

Propiedades fisicoquímicas y sensoriales de harinas para preparar atole de amaranto

Elizabeth Contreras López, Judith Jaimez Ordaz, Griselda Porras Martínez, Luis Felipe Juárez Santillán, Javier Añorve Morga y Socorro Villanueva Rodríguez

Area Académica de Química, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Carretera, Pachuca, Hidalgo, México.
Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, Guadalajara, Jalisco México

RESUMEN. El atole es una bebida prehispánica mexicana tradicionalmente preparada con maíz; sin embargo cereales como el arroz y el amaranto también han sido usados empleados. El objetivo fue caracterizar las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de una harina para preparar una bebida (atole) a base de amaranto a fin de determinar su aporte nutricional. El análisis bromatológico del atole de amaranto y de las marcas comerciales (a base de maíz y arroz) fue realizado siguiendo las técnicas de la AOAC. El análisis de minerales se llevó a cabo mediante espectrofotometría de absorción atómica. La determinación de la viscosidad se realizó en un reómetro en un intervalo de temperatura de 25 a 90°C. El perfil descriptivo cuantitativo (QDA) del atole de amaranto fue determinado por un panel de 10 jueces entrenados. El atole de amaranto presentó un mayor contenido de proteína y grasa que los atoles de maíz y arroz. En general, sodio y potasio fueron los macrominerales más abundantes. Los atoles de maíz y arroz presentaron una viscosidad constante de 20 a 84°C, a partir de 85°C se observó un incremento importante de ésta; en el atole de amaranto se detectó este incremento a 75°C. Los descriptores definidos por los jueces entrenados para los perfiles descriptivos cuantitativos de los atoles de amaranto fueron: almidón, almendra/cereza, caramelo macizo, vainilla, fresa, nuez y chocolate. El atole de amaranto, respecto a los atoles de maíz y arroz, presentó el mejor perfil nutricional, destacando su aporte proteico.

Palabras clave: Atole, amaranto, *Amaranthus hypochondriacus*, harinas.

INTRODUCCION

En México, los *atoles* (bebidas a base de cereales) son alimentos tradicionales incluidos en el desayuno de una gran parte de la población. Al origen, estas bebidas eran preparadas por los aztecas empleando para ello el maíz; el arroz, y recientemente el amaranto ha sido utilizado para elaborar este tipo de alimentos.

El amaranto (*Amaranthus spp*) es un alimento con alto valor nutritivo, debido en parte a su contenido proteico (entre 13% y 16%) y a que presenta un balance adecuado de aminoácidos esenciales principalmente lisina, metionina y triptófano; aminoácidos que son deficientes en los demás cereales (1,2).

El consumo de amaranto se ha asociado a la prevención

SUMMARY. Physicochemical and sensory properties of flours ready to prepare an amaranth "atole". *Atole* is a Mexican prehispanic drink prepared traditionally with corn; however, cereals as wheat, rice and amaranth have also been used. The aim of this study was to determine the physicochemical and sensory properties of an amaranth flour to prepare a drink (*atole*) mentioned above, in order to determine its nutritive value. Proximate analysis of the amaranth, corn and rice drink flours was determined by means of official techniques of AOAC. Mineral content was carried out by atomic absorption spectrometry. Viscosity was measured in a reometer from 25 to 90°C. The quantitative descriptive profile (QDA) of the amaranth drink was studied by a trained panel of 10 judges. Results showed that the amaranth drink flour presented the highest protein and fat content compared to corn and rice drink flours. Sodium and potassium were the most abundant minerals in all flours studied. Corn and rice drink flours showed a constant viscosity from 20 to 84°C, to 85°C an important increase in this parameter was observed. This increase was detected in the amaranth drink flour to 75°C. Descriptors defined by trained judges for the QDA of the amaranth drink flours were: starch, almond/cherry, caramel, vanilla, strawberry, walnut and chocolate. The amaranth drink flour, compared to corn and rice drink flours, presented the best nutritional profile; it is important to emphasize its protein content.

Key words: Atole, amaranth, *Amaranthus hypochondriacus*, flour.

de problemas cardiovasculares, de diversos tipos de cáncer, de colesterol alto, antihipertensivo, entre otras (3). Recientemente ha sido estudiado el elevado potencial antioxidante de extractos lipofílicos de amaranto; actividad que es comparable con la observada en nueces y granos de otros cereales (4).

