

CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN

6.1. Análisis proximal

El conocimiento de la composición química de los granos de maíz es una herramienta útil y necesaria para evaluar y preservar su calidad durante todos los procesos que sufre después de la cosecha, como son el secado y almacenamiento. Al mismo tiempo, este análisis nos da información acerca del uso más apropiado para cada tipo de maíz, por ejemplo, para la alimentación humana o animal, la producción de semillas, la industria, entre otras.

6.1.1. Humedad

La humedad es un factor muy importante en la calidad de los alimentos, ya que de ésta depende su preservación. De acuerdo con Darrah, et al. (2003), en el caso de los granos de maíz, un porcentaje elevado de humedad (superior al 14.5%) los convierte en un sustrato adecuado para el crecimiento de mohos; mientras que, un porcentaje reducido (inferior al 10%) hará que se vuelvan frágiles y quebradizos. La FAO, por su parte, menciona que los maíces son comercialmente aceptables cuando tienen un contenido menor o igual al 15.5%.

Las variedades de maíz analizadas presentaron un porcentaje de humedad inferior al 15.5%, por lo que, para la FAO, todas son buena calidad. Sin embargo, en algunos casos el contenido de humedad se encuentra ligeramente por debajo del 10%; por este motivo, los granos son más frágiles, lo cual podría reflejarse en su resistencia al almacenamiento y aceptación por parte de los compradores.

6.1.2. Cenizas

En general, las cenizas representan el contenido de materia inorgánica, principalmente minerales de un alimento. Si se compara el porcentaje de cenizas del maíz

con el de otros alimentos (Pomeranz y Meloan, 1994), por ejemplo, frutas frescas (0.2-0.8%), carne (1%), yema del huevo (1.7%), se puede observar que presenta un contenido superior (Watson, 2003) que va del 1.1 al 3.9%. Los maíces analizados caen dentro de este intervalo (1.11- 2.36%).

6.1.3. Grasas

Los maíces cultivados en Estados Unidos tienen alrededor de 3.1 a 5.7% en base seca (Weber, 2003). Las muestras analizadas contienen 1.12 a 5.47%, estas diferencias por debajo del límite inferior de las variedades norteamericanas pueden deberse principalmente a factores genéticos; sin embargo, White y Weber (2003) también proponen que las condiciones climáticas como la sequía provocan una disminución en el contenido de grasas.

Por otro lado, el maíz contiene grasas de buena calidad como el ácido linoléico, un ácido graso esencial. El contenido de éste y otros ácidos grasos es influenciado de manera importante por las condiciones climáticas, por lo que podría ser interesante analizar cualitativa y cuantitativamente las grasas de las muestras de maíz y así poder evaluar su calidad.

6.1.4. Fibra

El maíz es considerado un alimento bajo en fibra. Sin embargo, el intervalo en el que está presente en las diferentes variedades analizadas por diversos autores es muy amplio (Oropeza y Ortiz, 1989; FAO, 1993; Watson, 2003), desde 0.8% hasta 11.9%. Las variedades analizadas tienen un porcentaje de fibra que va desde 1.21 a 4.83% que cae dentro del intervalo planteado por los diversos autores.

6.1.5. Proteínas

El grano de maíz es la segunda especie vegetal más rica en proteínas, solo superada por la soya. De acuerdo con Darrah et al. (2003) el contenido de proteína de los granos de

maíz oscila entre el 9 y el 11%; mientras que las variedades analizadas contienen del 7.57 al 13.46 %, lo cual puede deberse a múltiples factores tales como la herencia, prácticas de cultivo y el clima.

Un aspecto importante a considerar en el caso del maíz es que la cantidad de proteínas no está relacionada directamente con la calidad nutricional de éste. Esto se debe a que las proteínas presentes en mayor proporción en el grano son las zeínas, deficientes en lisina y triptofano. Por lo tanto, cuando aumente el contenido proteico, quiere decir que va a aumentar la cantidad de zeína, lo cual se verá reflejado en una proporción menor de estos aminoácidos limitantes. Esta es una de las razones por las que no hay mucho interés en manipular genéticamente al maíz para producir una mayor cantidad de proteínas.

Hasta el momento, la mejor forma de compensar la deficiencia en lisina y en triptofano, ya sea para la alimentación humana o animal es utilizar otra fuente de proteínas rica en estos aminoácidos, por ejemplo, las leguminosas como la soya, aunque éstas sean deficientes en aminoácidos azufrados (cisteína y metionina); o bien, consumir proteínas de origen animal.

6.1.6. Carbohidratos

No hay una diferencia considerable en el contenido de carbohidratos de las muestras analizadas, cuyo intervalo está comprendido entre el 66.8 y el 78%, valores que coinciden con los encontrados para las variedades norteamericanas presentadas por Watson (2003).

6.2. Contenido de Xantofilas

Con base en las concentraciones encontradas para cada pigmento, la luteína fue la xantofila dominante. De acuerdo con el análisis estadístico, existe una variabilidad sustancial en el contenido de ambos compuestos entre las muestras, tal como puede observarse en el intervalo de los valores encontrados.

