

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

Unidad Xochimilco

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

Licenciatura en Nutrición Humana

Alumna: Anayeli García Fonseca

Matrícula: 2132037017

Periodo y Lugar de realización

Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco (UAM-X), Laboratorio de análisis instrumental, en el periodo comprendido del 13 de Mayo al 13 de Diciembre del 2019.

INFORME FINAL DEL PROYECTO:

“COMPARACIÓN DE AQP ENTRE MAÍZ CRIOLLO Y MAÍZ BLANCO COMERCIAL”

Asesor interno: M en CA. María de Lourdes Ramírez Vega

Asesor externo: Dr. Rutilio Ortiz Salinas

Introducción

El maíz ha sido la columna de la alimentación en México, es el cultivo más representativo tanto cultural, social y económicamente con un consumo *per capita* de 196.4 kg/año. Específicamente el maíz blanco es el más consumido con un 86.94% del total de la producción y consumo, sin embargo, se conocen al menos 59 razas de maíz nativo en México (SAGARPA, 2016).

El aumento en el consumo de maíz blanco se debe a la mejora del grano, esto se logra a través de la mezcla de genes, con la intención de aumentar la producción volviéndola más eficiente, ofertando granos que requieren una menor inversión económica para los cuidados y un menor tiempo para su recolección, por lo tanto, se logra un grano más accesible a la población (Salinas, 2012).

Esta situación ha generado una baja en el consumo de los maíces criollos presentes en México, dado que es más caro de producir y el proceso de cultivo es más largo. Sin embargo, la importancia del maíz en nuestro país no solo es económica, el maíz es la base de la alimentación en sus diversas expresiones, por lo que el valor nutritivo de este es sumamente importante y es necesario apreciar todas las razas y variedades de maíz tomando en cuenta factores como el valor ambiental, cultural y comercial de cada uno de ellos para su consumo humano (Salinas, 2012).

Para el maíz blanco existe la norma NMX-FF-034-1995 que indica los parámetros físicos necesarios, caso contrario sucede con los maíces criollos al no tener una norma o parámetros que definan su calidad, esto genera una problemática al momento de enaltecer sus cualidades y lograr con ello un mayor consumo. Por lo que el objetivo del trabajo es describir las características químicas de maíces criollos del oriente del estado de México para evaluar su calidad y su posible uso industrial, con ello fomentar la conservación dentro de la nutrición humana.

Objetivos

Objetivo general

- Determinar la composición química (AQP) de maíces criollos provenientes del oriente del estado de México y compararlo con el maíz blanco comercial.

Objetivos específicos

- Determinar el contenido de proteína, lípidos, fibra, cenizas, humedad y extracto libre de nitrógeno en maíz criollo rojo y azul.
- Describir los resultados de AQP del maíz criollo rojo y azul.
- Comparar los resultados de AQP de los maíces criollos con los especificados para maíz blanco en la norma NMX-FF-034-1995.

Metodología

Se analizaron 23 muestras de maíz criollo (azul y rojo) procedentes de diferentes agricultores de la zona oriente del estado de México. Los granos evaluados fueron procedentes de dos temporadas de cosechas las cuales se identificaron como muestreo 1 (2017) y muestreo 2 (2018). Los granos fueron clasificados por color y por agricultor. A cada muestra se le realizaron determinación de AQP con técnicas tomadas de la AOAC 2010.

Determinación de humedad

Para la determinación de humedad se pesaron 100 g de grano entero limpio, los cuales fueron colocados en una estufa a 60°C por 24 horas. Se realizó el pesado de la muestra y se determinó primero el peso del agua evaporada. Se molieron todas las muestras para las siguientes determinaciones.

Determinación de nitrógeno total y proteína cruda

La determinación de proteína cruda se realizó en una máquina Kjeldhal, donde se pesó 1 g de muestra y se colocó dentro de un matraz Kjeldhal con 10 g de mezcla catalizadora, 25 ml de ácido sulfúrico concentrado y 7 perlas de vidrio. El matraz se

llevó a la parrilla del digestor y fue retirado del calor cuando se tornó color verde esmeralda y fue colocado en la campana de extracción, se adicionaron 300 ml de agua destilada, gránulos de zinc y 100 ml de hidróxido de sodio al 35%, esto se llevó al destilador para obtener 250 mL de destilado. Un matraz Erlenmeyer que contenía 30 mL de ácido bórico y 3 gotas de indicador de proteínas se colocó en el destilador para obtener 250 ml. Finalmente se con una solución de ácido clorhídrico 0.1 N, hasta que adquirió una tonalidad rosa pálido.