El desarrollo de productos a base de amaranto se presenta como una alternativa tecnológica importante para diversificar el uso actual del mismo, contribuyendo por un lado a ampliar el mercado para una materia prima de alto valor nutritivo y buena aceptabilidad. Por otro lado, el consumo de amaranto puede ayudar a combatir el hambre y desnutrición que padece una parte importante de los mexicanos, principalmente para aquellas regiones marginadas (5).

El estado de Hidalgo, lugar donde se realizó este estudio, es uno de los más afectados por la desnutrición ya que más de

mil comunidades viven en extrema pobreza y marginación. La Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) reflejó que, en Hidalgo, 16 de cada 100 niños menores de 5 años tienen baja talla (5). Así mismo, en un estudio realizado para determinar el estado nutricional de 400 escolares de 6 a 12 años de edad, de un municipio hidalguense, el 51% presentó desnutrición, el 31% presentó resultados normales y el 18% presentó sobrepeso y obesidad (6).

En una empresa ubicada en el estado de Hidalgo se desarrolló la formulación de una bebida en polvo de distintos sabores la cual utiliza al amaranto como ingrediente principal. Sin embargo, las propiedades nutricionales de este producto no han sido estudiadas. Es por esto que el objetivo de este estudio fue el de determinar la composición química y mineral de las harinas para elaborar atoles a base de amaranto a fin de determinar su valor nutritivo y compararlo con el de harinas comerciales para preparar atoles a base de maíz y arroz. Finalmente, se estudiarán las propiedades sensoriales de los atoles elaborados con las harinas de amaranto a fin de conocer su perfil descriptivo cuantitativo en donde se definirán los descriptores principales de esta bebida.

MATERIAL Y METODOS

Muestras

Las muestras de harinas para preparar atole a base de amaranto sabor chocolate, fresa y nuez, y algunos ingredientes de la formulación como la harina de amaranto reventado (amaranto que ha sido sometido a calor seco hasta que revienta), cacao y suscream (sustituto de crema a base de grasa vegetal) fueron proporcionadas por la empresa Manflow. Con fines comparativos se adquirieron harinas para preparar atole de maíz (marca Maizena) y arroz (marca Tres estrellas) sabores chocolate, fresa y nuez en una tienda de autoservicio.

Propiedades fisicoquímicas

Análisis proximal

Las determinaciones de humedad, proteína, grasa, fibra y cenizas se realizaron siguiendo las técnicas descritas en el AOAC (7). El contenido de carbohidratos se determinó por diferencia.

Análisis de minerales

El análisis de minerales, se llevó a cabo mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica, para lo cual la muestra (0.2-0.5g) se sometió previamente a una digestión ácida (10 mL de HNO₃ concentrado) en un microondas marca Marx-X con una potencia de 1200 W según el método diseñado por la compañía CEN (North Carolina USA) que consistió en tres etapas: las muestras alcanzaron una temperatura de 200°C en 7 min., se mantuvieron a esta temperatura duran-

te 10 min y se procedió a un enfriamiento de 5 min. El producto de la digestión, una vez que se ha enfriado, fue filtrado con ayuda de un embudo de plástico de tallo corto y de papel Whatman No. 42. El filtrado se aforó a 100 mL con ácido nítrico al 3%. En cada corrida se introdujo al menos un blanco, es decir un vaso con la misma cantidad de ácido y sin muestra. La lectura de los minerales de las muestras digeridas fue realizada en un Espectrofotómetro de Absorción Atómica (Varian) modelo SpectrAA.880, Simple introduction pump system (SIPS) (Varian) (8). Se prepararon estándares de los siguientes elementos: Ca (3 ppm), K (1.5 ppm), Mg (0.5 ppm), Na (1 ppm), Cr (5 ppm), Cu (4 ppm), Zn (1 ppm), Co (5 ppm) y B (1000 ppm). La mayoría de los elementos se prepararon a partir de un estándar de concentración conocida de la marca Solutions en una matriz nítrica con una pureza de 99.98 %. Todas las determinaciones se realizaron por triplicado.

