro de grupos	1218,478	200	6,092		
	Total	1573,877	207			

Fuente: Peña (2019)

La prueba estadística post hoc de Tukey (p-valor o sig 0,05), presentada en las Tablas 2, 3, 4, 5, 6 y 7, refleja que, con excepción del atributo color de la corteza, existen tres subconjuntos; destacándose que los panes elaborados con sustituciones parciales hasta el 36 % no tienen diferencias estadísticas significativas en cuanto a los atributos sensoriales estudiados al compararlos con el control elaborado con 100 % harina de trigo.

EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN VÍA SIMULACIÓN DE ATRIBUTOS SENSORIALES DEL PAN ESPECIAL CON YUCA ADICIONADO DEL HIDROCOLOIDE XANTAN

Tabla 2. *Sub conjuntos homogéneos para los atributos apariencia global y Olor*

Formulación del pan de molde	Apariencia global			Olor		
	1	2	3	1	2	3
77% HY Y 3,73% HX	4,184			4,7192		
	6					
56% HY Y 1,75% HX	4,961	4,9615		5,1923		
	5					
55% HY Y 0,61% HX	4,969	4,9692		5,4231		
	2					
65% HY Y 0% HX	5,053	5,0538		5,4885	5,4885	
	8					
36% HY Y 0,19% HX		6,3654	6,3654	6,6231	6,6231	6,6231
25% HY Y 6,4% HX			7,2423	6,6385	6,6385	6,6385
32% HY Y 1,07% HX			7,3231		7,3962	7,3962
100% HT			7,8615			7,4538
Sig.	0,847	0,302	0,226	0,059	0,062	0,898

Fuente: Peña (2019)

Tabla 3. *Sub conjuntos homogéneos para el atributo color de la corteza y de la miga*

Formulación del pan de molde	Color de la corteza			Color de la miga		
	1	2	3	1	2	3
Fórmula 77% HY Y 3,73% HX	3,9500			4,5500		
Fórmula 56% HY Y 1,75% HX	4,5346			4,5962		
Fórmula 65% HY Y 0% HX	4,8192			4,6808		
Fórmula 55% HY Y 0,61% HX	4,9269			5,2385	5,2385	
Fórmula 32% HY Y 1,07% HX		7,5692		6,4346	6,4346	6,4346
Fórmula 36% HY Y 0,19% HX		7,6538			7,1462	7,1462
Fórmula 25% HY Y 6,4% HX		7,7346				7,7731
Fórmula 100% HT		8,0462				8,2808
Sig.	0,823	0,996		0,061	0,055	0,072

Fuente: Peña (2019)

Tabla 4. Sub conjuntos homogéneos para los atributos sabor y textura

Formulación del pan de molde	Sabor			Textura		
	1	2	3	1	2	3
Fórmula 65% HY Y 0% HX	4,0308			4,5462		
Fórmula 77% HY Y 3,73% HX	4,3808			4,5692		
Fórmula 55% HY Y 0,61% HX	5,1231	5,1231		4,8115		
Fórmula 56% HY Y 1,75% HX	5,2115	5,2115		5,2769	5,2769	
Fórmula 32% HY Y 1,07% HX	5,9962	5,9962	5,9962	5,5769	5,5769	
Fórmula 36% HY Y 0,19% HX		6,4500	6,4500	6,4115	6,4115	6,4115
Fórmula 25% HY Y 6,4% HX		6,8192	6,8192		7,1962	7,1962
Fórmula 100% HT Sig.	0,061	0,169	7,3769 0,418	0,121	0,100	8,4423 0,065

Fuente: Peña (2019)

