



EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS, SENSORIALES Y FÍSICOQUÍMICAS DE CUATRO PRODUCTOS A BASE DE CEREALES

EVALUATION OF THE MICROBIOLOGICAL, SENSORY AND PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF FOUR CEREAL-BASED PRODUCTS

Ever Adolfo Reyes Puerto^{1*}

*Sandra Lorena Blandón Navarro*²

*Silvio Andrés Rojas Zambrana*³

(Recibido/received: 3-septiembre-2020; aceptado/accepted: 18-noviembre-2020)

RESUMEN: El objetivo de esta investigación fue evaluar las características microbiológicas, sensoriales y fisicoquímicas de cuatro productos a base de cereales. Se procedió a la elaboración de pruebas preliminares y análisis sensorial para establecer las preformulaciones que se utilizaron como base en las formulaciones finales. El diseño de mezclas se nombró como F1 (Fórmula 1), F2 (Fórmula 2), F3 (Fórmula 3) y F4 (Fórmula 4). En cuanto al análisis microbiológico en mohos y levaduras los productos reflejaron valores fuera de los establecido por la NTON, y en coliformes estos fueron <100NMP/g. Se determinó la aceptabilidad y preferencia del consumidor mediante pruebas hedónicas; los resultados para la Semilla de Júcaro la F4 fue la preferida y aceptada, para el Pinolillo la F4, para la Cebada la F3 y para el Policereal la F1. La granulometría de los diferentes productos (expresados como diámetro promedio de partícula D_{pm}) fue de 297.49 µm (micrómetros) para la Semilla de Júcaro, 227.74 µm para el Pinolillo, 222.84 µm para la Cebada y 203.33 µm para el Policereal, estos resultados son similares a los cereales distribuidos en los supermercados nacionales. Además, se determinó según los métodos de la AOAC, la composición química de cada producto, donde el Pinolillo cumple con las disposiciones de NTON y para el resto de productos los valores son similares a otras investigaciones citadas. Los cuatro productos elaborados son de calidad, cuyas formulaciones son información valiosa como propuesta u oportunidad, de agregar valor a las materias primas, en la agroindustria de cereales en Nicaragua.

PALABRAS CLAVE: Cereales para refresco; granulometría; pruebas hedónicas.

¹ Profesor en la Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Sede en el Centro Regional Nor Oriental. *Autor para correspondencia, email: ever.reyes@unah.edu.hn

² Profesora titular, Universidad Nacional de Ingeniería, Sede Regional del Norte, Estelí, Nicaragua.

³ Profesor titular jubilado, tutor a nivel de grado y posgrado de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Ingeniería, Managua, Nicaragua.

ABSTRACT: The objective of this research was to evaluate the microbiological, sensory and physicochemical characteristics of four cereal-based products. Preliminary tests and sensory analysis were carried out to establish the preformulations that were used as a basis in the final formulations. The mix design was named as F1 (Formula 1), F2 (Formula 2), F3 (Formula 3) and F4 (Formula 4). Regarding the microbiological analysis in molds and yeasts, the products reflected values outside those established by the NTON, and in coliforms these were <100NMP / g. Consumer acceptability and preference was determined by hedonic tests; The results for the Seed of Jícaro the F4 was the preferred and accepted, for the Pinolillo the F4, for the Cebada the F3 and for the Policereal the F1. The granulometry of the different products (expressed as average particle diameter Dpm) was 297.49 µm (micrometers) for the Jícaro Seed, 227.74 µm for the Pinolillo, 222.84 µm for the Barley and 203.33 µm for the Policereal, these results are similar to cereals distributed in national supermarkets. In addition, the chemical composition of each product was determined according to the AOAC methods, where the Pinolillo complies with the provisions of NTON and for the rest of the products the values are similar to other cited investigations. The four products produced are of quality, whose formulations are valuable information as a proposal or opportunity to add value to raw materials in the cereal agroindustry in Nicaragua.

KEYWORDS: Cereals for beverages; granulometry; hedonic tests.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial hay una creciente demanda de alimentos, nutritivos y seguros, ya que una ingesta equilibrada de alimentos se considera adecuada para prevenir o remediar problemas de salud, como la obesidad, diabetes, desnutrición, cardiopatías y otros, que en gran medida se origina a partir de errores dietéticos (Marques et al., 2015). Los cereales son una de las principales fuentes de alimentación para la humanidad y se estima que los cereales aportan más de 50% de la energía total consumida por la población humana (López, Prieto, Gaytán y Román, 2007). Según López et al. (2007) los países subdesarrollados o en vías de desarrollo dependen más aún de los nutrientes proporcionados por los cereales porque constituyen una excelente fuente de energía requerida para el crecimiento y el desarrollo.