Determinación de la viscosidad

Se utilizó un reómetro de esfuerzo controlado calibrado (TA INSTRUMENTS, AR 2000) con una geometría de cilindro concéntrico de doble pared (espacio anular interno: 0.19 mm, espacio anular externo: 0.415 mm y longitud del cilindro 59.50 mm). Se tomaron 7 mL de muestra (3 g de muestra disueltos en 15 mL de agua), previamente homogeneizada, y se colocaron en la geometría del equipo. Se realizó un precizamiento para mantener los sólidos en suspensión previo a las determinaciones de viscosidad. El equipo se programó para realizar determinaciones de viscosidad en función de la temperatura, en el intervalo de 25 a 90°C, a una velocidad de corte constante de 100 s⁻¹.

Análisis sensorial de los atoles de amaranto

Perfil descriptivo cuantitativo (QDA)

Previo a la construcción del perfil sensorial se seleccionó un grupo de 10 jueces expertos del Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ), los cuales previamente habían sido entrenados conforme a la norma ISO/General guidance for selection, training and monitoring of selected assessors (9). El primer paso para construir los perfiles sensoriales fue la generación de descriptores, éstos se produjeron una vez que los jueces probaron las muestras de atole de amaranto el cual fue preparado en agua según las instrucciones descritas. De la lista de descriptores propuestos se descartaron aquellos que eran redundantes, los que describían al producto por sí mismos y se eligieron aquellos que eran precisos y fiables, discriminantes, y los que se relacionaban con medidas instrumentales. Una vez seleccionados los descriptores, se prepararon referencias para algunos descriptores relacionados con el olor y el gusto.

Una vez preparadas las referencias, se les proporcionaron los atoles de amaranto sabor chocolate, fresa y nuez a los jue-

ces junto con la ficha de cata. El olor y la consistencia se evaluaron mediante una escala no estructurada de 16 cm. La escala utilizada para medir la consistencia constaba de alimentos en los extremos como estándares, los cuales representaban el grado de intensidad del atributo que estaba siendo medido.

Posteriormente, se procedió a cuantificar la intensidad del descriptor percibido por cada juez. De los datos obtenidos se determinó el promedio, desviación estándar y coeficiente de variación para cada juez. En base a esto se determinó qué descriptores formarían parte del perfil descriptivo cuantitativo, se eligieron aquellos cuyo coeficiente de variación fuera menor o igual a 60. Se especificó este coeficiente de variación ya que la reproducibilidad por parte de los jueces respecto a la intensidad percibida de cada descriptor fue baja. Finalmente, se realizó la representación gráfica del perfil sensorial en forma de tela de araña.

Análisis estadístico

En el análisis proximal cada determinación se realizó por triplicado. Se calculó la media, desviación estándar, posteriormente se aplicó el análisis de varianza (ANOVA) de dos vías y la prueba de comparación múltiple de Duncan (con un 95%

de confiabilidad) a fin de determinar el efecto del tipo de harina (amaranto, maíz y arroz de un mismo sabor) sobre la variable a medir. El programa empleado para este análisis fue el programa Statistica 6.0.

RESULTADOS

Los resultados de la composición proximal de las harinas de amaranto reventado, así como de las harinas para preparar atoles a base de amaranto maíz y arroz se presentan en la Tabla 1. El análisis estadístico realizado reveló diferencias significativas entre las muestras analizadas. Es importante resaltar que las harinas para preparar atole a base de amaranto presentaron un mayor porcentaje de proteína y grasa que las harinas para preparar atoles a base de maíz y arroz. Sin embargo, ninguna de las muestras superó el valor determinado para la harina de amaranto reventado (15.31%).

De manera general se puede decir que el macromineral más abundante en las harinas analizadas fue el sodio (Tabla 2). De los microminerales estudiados el que se encontró en menor proporción fue el cobalto (Tabla 3); cobre y zinc superaron en concentración a este elemento.

TABLA 1
Composición proximal de amaranto reventado y harinas para preparar atoles de amaranto, maíz y arroz (g/100g)