Los resultados encontrados en la evaluación sensorial de los panes coinciden con los reportados por Eddy *et al.*, (2007, p. 2418) y Gellynck *et al.*, (2009, p.22), se observa que las sustituciones parciales afectan la calidad sensorial, y además la evaluación sensorial de “los panes horneados compuestos con 10 y 20 % de harina de yuca no presentaron diferencias estadísticas significativas en la aceptabilidad, comparado con el control”. Sin embargo, difiere con lo informado por estos investigadores, ya que la sustitución del 30 % de HT por HY con adición de hidrocoloides no mostró bajas valoraciones del pan, ni diferencias con el pan elaborado solo con harina de trigo. La apreciación sensorial del color de la miga del pan se ve afectada negativamente con el aumento de los niveles de sustitución de la harina de yuca por harina de trigo, esto puede estar asociado a la acentuación de la coloración informada por Henao (2004, pp.79-94), lo cual puede apreciarse en la figura 2.

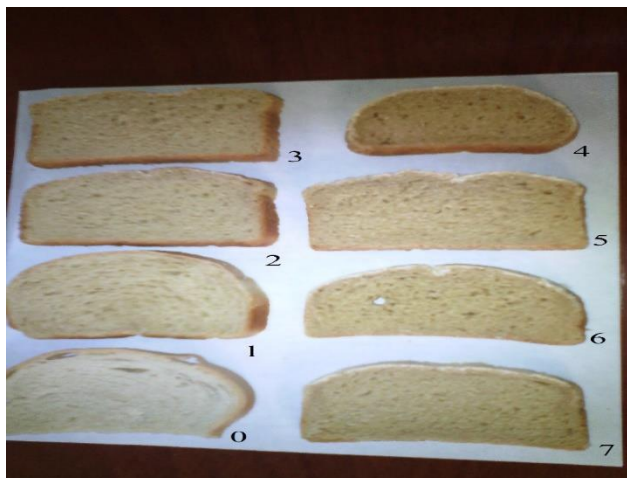


Figura 2. Corte transversal del pan para cada una de las formulaciones donde se aprecia el cambio de color.

Fuente: Peña (2019)

Optimización vía simulación (OvS)

En la Tabla 5 se muestran los modelos de predicción, en los cuales se aprecia que las ecuaciones de regresión reflejan excelente bondad de ajuste, el R^2 es superior al 96 %.

Tabla 5. Metamodelo o modelo de simulación no lineal particionado de RNA y su bondad de ajuste para las respuestas sensoriales

Variable respuesta	Ecuación	R^2
Apariencia global	$5.94+1.32*((-0.03)+0.55*H1+1.19*H2-2.73*H3)$	0,9649
Olor	$6.14+1.07*((0.28)+1.62*H1+0.69*H2-2.73*H3)$	0,9766
Color de la corteza	$6.10+1.73*(0.52+ 0.45*H1+0.47*H2-2.63*H3)$	0,9798
Color de la miga	$5.98+1.38*(0.19+0.23*H1+1.12*H2-2.69*H3)$	0,9778
Sabor	$5.61+1.01*(1.09-0.84*H1+0.48*H2-2.21*H3)$	0,9833
Textura	$5.67+0.99*((-0.25)-0.49*H1+2.15*H2-2.48*H3)$	0,9975

Fuente: Peña (2019)

Al fijar los valores objetivos para cada atributo sensorial, considerando las apreciaciones de los consumidores reflejadas en el subconjunto homogéneo HSD de Tukey,

EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN VÍA SIMULACIÓN DE ATRIBUTOS SENSORIALES DEL PAN ESPECIAL CON YUCA ADICIONADO DEL HIDROCOLOIDE XANTAN

se encuentra la solución óptima para la deseabilidad global. Los resultados acotados se presentan en la Figura 3., la maximización de la Deseabilidad Global se localiza cuando los factores X1, X2 y X3 alcanzan los valores 51,78%; 52,67% y 1% respectivamente, lo cual se corresponde con el 49,10% de harina de yuca; 49,95% de harina de trigo y 0,95% de xantan.