Determinación de grasa cruda

La determinación de grasa cruda se realizó en un equipo Goldfish. Se pesó 2 g de muestra en un papel filtro que se colocó dentro de un cartucho de celulosa y a su vez este en un portacartucho. Se pesó un vaso goldfish y se le agregó $\frac{1}{4}$ de vaso de éter de petróleo y se montó el equipo. Se tomó un tiempo de 4 horas a partir de que cayó la primera gota del condensado. Al finalizar, se retiró el portacartucho y se colocó el vaso recuperador de éter y se guardó la muestra desgrasada para la determinación de fibra. Una vez recuperado el éter se retiró el vaso del equipo y se colocó en la estufa a 100°C por 5 minutos, y posteriormente, se dejó enfriar en el desecador para finalmente ser pesado.

Determinación de fibra cruda

Se comenzó con la digestión ácida, pesando 1 g de muestra seca desgrasada y se puso en un vaso de Berzelius junto con 200 mL de ácido sulfúrico al 0.255 N y se colocó en el digestor, y por 30 minutos se mantuvo la ebullición. Al término se retiró el vaso y se filtró al vacío en tela de algodón empleando 300 mL de agua caliente.

Posteriormente se realizó la digestión alcalina, se regresó la muestra al vaso Berzelius con ayuda de una espátula y de 200 ml de hidróxido de sodio al 0.313 N. Se colocó el vaso con la muestra en el digestor para repetir el paso de la digestión, al terminó se volvió a filtrar y se enjuago con 300 mL de agua caliente, se retiró la tela con la muestra para ser secada durante 20 minutos a una temperatura de 60°C y posteriormente retirada de la tela y colocada en un crisol a a peso constante para

ser pesado. Posteriormente se somete a calcinar en la mufla a 550° C por 2 horas. Se dejan enfriar y se pesan.

Determinación de cenizas totales

Para la determinación de las cenizas totales se pesó un crisol previamente enfriado para después agregarle 1 g de muestra. Se llevó a incinerar la muestra en una mufla a 600°C durante 2 ½ horas. Al término del tiempo se retiró el crisol de la mufla y se colocó en el desecador para enfriarlo y su posterior pesado.

Determinación de extracto libre de nitrógeno (ELN)

El Extracto Libre de Nitrógeno se calculó de forma indirecta mediante un cálculo aritmético.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el programa de Office Excel y el programa IBM SPSS Statistics 22. Donde se agruparon los maíces por agricultor y época de cosecha obteniendo las estadísticas descriptivas donde se registró el promedio de ambos muestreos y se comparó con los datos existentes para maíz blanco. En el programa IBM SPSS Statistics 22 se realizó la descripción de los mismos agrupando los datos según el color de maíz y la etapa de recolección (Rojo 2017, Azul 2017, Rojo 2018, Azul 2018 y Maíz blanco) obteniendo así la media, la varianza y las desviaciones estándar de cada grupo.

Se realizó una prueba T-Student para comprobar la relación significativa entre los grupos comparando cada uno contra el resto de los datos. Y finalmente, una comparación múltiple de los datos a partir de una prueba de ANOVA para apreciar la homogeneidad de varianzas, si este era homogéneo se emplearía la prueba de Tukey y de no cumplir la homogeneidad se aplicaría la prueba de Dunnett.

Actividades realizadas, Objetivos y metas alcanzadas

OBJETIVO	ACTIVIDAD REALIZADA	META ALCANZADA
Recopilación de marco teórico	Recopilación de información	Contexto teórico de los parámetros para maíz blanco y de estudios realizados sobre maíz criollo en México.
Determinar la composición química (AQP) de maíces criollos	Determinación AQP de humedad	Tabla de resultados para 23 muestras de maíz criollo (12 maíz rojo y 11 maíz azul) realizadas por duplicado.
	Determinación AQP de proteínas	
	Determinación AQP de lípidos	
	Determinación AQP de fibra	
	Determinación AQP de cenizas	
	Determinación AQP de ELN	