HARINAS PARA PREPARAR ATOLE DE AMARANTO						
Muestra	Humedad	Cenizas	Proteína	Grasa	Fibra	CHOS*
Amaranto reventado	4.62±0.30	2.64 ± 0.02	15.39 ± 0.06	4.34 ± 0.09	5.17 ± 0.07	72.46
Chocolate	3.36±0.07	1.11 ± 0.05	4.64 ± 0.20	1.37 ± 0.20	2.31 ± 0.63	90.57
Fresa	3.54±0.13	1.28 ± 0.05	4.73 ± 0.06	1.16 ± 0.01	0.69 ± 0.09	92.14
Nuez	3.64 ±0.04	1.18 ± 0.08	5.48 ± 0.00	1.17 ± 0.00	0.88 ± 0.03	91.29
HARINAS PARA PREPARAR ATOLE DE MAÍZ						
Chocolate	9.71±0.10	2.29 ± 0.06	2.92 ± 0.05	1.18 ± 0.16	0.35 ± 0.09	93.26
Fresa	11.07 ± 0.02	1.22 ± 0.15	1.29 ± 0.01	0.57 ± 0.18	0.19 ± 0.05	96.73
Nuez	11.15 ± 0.33	1.33 ± 0.08	1.34 ± 0.04	0.29 ± 0.01	0.08 ± 0.01	96.96
HARINAS PARA PREPARAR ATOLE DE ARROZ						
Chocolate	9.69 ± 0.08	2.27 ± 0.10	4.24 ± 0.05	0.58 ± 0.11	0.86 ± 0.02	92.05
Fresa	9.83 ±0.01	0.34 ± 0.04	2.83 ± 0.11	0.40 ±0.01	0.19 ± 0.01	96.24
Nuez	9.11 ± 0.09	0.48 ± 0.06	2.22 ± 0.05	0.21 ±0.01	0.17 ± 0.03	96.92

* Carbohidratos

TABLA 2
Contenido de macrominerales en amaranto reventado y harinas para preparar atoles de amaranto, maíz y arroz

Muestra	Macrominerales (mg/kg)			
	Calcio	Potasio	Magnesio	Sodio
Amaranto reventado	7885.15±80.85	6154.92±56.37	3008.62±50.02	20168.9±1529.81
Amaranto chocolate	2371.34±91.80	3244.57±2.47	536.13±0.56	20061.41±86.03
Amaranto fresa	2068.39±95.24	2889.81±194.95	614.54±26.92	16469.91±227.81
Amaranto nuez	2097.39±65.80	2673.21±20.99	511.26±2.79	15724.38±45.19
Maíz chocolate	1067.86±515.87	2285.16±19.08	592.13±2.36	407.66±40.17
Maíz fresa	1014.92 ±501.17	772.8±56.63	218.66±16.04	4280.75±306.08
Maíz nuez	772.35±14.55	710.76±0.68	194.14±0.69	4120.61±86.11
Arroz chocolate	1118.03±11.09	2974.61±73.44	671.43±2.95	28389.7±122.04
Arroz fresa	172.32±23.83	580.61±28.66	142.56±6.43	1862.29±166.72
Arroz nuez	251.24±2.37	615.56±20.64	161.01±5.37	1327.63±5.26

TABLA 3
Contenido de microminerales en amaranto reventado y harinas para preparar atoles de amaranto, maíz y arroz

Muestra	Microminerales (mg/kg)			
	Cobre	Cobalto	Zinc	Cromo
Amaranto reventado	46.21±1.97	0.74±0.13	29.21±1.78	10.92±1.06
Amaranto chocolate	18.69±1.10	0.50±0.12	16.56±0.25	12.63±0.90
Amaranto fresa	28.78±1.38	0.62±0.00	17.05±1.66	13.32±0.21
Amaranto nuez	22.17±1.52	0.75±0.13	25.37±2.31	14.46±0.65
Maíz chocolate	25.25±0.13	0.75±0.12	224.39±4.67	14.53±0.13
Maíz fresa	70.61±1.62	1.37±0.25	204.42±16.66	12.95±0.79
Maíz nuez	68.9±2.18	1.22±0.49	198.16±19.09	14.00±0.34
Arroz chocolate	61.07±3.37	1.74±0.13	28.14±0.51	14.77±10.03
Arroz fresa	58.67±4.23	0.99±0.37	24.88±1.83	14.13±0.10
Arroz nuez	43.01±3.07	0.50±0.12	37.59±2.43	13.96±0.50

Los atoles a base de amaranto, maíz y arroz mostraron una viscosidad similar de 25 a 75°C (<20cP). Sin embargo, después de alcanzar los 75°C en el atole de amaranto se observó un incremento importante de la viscosidad (>130cP); este mismo comportamiento se observó en los atoles de maíz y arroz a 85 y 90°C, respectivamente.