Para Torre et al. (2007) los cereales se transforman en harinas, a partir de las cuales se elaboran diversos productos (como panes o pastas), o se incorporan a la alimentación como granos en sus distintas variedades (arroz, maíz). No obstante, a partir de los cereales y aplicando diferentes tratamientos tecnológicos se obtienen productos tan variados como las palomitas de maíz, los almidones; utilizados, por ejemplo, para espesar salsas o postres dulces, los jarabes de glucosa y similares y una amplia variedad de snacks y aperitivos; también se utilizan en la preparación de mezclas para refrescos y como materia prima en la fabricación de bebidas alcohólicas, como la cerveza o el whisky. Desde el punto de vista nutricional los cereales destacan por su contenido en carbohidratos, vitaminas B, vitamina E, minerales y fibra dietética, si bien su valor nutritivo es sensiblemente diferente de una variedad de cereal a otra.

Obregón et al. (2013) menciona que para el desarrollo de un producto se debe considerar el valor nutricional, parámetros de inocuidad, calidad y un buen nivel de aceptabilidad para su consumo,

ya que de esta manera se podrá consumir de forma integral el producto, aprovechando sus características nutricionales y organolépticas.

Alvarado (2016) estudió el producto que consistió en una mezcla en polvo para elaboración de una bebida de horchata determinando temperaturas de horneado de los granos entre 121 y 148 °C entre 15 y 30 minutos. En las formulaciones se mantuvieron constantes todos los ingredientes variando únicamente los porcentajes de grano de morro (*Crescentia alata*) y ajonjolí, resultando tres tratamientos en las razones 40:10, 25:25 y 10:40 de grano de morro en relación al ajonjolí. Las mezclas 40:10 y 25:25 fueron las preferidas. No se encontró diferencia en la aceptación del producto ni en el contenido de cenizas y calcio.

Alfaro, García y Méndez (2016) desarrollaron una bebida nutritiva instantánea a base de sorgo, arroz y soya a partir de formulaciones de 70% cereales y 30% leguminosas, hasta definir una formulación aceptable sensorial y nutricionalmente. Para el estudio de aceptación se utilizó la prueba hedónica de escala facial y se comprobó estadísticamente a través de la prueba cuantil. Se desarrolló una bebida nutritiva instantánea con 40% sorgo, 26% arroz y 34% soya, con aceptabilidad de 88.7% en niños y excelente fuente de proteína, fósforo, potasio y zinc, y una vida útil de 71 días a temperatura ambiente en empaque de Polipropileno Biorientado Metalizado (BOPP).

El objetivo principal de la investigación fue evaluar las características microbiológicas, fisicoquímicas y sensoriales de cuatro productos a base de cereales, con la finalidad de presentar formulaciones de alimentos caracterizados por buenos niveles de aceptación por los consumidores; además, debido a la ausencia de normas técnicas la investigación se considera como insumo para su elaboración a posteriori. También se contribuye con la agroindustria de cereales desarrollando formulaciones de productos cuyos procesos son estandarizados.

METODOLOGÍA

La elaboración de los productos y la caracterización microbiológica y sensorial fue realizada en los laboratorios de Alimentos, Ingeniería de Procesos y Operaciones Unitarias de la Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional de Ingeniería (FIQ-UNI, Managua). El contenido de proteínas y fibras fue determinado en el Laboratorio de Bromatología de la Universidad Nacional Agraria (UNA, Managua).

Para el procesamiento de los cuatro productos a base de cereales se usó molino semi industrial, termómetro infrarrojo, juego de tamices, Balanza Kern Ds (capacidad 65100 g, d 0.5g) y balanza analítica Sartorius (capacidad 310 g, d 0.001 g).

Para la elaboración de los cuatro productos (Cebada, Semilla de Júcaro, Pinolillo y Policereal) se utilizaron materias primas como semilla de júcaro (*Crescentia alata HBK*), arroz (*Oryza sativa L.*), maíz (*Zea mays L.*), avena (*Avena sativa L.*), cacao criollo o dulce (*Theobroma cacao L.*), cebada (*Hordeum vulgare L.*), sorgo (*Sorghum bicolor (L.) Moench*), soya (*Glycine max*) y maíz pujagua (*Zea mays Kcullii*). Además de otros ingredientes como canela, vainilla, clavos de olor, pimienta

de Chiapa, azúcar, leche en polvo, sal y aditivos alimentarios como propionato de calcio y colorante FD&C Rojo 40.

En la realización de las pruebas preliminares se establecieron preformulaciones de cada producto variando la concentración de los cereales de mayor concentración en el producto, trabajando dos fórmulas por producto. El proceso de elaboración consistió en realizar las pruebas de acondicionamiento y proceso de los cereales y las muestras se almacenaron en bolsas de polietileno con zíper. Seguidamente, después de 24 horas los cereales procesados se sometieron a evaluación sensorial de las pruebas preliminares con ocho panelistas para lo cual fue usada la prueba dúo-trío que consiste en compararlas con una fórmula de referencia ya posicionada en el mercado nacional.