<p>Describir resultados de AQP para maíz azul y rojo</p>	<p>Pruebas estadísticas</p>	<p>Se describió el comportamiento de las muestras de maíz y se realizaron tablas comparativas entre el parámetro existente para maíz blanco comercial y los resultados de maíz.</p>
<p>Análisis de resultados</p>	<p>Pruebas estadísticas</p>	<p>Se encontraron diferencias significativas en todos los parámetros específicamente en humedad y fibra.</p>
	<p>Recopilación de información</p>	<p>Se buscaron artículos en los que se hubieran realizado determinaciones de AQP para maíces criollos y se compararon con los resultados de nuestro estudio para realizar la discusión y posteriormente las conclusiones del trabajo.</p>

Resultados

Parámetros de AQP para maíz criollo vs. Maíz blanco comercial

En la tabla 1 se aprecia la comparación de los parámetros obtenidos de AQP entre el maíz criollo a partir del agricultor, por color y por muestreo de las dos colectas (2017 y 2018). Así como los valores del maíz blanco comercial (referencia) reportados por Rouf Shah et al. (2016).

Los valores de referencia asociados a la humedad (Tabla 1) son superiores a los que se obtuvieron en el maíz criollo, siendo el maíz azul perteneciente al agricultor *M* el que contiene una mayor cantidad de humedad, los valores registrados en las siguientes columnas nos permiten observar las diferencias de promedios entre maíz blanco, rojo y azul.

Tabla 1. Comparación de porcentaje de humedad en 100g de muestra

HÚMEDAD							
Tipo maíz	Productor	Muestra 1 (M1)		Muestra 2 (M2)		Maíz Blanco (MB)	Promedio M1 y M2 (PM)
Rojo	A	4.10		3.40		10.23	3.75
Rojo	B	4.40		3.25			3.83
Rojo	C	4.30		ND			4.30
Rojo	D	3.80		3.75			3.78
Rojo	E	3.75		3.05			3.40
Rojo	F	ND		3.15			3.15
Rojo	G	ND		3.45			3.45
Azul	H	3.90		3.60			3.75
Azul	I	3.90		3.50			3.70
Azul	J	3.90		3.55			3.73
Azul	K	3.70		ND			3.70
Azul	L	3.70		3.45			3.58
Azul	M	3.75		6.30			5.03
Azul	N	ND		3.65			3.65
Promedio Maíz rojo (PMR)		4.07		3.34		10.23	3.71
Desviación estándar Maíz rojo		0.29		0.25		*	*
Intervalo de valores		3.75	4.40	3.05	3.75	*	*
Promedio Maíz azul (PMA)		3.81		4.01		10.23	3.91
Desviación estándar		0.10		1.12		*	*
Intervalo de valores		3.70	3.90	3.45	6.30	*	*

ND: No determinado

M1= Muestreo 2017

M2=Muestreo 2018

*= No aplica

En la tabla 2, los valores correspondientes de proteína, el productor E obtuvo los valores más altos, que superan al valor de referencia para proteína, con una diferencia de 0.3309, sin embargo, en cuanto al promedio de maíz criollo rojo y azul en ambos muestreos, se encuentran por debajo del valor de referencia.

Por otro lado, se encuentran diferencias entre el muestreo 1 (2017) y el muestreo 2 (2018), lo que supone que podría deberse a las condiciones que presentó cada muestreo, ya que, en el primer muestreo las condiciones climatológicas fueron óptimas a diferencia del segundo muestreo. Esto también fue observado en un estudio realizado por Salinas Moreno (2012), donde analizaron la composición físico-química de distintos maíces criollos, principalmente en el caso de proteínas y grasas. Los resultados de dicho análisis demostraron que el aporte nutricional del grano está influido por la región geográfica, condiciones climatológicas y la raza del maíz.

Tabla 2. Comparación de porcentaje de proteínas base seca

PROTEÍNAS							
Tipo maíz	Productor	Muestra 1 (M1)		Muestra 2 (M2)		Maíz Blanco (MB)	Promedio M1 y M2 (PM)
Rojo	A	8.05		8.28		8.84	8.16
Rojo	B	8.23		8.04			8.13
Rojo	C	8.37		ND			8.37
Rojo	D	8.28		7.74			8.01
Rojo	E	9.17		8.86			9.01
Rojo	F	ND		8.51			8.51
Rojo	G	ND		8.11			8.11
Azul	H	7.86		8.22			8.04
Azul	I	8.57		8.48			8.53
Azul	J	8.15		8.27			8.21
Azul	K	7.87		ND			7.87
Azul	L	8.04		7.89			7.97
Azul	M	7.83		8.19			8.01
Azul	N	ND		7.88			7.88
Promedio Maíz rojo (PMR)		8.42		8.26		8.84	8.34
Desviación estándar Maíz rojo		0.44		0.39		*	*
Intervalo de valores		8.05	9.17	7.74	8.86	*	*
Promedio Maíz azul (PMA)		8.05		8.16		8.84	8.10
Desviación estándar		0.28		0.23		*	*
Intervalo de valores		7.83	8.57	7.88	8.48	*	*