La Tabla 4 presenta la lista de descriptores definidos por el panel entrenado de jueces. De manera general se pudo observar que en los perfiles descriptivos cuantitativos de los atoles de amaranto (Figuras 1,2 y 3) se detectaron otros descriptores de sabor además del saborizante principal (chocolate, fresa o nuez) empleado en la preparación de dichos atoles. Tal fue el caso del atole de fresa en el cual se detectó en la misma intensidad la fresa y el descriptor almendra/cereza. En las tres muestras de atole de amaranto sabores chocolate, fresa y nuez el panel entrenado determinó una consistencia en boca similar.

DISCUSION

Análisis proximal

La NOM-147-SSA1-1996 para harinas de cereales establece un límite de humedad de 15%, todas las muestras estudiadas presentaron porcentajes de humedad diferentes sin embargo estos se encontraron por debajo de dicho valor, principalmente las de amaranto; la variación observada pudo estar influenciada por las condiciones ambientales, el estado de madurez del grano y por las condiciones de almacenamiento (10,11). Una temperatura constante y un contenido de humedad homogéneo de 10%-12% durante el almacenamiento de los cereales es satisfactorio, sin embargo si se propician oscilaciones de 0.5%-1.0% de humedad se puede ocasionar la proliferación lenta y progresiva de hongos (12) así como el desarrollo de insectos (13).

TABLA 4
 Descriptores generados por el panel de jueces entrenados para los atoles de amaranto sabor chocolate, fresa y nuez

Descriptores	Atole de amaranto sabor chocolate	Atole de amaranto sabor fresa	Atole de amaranto sabor nuez
Olor	Almidón	Almidón	Almidón
	Chocolate	Fresa	Nuez
	Almendra/cereza	Almendra/cereza	Almendra/cereza
	Frijol		
	Caramelo macizo	Caramelo macizo	Caramelo macizo
	Canela	Azufrado	Maíz
	Cereal	Vainilla	Semilla
	Vainilla		Vainilla
	Lácteo		
	Gusto	Dulce	Dulce
Aroma	Chocolate	Fresa	Nuez
	Vainilla	Lácteo	Lácteo
	Caramelo	Semilla	Masa
	Masa	Almidón	Cacahuete
	Fruta fermentada		

FIGURA 1

Perfil descriptivo cuantitativo del atole de amaranto sabor chocolate



FIGURA 2

Perfil descriptivo cuantitativo del atole de amaranto sabor fresa

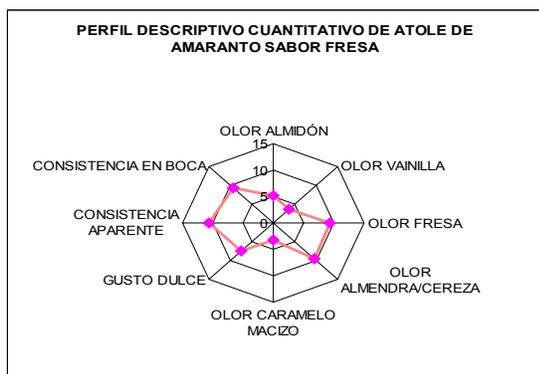


FIGURA 3

Perfil descriptivo cuantitativo del atole de amaranto sabor nuez



La harina de amaranto reventado con la que se elabora el atole de amaranto analizado presentó un contenido de cenizas similar al reportado en la literatura (2.6%-4.4%) (14). Sin embargo, todas las harinas para preparar atole de amaranto, maíz o arroz presentaron valores inferiores, lo que podría explicarse por la proporción de harina y/o almidón de cada cereal presente en los atoles.

Las harinas de atole de amaranto presentaron un mayor porcentaje de proteína que las de maíz y arroz lo que podría deberse a que ambas son elaborados principalmente con fécula de maíz (almidón); en el de amaranto se incluye este cereal en donde se determinó un alto contenido proteico acorde al reportado en la literatura (15.2%-17.8%) (14). El valor proteico de estas harinas se puede atribuir a la leche utilizada

en su preparación más que a la harina propiamente, contrario a los atoles de amaranto, cuyo valor nutricional es elevado, independientemente de su preparación con agua o leche.

En general, todas las harinas para elaborar atole de amaranto, independientemente del sabor, presentaron valores similares en el contenido de grasa y superiores al resto de las muestras, esto es atribuido a que para su elaboración se utiliza principalmente harina de amaranto reventado. Este valor concuerda con lo reportado (0.8%- 8%) para todas las especies de amaranto (16), sin embargo, es inferior a los reportados por Bressani en 1994 (8.8%-12.1%) (14). Otro factor que podría haber contribuido es la presencia de un sustituto lácteo (suscream) en las harinas para preparar atole de amaranto y en el caso de la harina sabor chocolate, la utilización de cacao en su formulación.