A partir de los resultados de las pruebas preliminares se obtuvo información para definir las fórmulas que se sometieron a un diseño de mezclas modificando los ingredientes de mayor concentración que componen cada producto a base de cereal.

Tabla 1. Proporciones de cada cereal que compone el diseño de mezclas en el producto Semilla de Jícara

Ingredientes	Fórmulas del diseño de mezclas que se trabajó (% m/m)			
	Fórmula 1	Fórmula 2	Fórmula 3	Fórmula 4
Arroz	59.00	48.00	48.15	54.31
Semilla de Jícara	30.00	35.00	40.13	34.00
Azúcar	9.31	15.07	10.03	10.00
Canela	1.33	1.33	0.26	1.33
Clavo de Olor	0.26	0.50	1.33	0.26
Propionato de Calcio	0.10	0.10	0.10	0.10

En la tabla 1 se observan la lista de cereales que compone el producto Semilla de Jícara y las respectivas proporciones para cada formulación. De igual manera en la tabla 2 se detallan para el producto Pinolillo.

Tabla 2. Proporciones de cada cereal que compone el diseño de mezclas en el producto Pinolillo

Ingredientes	Fórmulas del diseño de mezclas que se trabajó (% m/m)			
	Fórmula 1	Fórmula 2	Fórmula 3	Fórmula 4
Maíz Blanco	66.90	60.90	65.90	64.81
Cacao	26.00	35.00	30.00	33.49
Canela	1.00	0.50	0.50	1.20
Clavos de olor	1.00	0.50	0.50	0.12
Pimienta Chiapa	5.00	3.00	3.00	0.28
Propionato de Calcio	0.10	0.10	0.10	0.10

En el desarrollo del producto Policereal se utilizaron diferentes ingredientes de cereales y aditivos, en proporciones como se muestran en la tabla 3, variando proporcionalmente aquellos ingredientes mayores y algunos aditivos que cumplen una función importante en el desarrollo de características sensoriales en el alimento formulado.

Tabla 3. Proporciones de cada cereal que compone el diseño de mezclas en el producto Policereal

Ingredientes	Fórmulas del diseño de mezclas que se trabajó (% m/m)			
	Fórmula 1	Fórmula 2	Fórmula 3	Fórmula 4
Maíz pujagua	14.99	13.00	10.00	9.90
Arroz	12.99	20.00	23.00	20.00
Semilla de Jícara	11.99	8.24	7.90	8.00
Cebada	10.33	15.00	13.00	13.00
Avena	10.00	6.00	6.00	6.00
Soya	9.99	7.00	7.00	7.00
Azúcar	8.99	12.00	14.00	14.50
Sorgo	6.99	7.00	7.00	7.00
Cacao	6.65	4.66	4.66	4.66
Leche en polvo	4.98	5.00	5.34	8.34
Canela	2.00	2.00	2.00	1.50
Propionato de Calcio	0.10	0.10	0.10	0.10

Para la elaboración de la Cebada como refresco natural se trabajaron cuatro formulaciones igual que el resto de los productos, siendo la Cebada el principal ingrediente, así como se describe en la tabla 4 con los respectivos cambios proporcionales de los componentes que influyen en las propiedades del alimento.

Tabla 4. Proporciones de cada cereal que compone el diseño de mezclas en el producto Cebada

Ingredientes	Fórmulas del diseño de mezclas que se trabajó (% m/m)			
	Fórmula 1	Fórmula 2	Fórmula 3	Fórmula 4
Cebada	86.39	75.91	75.87	80.36
Azúcar	11.24	19.96	20.00	15.50
Canela	1.27	2.00	2.00	2.00
Sal	0.48	1.00	1.00	1.00
Saborizante (Vainilla)	0.48	1.00	1.00	1.00
Colorante	0.04	0.03	0.03	0.04
Propionato de Calcio	0.10	0.10	0.10	0.10

Las operaciones de proceso para la elaboración de cada producto inician con la recepción de la materia prima, limpieza y selección. A continuación, se efectúa el tostado con tiempos de 15 a 20 minutos a temperaturas de 150 °C a 175 °C. Concluida esta etapa, se dejan enfriar para proceder al mezclado del cereal con otros ingredientes, después se realiza el tamizado para proceder a un

segundo mezclado que consistió en agregar los aditivos en polvo, finalmente se empaqueta y se almacena el producto.

Para la caracterización microbiológica se seleccionó una fórmula de cada producto a base de cereales y se realizaron los siguientes análisis: conteos de mesófilos aerobios, mohos y levaduras y coliformes totales, según las metodologías descritas por (Refai, 1981).