ND: No determinado

M1= Muestreo 2017

M2=Muestreo 2018

*= No aplica

En la tabla 3, se aprecian los valores de las grasas donde el promedio más alto fue en el muestreo 1 en comparación del muestreo 2, lo cual refuerza lo antes mencionado por Salinas Moreno (2012).

Por otro lado, el promedio para el muestreo 1 de maíz azul se encuentra por arriba de los valores de referencia, esto también se observó en un estudio de Castañeda-Sánchez (2011), donde encontró un aporte alrededor del 5% de grasas, teniendo la mayor parte localizada en el grano con un 84% y el resto en el endospermo con un 16%. Menciona que dentro de ese aporte de grasas, se encuentran un aporte importante de antioxidantes a diferencia del maíz típico donde no se observan, ya que, muchos de estos antioxidantes se encuentran en los pigmentos del maíz azul.

Sin embargo, al comparar los promedios de ambos muestreos frente a los valores de referencia se puede observar que se obtiene una cantidad menor de grasas en los maíces criollos, esto repercute en la calidad nutricional, ya que, como lo menciona Guillén-Sánchez (2014), los maíces criollos, en su caso los morados contienen propiedades nutritivas esenciales como lo son las antocianinas y los compuestos fenólicos con función antioxidante y anticancerígena que están relacionados directamente con el contenido de grasas y pigmentos.

Tabla 3. Comparación de porcentaje de lípidos base seca

GRASAS							
Tipo maíz	Productor	Muestra 1 (M1)		Muestra 2 (M2)		Maíz Blanco (MB)	Promedio M1 y M2 (PM)
Rojo	A	4.35		3.19		4.57	3.77
Rojo	B	4.50		4.92			4.71
Rojo	C	4.28		ND			4.28
Rojo	D	4.29		3.63			3.96
Rojo	E	4.30		4.73			4.51
Rojo	F	ND		4.33			4.33
Rojo	G	ND		4.53			4.53
Azul	H	4.15		4.66			4.41
Azul	I	5.10		4.51			4.81
Azul	J	4.47		3.77			4.12
Azul	K	4.46		ND			4.46
Azul	L	5.10		3.03			4.06
Azul	M	4.88		3.72			4.30
Azul	N	ND		2.57			2.57
Promedio Maíz rojo (PMR)		4.34		4.22		4.57	4.28
Desviación estándar Maíz rojo		0.08		0.66		*	*
Intervalo de valores		4.10	4.30	3.08	4.76	*	*
Promedio Maíz azul (PMA)		4.69		3.71		4.57	4.20
Desviación estándar		0.38		0.79		*	*
Intervalo de valores		3.99	4.91	2.47	4.49	*	*

ND: No determinado

M1= Muestreo 2017

M2=Muestreo 2018

*= No aplica

En la tabla 4, los valores relacionados al contenido de fibra se muestran para el maíz azul más elevados en comparación del maíz rojo, sin embargo, ambos se encuentran por debajo del valor de referencia, esto podría deberse a que como lo argumenta Cirilo (2003) las técnicas de producción y el manejo incorrecto de un grano al momento del cultivo puede influir en su calidad nutricional, mermando hasta en un 2% los nutrientes esenciales del grano.

Sin embargo, Coutino (2008) comenta que los maíces criollos son de los cereales más ricos en fibra y que su concentración mayor se encuentra en el pericarpio y en las paredes celulares del endospermo, aunque ciertos factores como la genética, el clima y la altura afectan el contenido de fibra.