A pesar de que se obtuvieron porcentajes relativamente altos en carbohidratos para las harinas de amaranto, pero menores que las harinas para preparar atole de maíz y arroz, tiene sus ventajas dado que los carbohidratos de acuerdo a la Organización Mundial para la Agricultura y la alimentación (FAO) son la principal fuente de energía, además de que el almidón contenido en la semilla de amaranto es fácilmente digerible (17).

Análisis de minerales

Macrominerales

El contenido de potasio determinado en la harina de amaranto reventado resultó inferior al reportado en 1997 por Mujica y Berti (8000 mg/kg) (18), lo que podría deberse a la especie y variedad del amaranto estudiado. Resulta interesante destacar que las harinas para preparar atole sabor chocolate, a base de maíz y arroz, presentaron un mayor contenido de este mineral que sus homólogos sabor fresa y nuez, esto podría atribuirse al cacao en polvo, ya que a ésta fórmula se le adicionan algunos aditivos como carbonato ácido de sodio, potasio o amonio (regulador de la acidez); carbonato de sodio, potasio o amonio (base); hidróxido de sodio, potasio o amonio (base y disolvente) y carbonato u óxido de magnesio (agente anti-apelmazante) como lo establece la norma NMX-F-054-1982 (19), con lo cual podría incrementarse el contenido de potasio para las harinas sabor chocolate de maíz y arroz.

Con respecto al calcio, algunos estudios han reportado valores de 1300 a 2050 mg/kg de calcio para harina integral de amaranto (18,20) y un valor de 2877.26 mg/kg de calcio para amaranto tostado. La harina de amaranto reventado analizada en este estudio presentó aproximadamente cuatro veces más calcio que el valor máximo arriba mencionado y que el de las harinas para preparar atole a base de amaranto (de todos los sabores estudiados). Las harinas para preparar atole de maíz y arroz presentaron valores inferiores, siendo las de menor contenido de calcio, las harinas a base de arroz sabor fresa y nuez; esto a pesar de estar enriquecidos con

vitaminas y algunos minerales como hierro y calcio según se indica en su etiqueta. Los valores determinados en dichas harinas no cubren el requerimiento diario de calcio recomendado (1000 a 1200 mg) (21) por si solas, sin embargo, debe tomarse en consideración que estos atoles se preparan con leche por lo que su valor nutrimental se incrementa. Una de las ventajas de la harina para preparar atole a base de amaranto es que debido a su alto contenido de calcio no necesita ser preparado con leche para cubrir la dosis diaria recomendada (DDR).

La harina de amaranto reventado presentó la mayor concentración de magnesio, sin embargo este valor está por debajo del valor reportado por Bressani (14) y que es de 342 g/kg para el amaranto. Es importante resaltar que en las harinas para preparar atole de sabor chocolate de maíz y de arroz, se determinaron cantidades superiores de magnesio en comparación con sus homólogos sabor fresa y nuez; una posible explicación sería el cacao en polvo añadido a las harinas, ya que se le pueden encontrar algunos compuestos como carbonato u óxido de magnesio, con lo cual se incrementaría la cantidad de magnesio presente en las harinas. Con estos resultados se puede decir que las harinas para preparar atole de amaranto representan una fuente importante de magnesio, ya que cumplen con las DDR para hombres y mujeres adultos cuyos valores oscilan entre 400-420mg y de 310-320 mg, respectivamente (21).

Cabe resaltar que la harina para preparar atole de arroz sabor chocolate presentó la mayor concentración de sodio, dicho resultado podría ser explicado por el sodio y otros minerales que son adicionados a éstas harinas a fin de enriquecerlas. El valor encontrado para la harina de amaranto reventado fue similar al reportado por Bressani (14) (23,000 mg/kg). El contenido de sodio determinado en las harinas para preparar atole de amaranto y de arroz sabor chocolate rebasó las DDR (500-3000 mg) (21).