En el análisis sensorial se realizaron pruebas de aceptación y de preferencia. En la prueba de aceptación se usó escala hedónica de 1 a 5; siendo 1= Me disgusta mucho y 5 = Me gusta mucho. Cada una de las formulaciones de los productos a base de cereales se evaluó mediante un panel sensorial integrado por 25 jueces o panelistas (cuyas edades oscilan entre 18 a 55 años), todos ellos consumidores habituales y/o potenciales de este producto alimenticio en estudio, considerados como jueces o panelistas del tipo consumidor o afectivo. Finalmente se realizó la recolección de la información contenida en las boletas, la cual se ordenó y cuantificó. En el análisis de los datos de las pruebas de preferencia y aceptabilidad se realizó un análisis de varianza (ANOVA), con el test de comparaciones múltiples LSD Fisher ($P < 0.05$) para determinar las diferencias entre las formulaciones. El procesamiento de datos estadísticos se llevó a cabo utilizando el software INFOSAT 2017 (Di Rienzo, 2017) y se seleccionó la formulación de cada producto de cereal que tiene mayor aceptación, y luego se realizó la caracterización fisicoquímica.

La caracterización fisicoquímica consistió en determinar granulometría en juego de tamices ASTM desde el número 12 hasta el 230. Se pesaron las masas de material retenido en cada uno de los tamices y se calculó el diámetro medio de partícula mediante la ecuación 1:

Ecuación 1: $D_{pm} = \frac{1}{\sum \frac{\Delta x_i}{D_{pi}}}$; Donde x_i es la fracción másica de partículas de diámetro D_{pi} .

Para la determinación de los componentes nutricionales de cada producto a base de cereal se utilizaron los métodos oficiales siguientes: Humedad (método AOAC 952.08), Cenizas (método AOAC 923.03), Proteínas (método AOAC 960.52) y Fibra Cruda (método AOAC 978.10). Para el cálculo de parámetros como proteínas (N. Kjeldahl x 6.25). El Análisis de grasa se determinó siguiendo el método descrito por AOAC 991.36 (extracción de Soxhlet). Se usó la siguiente ecuación para cuantificar los carbohidratos, siendo calculado de la diferencia de la sumatoria de los demás componentes.

Ecuación 2: % carbohidratos = 100 – (% proteína + % grasa cruda + % cenizas + % humedad + % fibra cruda)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las pruebas preliminares, los panelistas expresaron que en cuanto al sabor se tenía estandarizar el contenido de azúcar utilizado en las diferentes muestras; sugerencia que sirvió para la formulación y evaluación sensorial de las fórmulas definitivas donde se estandarizó midiendo los °Brix antes de someter el producto al análisis sensorial. El panel evaluador indicó que se asimilaran olores en los diferentes productos como canela y clavo de olor, el cual se consideró en las formulaciones finales. Además, luego de realizar la evaluación sensorial

preliminar se constató que se tenía que mejorar la granulometría de los diferentes productos de cereales, ya que no se disolvían homogéneamente.

En el proceso de los cereales, tiempo y temperatura: la ficha técnica de procesados de cereales de la (FAO-PRODAR, 2014) establece que el tueste de las materias primas debe ser efectuado a una temperatura entre 150 y 175 °C por un tiempo aproximado de 15 minutos, posteriormente enfriadas a temperatura ambiente y luego mezcladas y molidas. En la elaboración de los productos a base de cereales se observó que al someter los cereales a ese rango de temperatura el tiempo del tostado disminuye, presentando mejores resultados a temperatura de 130°C - 155°C por tiempo de 15 – 25 minutos dependiendo del cereal, es decir qué; para el caso de la cebada y sorgo, el tiempo de tostado es el mínimo a lo expresado, obteniendo buenos resultados en cuanto a color, olor y facilidad de molienda. Alvarado (2016) sugiere el parámetro de temperatura que permite conseguir mejores resultados en cuanto a olor, color, sabor y molienda es de 121 y 148 °C y tiempos entre 15 y 30 minutos. Para Alvarado (2016) someter cereales al proceso de tostado a temperaturas de 150 °C a 175 °C durante 15 minutos generan olores, colores y sabores desagradables.

Antes de someter a la evaluación sensorial los productos a base de cereales se sometieron a un análisis microbiológico, el cual consistió en tomar una fórmula de cada producto que se desarrolló, resultados que se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Análisis microbiológico de productos a base de cereales

Análisis	Recuento			
	Semilla de Jícara	Pinolillo	Cebada	Policereal
Coliformes totales (NMP/g)	15	11	93	43
Aeróbicos mesófilos (UFC/ml)	240	1700	11	850
Mohos y levaduras (UFC/ml)	160	250	170	130

Para los análisis microbiológicos la cuantificación de coliformes totales muestran que las formulaciones preparadas contienen menos de 100 NMP/g (ver tabla 5), mientras que la Norma Técnica Salvadoreña para elaboración de mezcla de cereales (Horchata) establece que para considerar un alimento aceptable y seguro microbiológicamente (refiriéndose a coliformes totales) debe de presentar como recuento máximo 100 NMP/g. Sin embargo, la NTON para el pinolillo establece que los coliformes fecales deben ser <3 NMP/g. Los datos de la tabla 5 para coliformes fueron calculados como totales (NMP/g), no obstante, se considera que en futuros estudios se podría determinar la presencia de coliformes fecales para verificar el cumplimiento de las normativas para los productos desarrollados.