Tabla 4. Comparación de porcentaje de fibra base seca

FIBRA							
Tipo maíz	Productor	Muestra 1 (M1)		Muestra 2 (M2)		Maíz Blanco (MB)	Promedio M1 y M2 (PM)
Rojo	A	1.63		1.64		2.15	1.63
Rojo	B	1.67		1.52			1.59
Rojo	C	1.92		ND			1.92
Rojo	D	1.46		1.29			1.37
Rojo	E	1.34		1.30			1.32
Rojo	F	ND		1.13			1.13
Rojo	G	ND		1.52			1.52
Azul	H	1.51		1.94			1.73
Azul	I	1.90		2.24			2.07
Azul	J	1.16		1.44			1.30
Azul	K	1.76		ND			1.76
Azul	L	1.60		1.99			1.80
Azul	M	1.37		0.91			1.14
Azul	N	ND		1.62			1.62
Promedio Maíz rojo (PMR)		1.60		1.40		2.15	1.50
Desviación estándar Maíz rojo		0.21		0.19		*	*
Intervalo de valores		1.29	1.84	1.09	1.58	*	*
Promedio Maíz azul (PMA)		1.55		1.69		2.15	1.62
Desviación estándar		0.26		0.47		*	*
Intervalo de valores		1.12	1.83	0.85	2.16	*	*

ND: No determinado

M1= Muestreo 2017

M2=Muestreo 2018

*= No aplica

En la tabla 5 se observa mayor cantidad de cenizas superiores en los maíces criollos en comparación al valor de referencia para maíz blanco comercial, siendo casi el doble la cantidad encontrada para el maíz azul y el maíz rojo. Estos resultados se pueden deber a que, como lo menciona Méndez-Montealvo (2005), los maíces cultivados en México tienen altas concentraciones de minerales como el fósforo que representa hasta el 0.1% del grano integral, el calcio cuyo contenido puede variar de 0.01 al 0.1% y que es el mineral más importante ya que es fundamental para el consumo humano. Además de que este posee cantidades relevantes de potasio y magnesio.

Tabla 5. Comparación de porcentaje de cenizas base seca

CENIZAS							
Tipo maíz	Productor	Muestra 1 (M1)		Muestra 2 (M2)		Maíz Blanco (MB)	Promedio M1 y M2 (PM)
Rojo	A	2.85		9.57		2.33	6.21
Rojo	B	2.61		7.53			5.07
Rojo	C	2.71		ND			2.71
Rojo	D	2.66		6.14			4.40
Rojo	E	2.60		7.65			5.13
Rojo	F	ND		8.73			8.73
Rojo	G	ND		8.11			8.11
Azul	H	1.74		6.56			4.15
Azul	I	2.22		8.22			5.22
Azul	J	2.44		8.45			5.44
Azul	K	1.71		ND			1.71
Azul	L	1.45		8.53			4.99
Azul	M	1.90		1.61			1.75
Azul	N	ND		7.71			7.71
Promedio Maíz rojo (PMR)		2.68		7.96		2.33	5.32
Desviación estándar Maíz rojo		0.11		1.20		*	*
Intervalo de valores		2.70	2.97	6.38	9.91	*	*
Promedio Maíz azul (PMA)		1.91		6.85		2.33	4.38
Desviación estándar		0.38		2.74		*	*
Intervalo de valores		1.50	2.53	1.72	8.83	*	*

ND: No determinado

M1= Muestreo 2017

M2=Muestreo 2018

*= No aplica

En cuanto al ELN (Tabla 6) se encontraron valores superiores en los maíces criollos (rojo y azul) frente al maíz blanco comercial. Guillen-Sánchez (2014) menciona que el maíz criollo es una gran fuente de carbohidratos, ya que, contienen altos niveles de carbohidratos de fácil digestión, los azúcares constituyen casi un 2% del peso total del grano y cerca del 65% se encuentran en el germen y los carbohidratos complejos representan alrededor del 80% del peso total del grano, sin embargo, esta porción está determinada genéticamente, cambios ambientales y puede variar de semilla a semilla.