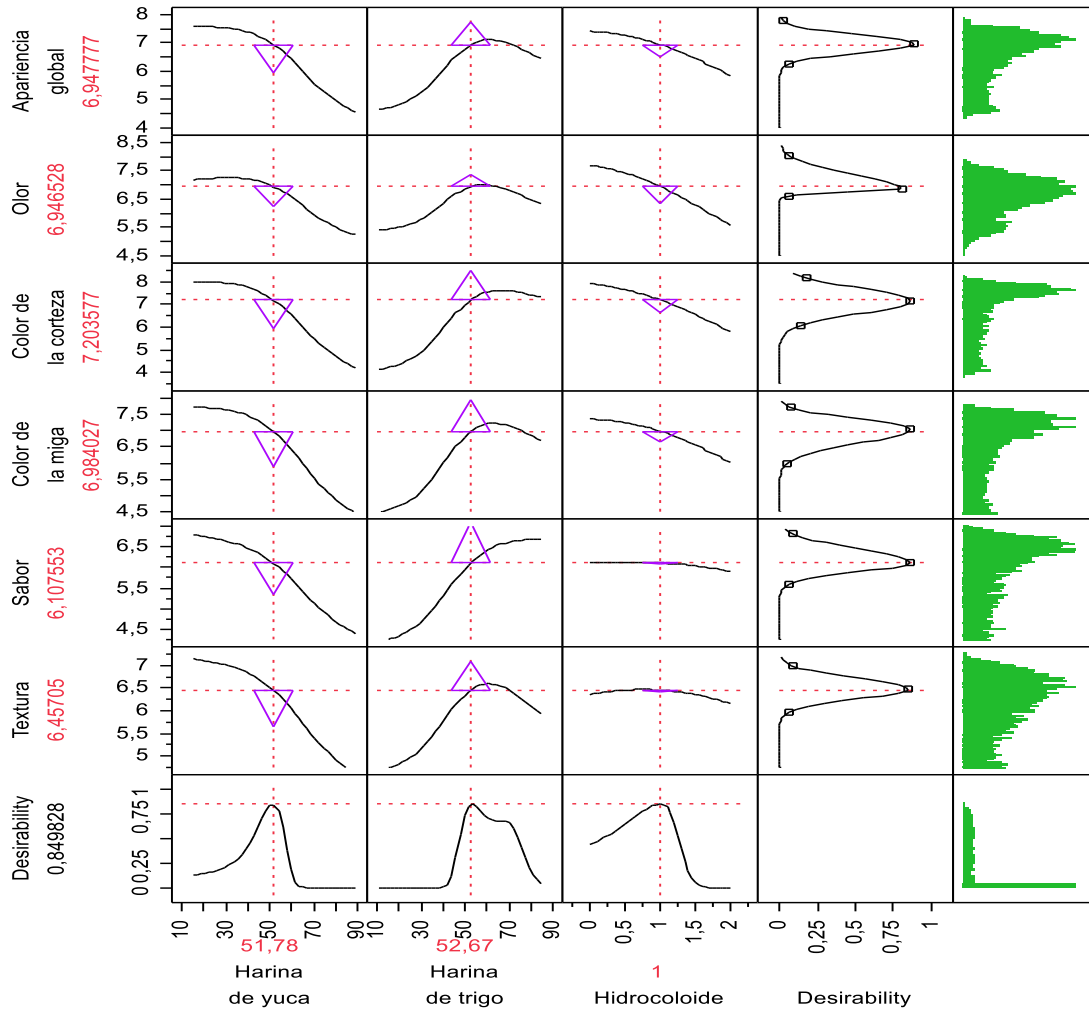


Figura 3. Perfiles de Deseabilidad optimizados para las variables sensoriales.

Fuente: Peña (2019)

La Tabla 6 resume los valores de los factores y de las variables respuestas sensoriales antes y después de alcanzar la solución de OvS.