Las especificaciones microbiológicas establecidas por la Normativa Técnica Obligatoria Nicaragüense para el Pinolillo NTON (2007) presenta como el máximo permitido para el recuento de mohos y levaduras de 10² UFC/ml, especificación que al ser comparada con los resultados de la tabla 1 del análisis de los diferentes productos desarrollados se verifica que no cumplen con la especificación de la NTON.

Los productos elaborados no se encuentran en el parámetro recomendado y máximo de la normativa. Dichos resultados son menores a los reportados por Villalta (2013) en el estudio “Elaboración de una propuesta de Norma Técnica para regular la calidad de dos productos Étnicos (Horchata de arroz y Cebada para refresco)” obteniendo los siguientes resultados: para la harina de horchata de arroz; bacterias mesófilas 7525 UFC/ml y mohos y levaduras 7000 UFC/ml, para la harina de cebada para refresco; bacterias mesófilas 5300 UFC/ml y mohos y levaduras 6300 UFC/ml. Los resultados obtenidos en el análisis microbiológico de los diferentes productos a base de cereales objeto de este estudio, son valores mayores a lo establecido en las normativas nacionales.

Las pruebas de análisis sensorial de tipo hedónicas aplicadas en el desarrollo de productos alimenticios miden la aceptabilidad y preferencia del consumidor sobre el producto; características que se evaluaron con panel de 25 personas.

En la tabla 6 se presentan la información de los productos desarrollados cuyos resultados en la evaluación sensorial fueron valorados por parte del panel evaluador, donde detalla el resultado determinado por análisis estadístico en cada formulación que se trabajó por cada producto a base de cereal. Según datos observados en la tabla para las formulaciones de la Semilla de Jícaro los panelistas si lograron discriminar, expresando que existe diferencias en el grado de aceptabilidad de las diferentes formulaciones. En cambio, para el Pinolillo se observa que no logran discriminar en cuanto a la aceptación general ($P > 0.05$), pero si discriminaron en la medición de preferencia, es decir si presenta diferencia estadística significativa.

Tabla 6. Preferencia a través de análisis sensorial de los cuatro productos formulados

Producto	Medias Preferencia de las formulaciones *				p-valor: formulación
	F1**	F2	F3	F4	
Semilla de jícaro	1.68 ^A	2.48 ^{AB}	3.08 ^{BC}	3.80 ^C	0.0003
Pinolillo	2.52 ^A	2.04 ^A	2.92 ^{AB}	3.88 ^B	0.0045
Cebada	2.08 ^A	1.48 ^A	3.56 ^C	2.60 ^{BC}	0.0033
Policereal	2.88 ^A	2.60 ^A	2.76 ^A	2.76 ^A	0.9699

* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

**F1, F2, F3 y F4: son Formulación 1, 2, 3 y 4.

Para el producto de Cebada se observa que los panelistas lograron identificar diferencias entre las diferentes formulaciones, ya que el análisis estadístico arrojó un p -valor < 0.05 el cual comprueba que existe diferencia estadística significativa entre formulación evaluada. Para el producto de Policereal no hay discriminación entre fórmula, no identificaron diferencia y, además, con p -valor > 0.05 refleja que no hay esa diferencia significativa entre cada fórmula, igualmente se observa en la comparación de medias con misma letra para el caso del Policereal.

El análisis estadístico del análisis sensorial de los diferentes productos, el método de la mínima diferencia significativa LSD Fisher garantiza los resultados obtenidos de los diferentes atributos evaluados por el panel sensorial.

En la determinación de la fórmula final de cada producto se trabajó el diseño experimental de mezcla, utilizado para el desarrollo de productos en la industria de alimentos. Se trabajaron cuatro fórmulas para cada producto (ver tabla 1, 2, 3 y 4). La tabla 7 presenta las fórmulas de mayor aceptación y preferencia por los panelistas en el proceso de evaluación sensorial evaluando cuatro formulas por producto, obteniendo los siguientes resultados: para el Policereal formulación 1, para la Cebada formulación 2, la Semilla de Jícara formulación 3 y para el Pinolillo formulación 4 (obtenidas del diseño que se muestra en la tabla 1, 2, 3 y 4).