Tabla 6. Comparación de porcentaje de ELN base seca

ELN							
Tipo maíz	Productor	Muestra 1 (M1)		Muestra 2 (M2)		Maíz Blanco (MB)	Promedio M1 y M2 (PM)
Rojo	A	82.78		77.04		77.88	79.91
Rojo	B	82.62		77.72			80.17
Rojo	C	82.34		ND			82.34
Rojo	D	82.99		80.90			81.94
Rojo	E	82.23		77.18			79.71
Rojo	F	ND		77.03			77.03
Rojo	G	ND		77.44			77.44
Azul	H	84.42		78.31			81.36
Azul	I	81.85		76.24			79.05
Azul	J	83.45		77.76			80.61
Azul	K	83.89		ND			83.89
Azul	L	83.50		78.28			80.89
Azul	M	83.72		85.02			84.37
Azul	N	ND		79.92			79.92
Promedio Maíz rojo (PMR)		82.59		77.88		77.88	80.24
Desviación estándar Maíz rojo		0.30		1.53		*	*
Intervalo de valores		82.69	83.43	77.16	81.14	*	*
Promedio Maíz azul (PMA)		83.47		79.25		77.88	81.36
Desviación estándar		0.84		3.26		*	*
Intervalo de valores		82.38	84.89	76.48	85.76	*	*

ND: No determinado

M1= Muestreo 2017

M2=Muestreo 2018

*= No aplica

Discusión de resultados

En la tabla 7 se presenta a través del análisis de ANOVA las diferencias encontradas entre los maíces rojos y azules con respecto al maíz blanco, observando que, en general, los valores del maíz criollo se hallan por debajo de los valores de referencia del maíz blanco, excepto los de cenizas y ELN.

Se encontraron diferencias significativas (Tukey >0.05) para humedad y fibra de todas las muestras de maíz criollo con respecto a nuestro valor de referencia, estos datos son similares a los reportados por Méndez (2005), que también encontró niveles de hasta 8% de humedad en granos criollos, que si bien no son tan bajos como los reportados, si son menores a los recomendados para maíz blanco. Esto podría ser causa de las condiciones tanto de cultivo y fertilización por parte de los agricultores, las condiciones climatológicas presentes, que tienen una gran influencia en que la composición nutricional del grano sea modificada (Cirilo, 2003). Las condiciones ambientales (relieve) y las prácticas culturales empleadas en el cultivo de los maíces criollos rojos y azules influyen en la calidad nutricional del grano (Salinas, 2006).

Tabla 7. Composición nutrimental de maíz criollo

Componente	Maíz rojo 2017	Maíz azul 2017	Maíz rojo 2018	Maíz azul 2018	Maíz Blanco
Humedad	4.07 _a	3.81 _b	3.34 _{ac}	4.01 _d	10.23 _{abcd}
Proteína	8.42 _a	8.05 _b	8.26 _c	8.15 _d	8.84 _{bcd}
Grasa	4.16 _a	4.51 _b	4.08 _c	3.56 _{bd}	4.57 _d
Fibra	1.54 _a	1.49 _b	1.35 _c	1.63 _d	2.15 _{abcd}
Ceniza	2.80 _a	1.98 _b	8.23 _{abc}	7.11 _{abd}	2.33 _{cd}
ELN	83.07 _a	83.95 _b	78.08 _{abc}	79.55 _{abd}	77.88 _c

Medias con letras iguales en cada fila, son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

En cuanto a las proteínas y grasas son puntos clave en la calidad nutricional del grano; se encontraron diferencias significativas entre la proteína contenida en los maíces criollos (rojo y azul) y el maíz blanco.

Ortega et al. (2001), menciona que las proteínas son las macromoléculas más importantes desde el punto de vista nutricional y deben de representar alrededor del 10% del grano, porcentaje que se encuentra por arriba de los valores obtenidos para los maíces criollos y el valor de referencia. Sin embargo, un punto a favor del maíz criollo es su contenido de albuminas, globulinas, glutelinas y prolaminas. Contiene un gran número de aminoácidos esenciales entre ellos la fenilalanina.

El maíz criollo tiene una relación de eficiencia proteica es de 1.37 y una utilización proteica neta (NVP) de 72.78%, lo cual nos puede inferir que, si bien los valores están por debajo de los mostrados para maíz blanco, su porcentaje de NVP es alto (Zepeda, 2009).

Para las grasas todos los valores de maíz criollo quedaron por debajo del valor de referencia, siendo el valor promedio del maíz azul del segundo muestreo el que se encuentra más bajo, incluso en la comparación del primer muestreo. Estos datos podrían deberse a las condiciones adversas del cultivo y manejo del grano como lo menciona Hernández (2009).