Microminerales

Las harinas para preparar atole de maíz, en sus diferentes sabores, presentaron elevadas concentraciones de zinc y cobre, esto puede deberse a que estas harinas son fortificadas debido a que durante la refinación y molienda de los cereales algunos de los minerales como el hierro, zinc y cobre se pierden (15). Las harinas para preparar atole a base de amaranto cumplen con la DDR de Zn (15mg), Cu (1.5-3mg) y Cr (50-200mg) a pesar de que no son fortificados con vitaminas o minerales. En general, se detectaron bajas concentraciones de cobalto; ninguna harina cumple con los requerimientos recomendados (2.5 mg de vitamina B₁₂) (21).

Viscosidad

Los atoles de amaranto, maíz y arroz sabor chocolate mostraron un comportamiento similar de 25 a 75°C, intervalo

en donde no se observó ningún cambio importante en la viscosidad. Resulta interesante destacar que el atole de amaranto mostró una viscosidad más elevada que los atoles de maíz y arroz a todas las temperaturas estudiadas. Después de alcanzar los 75°C el atole de amaranto presentó un aumento importante en la viscosidad, en los atoles de maíz y arroz dicho incremento se observó a 85°C y 90°C, respectivamente; esto podría ser atribuido a la naturaleza de los almidones, cuya proporción de amilosa y amilopectina es diferente en cada cereal y determina sus propiedades fisicoquímicas (10,22). Todos los atoles estudiados alcanzaron una viscosidad máxima a una temperatura aproximada de 98°C, sin embargo, fue el atole de amaranto el que presentó una mayor viscosidad (132cP) en comparación con los atoles de maíz (90cP) y arroz (102cP).

En el caso de los atoles de amaranto, maíz y arroz sabor fresa se observó el mismo comportamiento que en los atoles sabor chocolate, es decir, ningún cambio en la viscosidad entre 25 y 75°C. Sin embargo, a partir de 75°C, el atole de amaranto presentó una elevación en la viscosidad alcanzando un valor final de 185cP a 98°C; resultado superior al alcanzado por el atole sabor chocolate. Esta diferencia podría deberse a que la proporción de los ingredientes es diferente para cada sabor. Los atoles de maíz y arroz tuvieron un comportamiento similar a todas las temperaturas estudiadas, sólo se observó una diferencia en la viscosidad final, en donde el atole de maíz alcanzó un valor de 135cP y el de arroz de 142cP.

El comportamiento de la viscosidad para el atole de amaranto sabor chocolate y fresa podría atribuirse principalmente al tamaño de los gránulos de almidón, ya que a gránulos más pequeños mejor poder de hinchamiento y una mayor capacidad de retención del agua. El tamaño del gránulo de almidón del amaranto es de 1×10^6 nm (22), siendo el de menor tamaño en comparación con el de maíz (15nm) y arroz (3-8nm). Cuando los gránulos de almidón están en contacto con el agua y se eleva la temperatura trae como consecuencia un incremento en el tamaño de los gránulos ya que se hinchan por el agua contenida en ellos, y con esto se incrementa la viscosidad (10).

Análisis sensorial

Construcción del perfil sensorial

Los descriptores generados por los jueces y seleccionados fueron clasificaron en 3 tipos: descriptores de olor, de gusto y consistencia. Respecto a los descriptores de olor para los atoles sabor chocolate y nuez el principal descriptor fue chocolate (Gráfica 1) y nuez (Gráfica 3), respectivamente. Sin embargo, en el atole de amaranto sabor fresa (Gráfica 2), almendra/cereza fue el principal descriptor seguido del olor a fresa, esto demuestra una deficiencia en la formulación pues se esperaba que el descriptor predominante fuera fresa al ser este el sabor del atole analizado. En los atoles de amaranto sabores

chocolate, fresa y nuez el único gusto percibido fue el dulce, con una intensidad mayor en el caso del atole sabor fresa. En general, los valores otorgados a la consistencia en boca y aparente fueron superiores al resto de atributos evaluados, principalmente en los atoles de amaranto sabores chocolate y fresa.

Finalmente, las harinas para preparar atole a base de amaranto presentan ventajas nutricionales con respecto a las harinas elaborados con maíz y arroz ya que posee un mayor contenido de proteína, grasa y minerales. Esto a pesar de que las harinas para preparar atoles a base de arroz y maíz son fortificadas con algunas vitaminas y minerales. Sin embargo, los perfiles descriptivos cuantitativos de los atoles analizados parecen indicar que la harina de amaranto con la que se elaboran les confiere propiedades sensoriales similares, lo cual indica una deficiencia en las formulaciones en cuanto al sabor/olor/aroma y consistencia en boca y aparente.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto fue realizado gracias al apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH).