Tabla 7. Fórmulas de mayor preferencia y aceptación por los panelistas

Ingredientes	Formulación F1 (% m/m)	Formulación F2 (% m/m)	Formulación F3 (% m/m)	Formulación F4 (% m/m)
Cebada	-	75.91	-	-
Maíz pujagua	14.99	-	-	-
Maíz blanco	-	-	-	64.81
Arroz	12.99	-	48.15	-
Semilla de jícara	11.99	-	40.13	-
Cebada	10.33	-	-	-
Avena	10.00	-	-	-
Soya	9.99	-	-	-
Azúcar	8.98	19.96	10.03	-
Sorgo	6.99	-	-	-
Cacao	6.65	-	-	33.49
Leche en polvo	4.99	-	-	-
Canela	2.00	2.00	0.26	1.20
Claves de olor	-	-	1.33	0.12
Sal	-	1.00	-	-
Saborizante (vainilla)	-	1.00	-	-
Pimienta de Chiapa	-	-	-	0.28
Colorante	-	0.03	-	-
Propionato de calcio	0.10	0.10	0.10	0.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00

Para la elaboración de la tabla 7 fue fundamental el análisis del proceso de la evaluación sensorial, siendo los resultados que se consideraron los de la tabla 6; los cuales detallan información valiosa para identificar cual fue la fórmula por cada producto que el panel evaluador acepta y prefiere, por cumplir con sus expectativas organolépticas.

Como parte de la caracterización de cada producto a base de cereal se realizó el análisis granulométrico, el cual se hizo por triplicado con muestra de 100 g. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 8.

Tabla 8. Medidas de resumen análisis granulométrico de productos a base de cereales

Tipo de cereal	Productos elaborados		Productos comerciales, marca Caracol	
	Media± D.E. (µm)	CV	Media ± D.E. (µm)	CV
Dpm (Semilla de Jícaro)	297.49±10.87	3.65	213.41±15.85	7.43
Dpm (Pinolillo)	227.74±15.36	6.75	191.56 ±12.47	6.51
Dpm (Cebada)	222.84±17.78	7.98	207.66±9.86	4.75
Dpm (Policereal)	203.33±9.78	4.81	228.42 ± 34.81	15.24

Dpm: Diámetro promedio µm, D.E.: Desviación estándar, CV: Coeficiente de variación

Los resultados de granulometría de los productos objetos de estudio se compararon con productos que están posicionados en el mercado nacional; la tabla 8 presenta el análisis granulométrico realizado a marcas de cereales Caracol como referencia para los productos que se formularon.

Según la norma AOAC 965.22 el 98% de las partículas de la harina de trigo exige que pasen a través de una malla o tamiz de 212 µm, parámetro considerado para los productos desarrollados en esta investigación, tomando en cuenta que están en el grupo de las harinas de cereales (FAO, 1985).

El análisis proximal se emplea para hacer descripciones de los alimentos y conocer sus componentes químicos mayoritarios. La tabla 9 muestra los valores promedios de humedad, proteínas, grasas, cenizas, fibra cruda y carbohidratos de los cuatro productos a base de cereales formulados (Semilla de Jícaro, Pinolillo, Cebada y Policereal).

En la tabla 5 se presentan los constituyentes químicos de los productos a base de cereales que se formularon luego de que el panel de evaluación sensorial valorara dichas formulaciones como aquellas que cumplen con los atributos que hacen que acepten y prefieran un alimento.

Los resultados fueron los siguientes: La Semilla de Jícaro es baja en contenido de humedad y se observa que la semilla de jícara un cereal rico en proteínas, carbohidratos y lípidos. Estos valores están determinados por la composición del producto terminado, ya que la formulación contiene un 40.13% de semilla de jícara. El valor bajo de humedad se debe al tratamiento que se someten los cereales en la etapa de tostado, donde la diferencia de masa es significativa en relación al antes y después de la aplicación de calor.

Tabla 9. Constituyentes químicos de los productos de cereales (%) formulados como parte de la investigación

Componente	Semilla de Jícaro	Pinolillo	Cebada	Policereal
	Media ± D.E.	Media± D.E.	Media± D.E.	Media± D.E.
Humedad	2.95±0.14	4.49±0.22	3.37±0.27	4.22±0.13
Proteína cruda	18.17±0.19	10.92±0.21	8.57±0.19	16.04±0.77
Grasa cruda	13.99±0.42	13.32±0.06	0.19±0.01	12.21±0.05
Cenizas	1.70±0.07	1.82±0.03	1.62±0.06	2.22±0.04
Fibra cruda	10.20±0.05	5.30±0.06	3.88±0.05	5.79±0.07
Carbohidratos	52.99±0.17	64.15±0.12	82.37±0.12	59.52±0.21

El pinolillo contiene 4.49% de humedad, proteínas de 10.92% y grasas de 13.32%, lo que está de acuerdo a especificaciones de la NTON (2010). El alto contenido de grasas del pinolillo se debe a que contiene 5% más de cacao en la composición de la fórmula final en comparación con la formulación tradicional, este incremento fue debido a lo expresado por el panel evaluador en el análisis preliminar en la determinación de las preformulaciones base, las cuales se consideraron en la formulación final.