En cuanto a las propiedades del maíz criollo Castañeda (2011) menciona que la mayoría de los lípidos son triglicéridos compuestos por los ácidos linoleico (50%), oleico (35%), palmítico (13%), esteárico (4%) y linolénico (3%). A pesar de su alto contenido de ácidos grasos los lípidos del maíz azul son muy estables, debido a su alto contenido de antioxidantes. Respecto a esto, Guillén-Sánchez (2014) menciona que el maíz criollo podría ser considerado una fuente de antioxidantes naturales debido a que retarda el envejecimiento celular, principalmente por los mecanismos de acción de la cianidina-3- β -glucósido, pelargonidina-3- β -glucósido, peonidina-3- β -glucósido, ácidos fenólicos, quercetina y hesperidina. Por otro lado, la investigación de Salinas Moreno (2013) menciona propiedades farmacológicas al contrarrestar los efectos nocivos de los radicales libres, estrés oxidativo y la carcinogénesis.

Por último, en relación a esto Vidal et al. (2008), nos muestran un contenido proteico alrededor del 10%, dato que rebasa el requerido para el maíz blanco y la capacidad de aprovechamiento que tiene la proteína contenida en este grano, los aminoácidos con los que cuenta y la capacidad antioxidante encontrada ya por Salinas Moreno (2012) lo podrían convertir en un alimento de calidad para personas con deficiencia proteica.

Para las cenizas se observó una diferencia significativa positiva ($p=0.001$) entre el muestreo 2018 tanto en maíz rojo como en maíz azul en comparación del maíz blanco, esto puede significar que los maíces criollos contienen una cantidad mayor de minerales en comparación de los maíces blancos. De acuerdo a Agama (2011), las diferencias en el contenido de cenizas probablemente se deban a la composición del suelo en el que fueron cultivadas, los fertilizantes utilizados y factores ambientales tales como la humedad. En otro estudio González-Cortes (2016), determinó las concentraciones de minerales en maíces criollos originarios de Aguascalientes encontrando valores de 0.17 mg/kg^{-1} para fósforo, 0.92 mg/kg^{-1} para calcio y 0.24 mg/kg^{-1} para potasio. Estas cantidades representan una buena proporción para complementar los requerimientos mínimos diarios en personas.

Por último, se encontró que en ELN los valores pertenecientes al maíz rojo del muestreo 2018 ($p=0.003$) son significativos positivos en comparación del parámetro de maíz blanco. Vázquez (2003) nos menciona que el maíz criollo nos ofrece algunas características interesantes, destacando una menor cantidad de almidón y un índice glucémico inferior al que ofrece el maíz convencional.

Conclusiones

En este trabajo se observó que el maíz criollo rojo y azul es un alimento con gran potencial de explotación para la industria alimenticia, ya que el aporte de minerales y ELN son más altos con respecto al maíz blanco.

Por otro parte, se debe resaltar que no sólo es importante el contenido proteico y lipídico del maíz, también es necesario investigar a mayor profundidad los

componentes antioxidantes, los aminoácidos y los valores para eficiencia proteica de este alimento para lograr promocionarlo en la industria. Desafortunadamente, los maíces criollos se ven limitados para su uso industrial por la falta de apoyo económico para los productores desaprovechando sus beneficios.

Por último, se debe resaltar que México posee una gran diversidad genética de maíces criollos, para su preservación es necesario realizar estudios relacionados a la calidad nutricional para su aprovechamiento en la industria de alimentos.

Bibliografía

- Agama-Acevedo, Edith, Salinas-Moreno, Yolanda, Pacheco-Vargas, Glenda, & Bello-Pérez, Luis Arturo. (2011). Características físicas y químicas de dos razas de maíz azul: morfología del almidón. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 2(3), 317-329.
- Antuna G., O., S. A. Rodríguez H., G. Arambula V., A. Palomo G., E. Gutiérrez A., A. Espinoza B., E. F. Navarro O., y E. Andrio E. (2008). Calidad nixtamalera y tortillera en maíces criollos de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 31(3), 23-27.
- AOAC (2010) Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists. *18th Edition*, Washington, DC.
- Castañeda-Sánchez, A. (2011). Propiedades nutricionales y antioxidantes del maíz azul. *Temas selectos de Ingeniería en alimentos*. 5 (2), 75-83.
- Cirilo, A. G., A. Masague y W. Tanaka. (2003). Influencia del manejo del cultivo en la calidad del grano de maíz colorado duro. *Revista de Tecnología Agropecuaria*. 7 (24), 6-9.