REFERENCIAS

1. (INTI) Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Desarrollo e Innovación Tecnológica. Alimentos. 5ª Jornada de desarrollo e innovación; 2004.
2. (FAO) Food and Agricultural Organization. Manual sobre utilización de cultivos andinos subexplotados en la alimentación. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile; 2000.
3. Silva SC, Barba RAP, León GMF, Lumen BO, León RA, González ME. Bioactive peptides in amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) seed. J. Agric. Food Chem.; 56: 1233-1240, 2008.
4. Tikekar RV, Ludescher RD, Karwe MV. Processing stability of squalene in amaranth and antioxidant potential of amaranth extract. J. Agric. Food Chem.; 56, 10675-10678, 2008.
5. (ENSANUT) Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) Hidalgo, Instituto Nacional de Salud Pública. Secretaría de Salud, México, 2006.
6. Castañeda RE, Molina NM, Hernández JC. Estado nutricional de escolares en una población del estado de Hidalgo, México. Revista de Endocri. Nutr.; 10(4): 201-205, 2002.
7. (AOAC) Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist. Published by AOAC, Inc. Helrich K (editor). 15th edition, Arlington; Vol. I and II. 17-18, 40-62, 69-83, 1012, 1990.
8. Analytical methods flame atomic absorption spectrometry, Mulgrave: Australia; 1989. p. 10-73, 1989.
9. (ISO) Organización Internacional de estandarización. General guidance for selection, training and monitoring of selected assessors. ISO/DIS 8586:1993.

10. Hosney RC. Principios de Ciencia y Tecnología de los cereales. España; 1991.
11. Norma Oficial Mexicana NOM-147-SSA1-1996. Bienes y servicio. Cereales y sus productos. Harinas de cereales, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales.
12. Fernández EE. Microbiología e inocuidad de los alimentos, Universidad Autónoma de Querétaro, México; 2000.
13. Acuña S. 2007. Harinas para procesos de panificación. I parte. Proyecto alimentos: web de Ciencia, Tecnología e Ingeniería en Alimentos [En línea]. Disponible en: <http://www.proyectodealimentos.com>. Consultado el 2 de julio del 2008.
14. Bressani R. Composition and Nutritional Properties of Amaranth. In: Amaranth biology, chemistry and technology. Paredes LO, editor. México: Instituto Politécnico Nacional; p. 185-187, 1994.
15. Serna SO. Química, almacenamiento e industrialización de los cereales. Departamento de tecnología de alimentos ITESM campus Monterrey, México; p. 4-5, 47-63 y 68-73, 2001.
16. Becker R. Amaranth Oil: composition, processing and nutritional qualities. In: Amaranth biology, chemistry and technology. Paredes LO, editor. México: Instituto Politécnico Nacional; p. 133-139, 1994.
17. Barros C, Buenrostro M. Amarantho fuente maravillosa de sabor y salud. Grijalbo: México; p. 15, 73-76 y 87-93, 1997.
18. Mujica SA, Berti DM. El cultivo del amaranto (*Amaranthus* spp.): producción, mejoramiento genético y utilización. FAO; 1997.
19. Norma Mexicana NMX-F-054-1982. Productos alimenticios para uso humano. Cacao parcialmente desgrasado en polvo (cocoa). Foods products for human use. Cocoa powder.
20. Dyner L, Drago SR, Pineiro A. *et al.* 2007. Composición y aporte potencial de hierro, calcio y zinc de panes y fideos elaborados con harinas de trigo y amaranto. Arch Latinoamer Nutr. [En línea]. vol. 57, no.1. Consultada el 31 de Julio del 2008. Pp. 69-78. Disponible en: http://www.scielo.org/ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222007000100010&lng=en&nrm=iso. ISSN 0004-0622.
21. Anderson, BJJ. 2001. Minerales. En: Mahan KL, Escott-Stump S, editores. Nutrición y Dietoterapia de Krause, Estados Unidos de Norteamérica: Mc Graw Hill; p. 121-162, 2001.
22. López GM, Bello PLA, Paredes LO. 1994. Amaranth Carbohydrates. In: Paredes LO, editor. Amaranth biology, chemistry and technology. México: Instituto Politécnico Nacional; p. 110-111, 1994.

Recibido: 06-08-2009

Aceptado: 21-11-2009