La cebada presentó humedad de 3.37%. Este resultado es próximo al de Villalta y Amaya (2005) cuyo valor para la humedad fue de 3.35%. Además, los autores reportaron 1.51% de cenizas, 0.55% de grasas, 11.42% de proteína y 0.65% de fibra cruda. La diferencia de los resultados obtenidos del producto de cebada es debido a la concentración de la cebada en la formulación en estudio, ya que contiene un 75.91% de cebada y el resto lo constituyen el azúcar y demás aditivos.

Para el producto de Policereal se obtuvo un valor promedio para la humedad de 4.22%. Al comparar los resultados a los de Escorcía (2016) quien determinó cenizas de 2.67%, lípidos de 10.76%, fibra cruda de 5.04% y carbohidratos de 57.03% se evidencia que el Policereal es un producto rico en lípidos y carbohidratos ya que contiene ingredientes que contribuyen con esa composición: la soya, leche en polvo, cebada, cacao y semilla de jícaro.

Se determinó el valor calórico de cada producto de cereal que una porción de 100 g aporta; la Semilla de Jícaro el valor calórico es de 410.55 kcal, la del Pinolillo 420.16 kcal, la Cebada 365.47 kcal y el Policereal 412.13 kcal. Para determinar valor calórico de los cereales formulados se utilizó el libro de química de los alimentos de (Dergal, 2006).

Los resultados de la determinación de pH de los diferentes productos a base de cereales fueron: para la Semilla de Jícaro se obtuvo un pH de 5.49, para el Pinolillo pH de 5.63, Cebada pH de 5.43 y Policereal pH de 5.79. Villalta y Amaya (2005) reporta un pH (5.71) similar para productos en base a cereales.

CONCLUSIONES

Los productos elaborados a base de cereales: Semilla de Jícaro, Pinolillo, Cebada y Policereal, son productos de calidad, cuya formulación es una oportunidad, de agregar valor a las materias primas, en la agroindustria de cereales en Nicaragua. Las características que presentaron las materias primas en cuanto a su composición química son idóneas para el desarrollo de los diferentes productos dado que cumplen con los parámetros para la elaboración de los productos de semilla de jícaro, pinolillo, cebada y Policereal.

Se trabajó un diseño de mezcla que consistió en plantear cuatro fórmulas por cada producto (Semilla de Jícaro, Pinolillo, Cebada y Policereal) que fueron parte de la investigación, luego se seleccionó una de las fórmulas para realizar análisis microbiológico presentando resultados fuera de los límites establecidos por normativa como la NTON, especialmente de mohos y levaduras. Para el caso de coliformes totales los valores obtenidos fueron menores a 100 NMP/g, pero la Normativa Nacional Obligatoria de Nicaragua del Pinolillo establece que este debe contener <3NMP/g de coliformes fecales.

Por el grado de preferencia en el análisis sensorial las fórmulas seleccionadas fueron: para la semilla de jícaro (fórmula 4), para el pinolillo (fórmula 4), para la cebada (fórmula 3) y para el Policereal la (fórmula 1). Las cuatro fórmulas de productos seleccionados, cumplen con los estándares de seguridad microbiológica, haciéndolos aptos para el consumo humano. Es decir, de acuerdo a los resultados de los análisis cumplen con los parámetros establecidos por las normativas nacionales y centroamericanas.

El Pinolillo cumple las características físico químicas establecidas en la NTON 37 071-06. Los demás productos al no poseer una NTON, se verificó que cumplen con los parámetros físico químicos relacionados, establecidos por otros investigadores. La granulometría de los productos finales presenta valores alrededor del diámetro promedio de productos como los de Industrias el Caracol. Dicho tamaño de partícula favorece la capacidad de disolución en la elaboración del refresco, similar a los productos de cereales distribuidos en el mercado nacional.

BIBLIOGRAFÍA

- Alfaro Medina, R. A., García Martínez, J. B., & Méndez Cárcamo, M. E. (Mayo de 2016). Desarrollo de una bebida nutritiva instantánea a base de sorgo, arroz y soya en apoyo a los programas de alimentación escolar en El Salvador. *Universidad de El Salvador*.
- Alvarado, J. E. (Noviembre de 2016). Desarrollo de una mezcla en polvo para elaboración de una bebida de horchata con alto contenido de hierro y calcio para jóvenes entre 13 y 17 años. *Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano*. Honduras.
- Comité Técnico de Normalización. (2007). Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense del Pinolillo. *NTON*, Nicaragua.