Tabla 6. Valores de los factores y las variables respuestas sensoriales antes y después de la optimización

Factor y variable respuesta	Sin solución óptima	Solución óptima	Variación [%]
Harina de yuca [%]	49,43	49,10	-0,33
Harina de trigo [%]	49,61	49,95	0,34
Hidrocoloide [%]	0,96	0,95	0,01
Apariencia global	6,92	6,95	0,03
Olor	6,93	6,95	0,02
Color de la corteza	7,15	7,20	0,05
Color de la miga	6,95	6,98	0,03
Sabor	6,06	6,11	0,05
Textura	6,43	6,46	0,03
Deseabilidad Global	67,20	85,00	17,80

Fuente: Peña (2019)

Resalta que una disminución de la participación de la harina de yuca de un 0,33% genera una mejora en la deseabilidad global sensorial de un 17,80%, es decir, el factor harina de yuca se constituye en un condicionante de la calidad sensorial del pan especial de yuca.

La Tabla 7 muestra los valores de los factores optimizados.

Tabla 7. Factores optimizados para las respuestas sensoriales

Factor	Harina de yuca	Harina de trigo	Hidrocoloide xantan
[%]	49,10	49,95	0,95

Fuente: Peña (2019)

CONCLUSIONES

Los atributos apariencia global, olor, color de la corteza, color de la miga, sabor y textura, reciben valoraciones menores en la medida que aumenta los porcentajes de sustitución de la harina de trigo por harina de yuca en los panes especiales, siguiendo una relación proporcional inversa es decir a más porcentaje de yuca menor puntuación del atributo, sin embargo, cuando se sustituye hasta el 36 % de harina de trigo por harina de yuca no existen diferencias estadísticas significativas en las medias de las valoraciones sensoriales realizadas por los consumidores al compararlos con el pan elaborado con 100% harina de trigo.

Teóricamente es posible llegar a sustituir hasta el 49,10% de la harina de trigo por harina de yuca en la elaboración del pan, adicionando 0,95% del hidrocoloide xantan, sin afectar sensiblemente las valoraciones sensoriales de apariencia global, olor, color de la corteza, color de la miga, sabor y textura.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alvis, A., Pérez, L., Arrazola, G. (2011). Propiedades físicas y viscoelásticas de panes elaborados con mezclas de harinas de trigo y arroz integral. Vol. 22(4), 107-116 (2011). doi: 10.4067/S0718-076420110004000012
- Eddy, N., Udofia, P., Eyo, D. (2007). Sensory evaluation of wheat/cassava composite bread and effect of label information on acceptance and preference. African Journal of Biotechnology, 6 (20), 2415-2418. Recuperado de <http://www.academicjournals.org/AJB>.
- Eriksson, E., Koch, C., Tortoe, P., Akonor, C., Oduro-Yeboah. (2014). Evaluation of the physical and sensory characteristics of bread produced from three varieties of cassava and wheat composite flours, Food and Public Health, 4 (5), 214-222. doi: 10.5923/j.fph.20140405.02.
- Gellynck, X., Kühne, B., Van De Walle, D., Dewettinck, K. (2009). Consumer perception of bread quality. *Apetite*, 53, 16-23. Doi 10.1016/j.appet.2009.04.002
- Henao, S. (2004). Estudio tecnológico de la utilización de harina de yuca en panificación. Universidad Nacional de Colombia. Disponible en: <http://www.clayuca.org/PDF/panificacion.pdf>. Consultado: 17/08/20.

EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN VÍA SIMULACIÓN DE ATRIBUTOS SENSORIALES DEL PAN ESPECIAL CON YUCA ADICIONADO DEL HIDROCOLOIDE XANTAN

Peña, W. (2019). Efecto del hidocoloide xantan sobre las características físicas, químicas y sensoriales del pan especial de yuca (*Manihot esculenta C*). Trabajo de grado para optar al título de Magister Scientiarum en Ingeniería Agroindustrial en la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora). República Bolivariana de Venezuela.