- Coutino, E. B., G. Vázquez, C., B. Torres, M., Y. Salinas, M. (2008). Calidad de grano, tortillas y botanas de dos variedades de maíz de la raza comiteco. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 31(3), 9-14.
- González-Cortés, N, Silos-Espino, H, Estrada Cabral, JC, Chávez-Muñoz, J A, Tejero Jiménez, L. (2016). Características y propiedades del maíz (*Zea mays L.*) criollo cultivado en Aguascalientes, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 7(3), 669-680.
- Guillén-Sánchez, J, Mori-Arismendi, S, Paucar-Menacho, LM. (2014). Características y propiedades funcionales del maíz morado (*Zea mays L.*) var. subnigroviolaceo. *Scientia Agropecuaria*. 5 (4), 211-217.
- Hernández, C., Rodríguez, Y., Nino, Z., Pérez, S. (2009). Efecto del almacenamiento de granos de maíz (*Zea mays*) sobre la calidad del aceite extraído. *Universidad de Carabobo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química. Valencia, Venezuela. Información tecnológica*. 20(4), 21-30.
- Mendez-Montevalvo, G.; Solorza-Feria, J.; Vázquez del Valle, M.; Gómez-Montiel, N.; Paredes-López, O. y Bello-Pérez L. A. (2005). Composición química y caracterización calorimétrica de híbridos y variedades de maíz cultivadas en México. *Agrociencia*. 39, 267-274.
- Ortega A., Cota, Vasal K., Villegas M., Córdova O., M, Barreras S., Wong P., Reyes M., Preciado O., Terrón I., Espinoza C. (2001). Híbridos de maíz de calidad proteínica mejorada para el Noroeste y Subtrópico de México. *Folleto Técnico Número 41. INIFAP. Centro de Investigación Regional del Noroeste. Campo Experimental Valle del Yaqui. Cd. Obregón, Sonora*. 44.

- Oviedo, E. (2011). Análisis de los atributos físicos y químicos de poblaciones de maíz criollo (Tesis de maestría). *Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro"*, Coahuila, México.
- Rouf S, T, Prasad, K, Kumar, P. (2016). Maize-A potential source of human nutrition and health: A review. *Cogent Food & Agriculture*. 2, 1-9.
- SAGARPA, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2016) Norma Mexicana NMXFF-034/1-SCFI-2002. Productos alimenticios no industrializados- para consumo humano – cereales – maíz blanco para proceso alcalino para tortilla de maíz y productos de maíz nixtamalizado - Especificaciones y métodos de prueba. *Dirección General de Normas. SAGARPA*. México, D. F. 18 p.
- Salinas M, Y., Cruz, C., Díaz, O., Castillo, G. (2012). Granos de maíces pigmentados de Chiapas, características físicas, contenido de antocianinas y valor nutracéutico. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 35, 33-41.
- Salinas, M, Y., García, C., Coutiño, B.; Vidal, V. (2013). Variabilidad en contenido y tipos de antocianinas en granos de color azul/morado de poblaciones mexicanas de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 285 -294.
- Salinas M, Y., Hernández M, V., Trejo T, L., Ramírez D, J., Iñiguez G, O. (2017). Composición nutricional y de compuestos bioactivos en tortillas de poblaciones nativas de maíz con grano azul/morado. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 8(7), 14-83.
- Salinas M, Y., Vázquez, C. (2006) Metodologías de análisis de la calidad nixtamalera-tortillera en maíz. *INIFAP. Folleto Técnico*. 24, 98.

- Vázquez, C., Guzmán, A G., Márquez, S., Castillo, J. M. (2003). Calidad de grano y tortillas de maíces criollos y sus retro cruzas. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 26, 231-238.

- Vidal M., V.A., G. Vázquez C., B. Coutino E., A. Ortega C., J. L. Ramírez D., R. Valdivia B., M. De J. Guerrero H., F. De J. Caro V., y O. Mota A. (2008). Calidad proteínica en colectas de maíces criollos de la Sierra de Nayarit, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 31(3), 15-21.

- Zepeda R., A. Carballo C., Muñoz O., Mejía C., Figueroa S., González C., Hernández A. (2009). Proteína, triptófano y componentes estructurales del grano en híbridos de maíz (*Zea mays L.*) producidos bajo fertirrigación. *Revista de Agrociencia*. 43(2), 143-153.