- Comité Técnico de Normalización. (2010, Mayo 19). Empresa Industria y Comercio. Obtenido de Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense: [http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/\(\\$All\)/23F85F186CC9A9C30625774A007C0848?OpenDocument](http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/($All)/23F85F186CC9A9C30625774A007C0848?OpenDocument)
- Dergal, S. B. (2006). *Química de los Alimentos* (Cuarta ed.). Naucalpan de Juárez, Edo. de México: Pearson Educación de México, S.A. de C.V.
- Di Rienzo, J. C. (2017). *InfoStat versión 2017*. Obtenido de Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.: <http://www.infostat.com.ar>
- FAO. (1985). Norma del Codex para la harina de trigo. Obtenido de CODEX STAN 152-1985: www.fao.org/input/download/standards/50/CXS_152s.pdf
- FAO-PRODAR. (2014). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-au166s.pdf>
- López, P., Prieto, F., Gaytán, M., & Román, A. (2007). Caracterización fisicoquímica de diferentes variedades de cebada cultivadas en la región centro México. *Revista chilena de nutrición*, 34(1), 1-6. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182007000100008>
- Marques, T. R., Duarte Corrêa, A., de Carvalho Alves, A., Assaid Simão, A., Marques Pinheiro, A., & de Oliveira Ramos, V. (2015). Cereal bars enriched with antioxidant substances and rich in fiber, prepared with flours of acerola residues. *Journal Food Science Technology*, 52(8), 5084–5092.
- Obregón, A., Eliana, C., Muñoz, A., Ayquipa, R., & Fernández, W. (2013). Evaluación sensorial y fisicoquímica de panes con sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harinas de maíz (*Zea mays*) y papas (*Solanum tuberosum*). *Ciencia e Investigación*, 16(2), 73-76.
- Refai, M. (1981). *Manuales para el control de calidad de los alimentos: Análisis microbiológico* (Vol. 14). Ciza, Egipto: Roma.
- Torre, E. M., Miján de la Torre, A., de Mateo Silleras, B., Pérez García, A., Redondo del Río, P., & Sáenz de Miera, I. (2007). Pan y Cereales. *Biblioteca Virtual Madrid*. España. Obtenido de <http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM009392.pdf>
- Villalta, E. A. (18 de Diciembre de 2013). Elaboración de una propuesta de normas técnica para regular la calidad de dos productos étnicos horchata de arroz y refresco de cebada. *Universidad de El Salvador*. Obtenido de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/5157/>
- Villalta, K., & Amaya, E. (Agosto de 2005). Elaboración de una propuesta de norma técnica para regular la calidad de dos productos étnicos (Horchata de arroz y refresco de cebada). *Universidad de El Salvador*. Obtenido de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/5157/1/10129903.pdf>

SEMBLANZA DE LOS AUTORES



Ever Adolfo Reyes Puerto: Es máster en Procesamiento de Alimentos, Universidad Nacional de Ingeniería (2019), Nicaragua y graduado de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional Autónoma de Honduras-UNAH (2014). Actualmente es Profesor auxiliar de la UNAH a nivel de grado, en la carrera de Ingeniería Agroindustrial. Posee diplomados en Formación Pedagógica en Educación Superior por la FUNDA-UPNFM, Estadística Aplicada Facultad de Ingeniería por la Escuela de Matemáticas UNAH y en Investigación Científica por la DICIHT-UNAH. Además, posee experiencia en el área de Ciencia, formulación y evaluación de proyectos agroindustriales, y Tecnología de Alimentos, con énfasis en desarrollo de productos agroindustriales.



Sandra Lorena Blandón Navarro: Es doctora en Ciencias de Ingeniería de Alimentos, Universidad de Sao Paulo (USP), Brasil (2016), con maestría en Procesamiento de Alimentos, Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Nicaragua (2009) y graduada de Ingeniería Química en la misma universidad (2003). Actualmente es Profesora titular de la UNI a nivel de grado y posgrado, en la carrera de Ingeniería agroindustrial y en la maestría en Procesamiento de Alimentos de la Facultad de Ingeniería Química (FIQ-UNI). Posee diplomados de Modelo Educativo Institucional (IPN-México), Educación Online (UOL-UNI, Managua, Nicaragua) y Estrategias de enseñanza y aprendizaje aplicadas a los estudios de alimentos (ISEKI FOOD-4 PROJECT, Atenas, Grecia). Además, posee experiencia en el área de Ciencia y Tecnología de Alimentos, con énfasis en desarrollo de productos, aprovechamiento de residuos de la agroindustria e ingeniería de separaciones.



Silvio Andrés Rojas Zambrana: Ingeniero Químico. Máster en Administración Pública con énfasis en Gerencia de Proyectos de Desarrollo. Docente de la Universidad Nacional de Ingeniería 1989-2019. Activo como tutor de trabajos de monografía en la Carrera de Ingeniería Química y en trabajos de Tesina de la Maestría en Procesamiento de Alimentos de la Facultad de Ingeniería Química (FIQ-UNI).