Diferentes autores concluyen que hay una variación notable en el contenido de xantofilas entre los genotipos (Quackenbush et al., 1963; Blessin et al., 1963, Weber, 1987; Gross, 1991; Kurilich y Juvik, 1999). Variedades sudamericanas tienen hasta 60 $\mu\text{g/g}$ de xantofilas. Desde el punto de vista del mejoramiento del maíz, estas diferencias señalan que existe la posibilidad de obtener genotipos que contengan mayor cantidad de una o más xantofilas.

El intervalo de concentraciones (0-10.87 $\mu\text{g/g}$ para luteína y 0-9.28 para zeaxantina) encontrado es similar al de diferentes estudios realizados con maíces de distintas variedades y colores (Quackenbush et al, 1963; Zsolt et al., 1963; Neamtu et al., 1982; Weber, 1987). De los resultados puede observarse que los maíces amarillos tienen los mayores niveles de ambos pigmentos, mientras que estadísticamente no hay diferencias entre las variedades rojas y negras analizadas. De acuerdo con Kurilich y Juvik (1999), los carotenoides se encuentran asociados principalmente al endospermo y en sus estudios las variedades con endospermo amarillo oscuro son las que presentan una mayor concentración de pigmentos, seguidos en orden descendente por las que tienen endospermo amarillo claro, naranja y amarillo pálido. Estos resultados coinciden con los encontrados en el presente estudio ya que, el endospermo de las variedades rojas y negras-azules es de un amarillo pálido y solo la capa de aleurona presentaba el color (el cual muy probablemente se deba a la presencia de antocianinas), mientras que el de las variedades amarillas que tuvieron mayores niveles de xantofilas era de un amarillo mas intenso.

Por otro lado, se pueden encontrar diferencias entre las mismas variedades debido a la naturaleza de la muestra que se está analizando. Se ha observado que las concentraciones

dependen de la etapa de madurez del grano. Por ejemplo, Kurilich y Juvik (1999) cuantificaron las xantofilas presentes en variedades de maíz a los 20 días después de la polinización, mientras que Weber (1987) y Wong (1998) habían estudiado las mismas variedades pero a los 45 días después de la polinización y fueron éstos los que encontraron una mayor concentración de pigmentos. De este y otros estudios Kurilich y Juvik concluyeron que las concentraciones de algunas xantofilas dependen de la etapa de madurez de los granos. Además, encontraron que el nivel de luteína se incrementa conforme el grano madura, pero no se observa la misma tendencia con la zeaxantina.

Otro aspecto que puede ocasionar diferencias en el contenido de xantofilas es el estado de los granos cuando son analizados. En el presente estudio se observó, entre las variedades amarillas, que los granos de maíz frescos tuvieron un mayor contenido de pigmentos que los secos.

También han sido estudiados los cambios que sufren los carotenoides del maíz durante el almacenamiento (Quackenbush, 1963 en Gross, 1991). Después de almacenar muestras de maíz durante 6 meses el porcentaje de recuperación de los carotenoides totales fue del 49.8 al 66.7%. Por este motivo, se pueden encontrar diferencias en el contenido de luteína y zeaxantina cuantificando las mismas variedades, si han sido almacenadas por diferentes periodos de tiempo.

Gross (1991) menciona también que las pérdidas de carotenoides son mayores durante la primera parte del almacenamiento. Durante el presente trabajo se contó con variedades cultivadas durante los ciclos agrícolas primavera-verano de 2002 y 2003 y el análisis estadístico comparando el contenido de luteína y zeaxantina de ambos años reveló que no hay diferencias significativas. Esto quiere decir que cuando las muestras fueron analizadas ya habían pasado por el periodo de mayor pérdida de pigmentos y después de un año de almacenamiento no hay diferencias apreciables.

6.3. Contenido de Aminoácidos y Calidad de las Proteínas

Como era de esperarse, los resultados de la presente investigación demuestran que hay diferencias importantes en el contenido de los cuatro aminoácidos esenciales cuantificados entre las variedades de maíz, lo cual evidentemente tiene que ver con el genotipo de cada variedad. Sin embargo, también se sabe que pueden ocurrir grandes variaciones cada año dependiendo del ambiente de cada lugar y las prácticas agronómicas, especialmente la fertilización y el riego. Por este motivo, se observó que las variedades cultivadas en el año 2002 presentaron un mayor contenido de metionina; mientras que el triptofano y la isoleucina fueron más abundantes cuando los maíces eran regados. La modalidad de riego y el año de cultivo no influyeron significativamente en la concentración de lisina, por lo cual, ésta parece estar fuertemente relacionada con el genotipo de cada variedad.

Al analizar las tablas 5.3 y 5.4, puede notarse que cuando los resultados expresan solo el contenido de aminoácidos hay una mayor variabilidad que cuando se relacionan con el contenido de proteínas. Los resultados presentados de esta manera son más confiables porque representan la cantidad de cada aminoácido presente en las proteínas y pueden ser utilizados para evaluar la calidad de las proteínas con respecto a una proteína de referencia. De esta manera, en la tabla 5.3 se observa que las muestras que contienen más lisina, isoleucina, metionina y triptofano son la 1, 7, 9 y 8, respectivamente. Sin embargo, las que presentan una mayor cantidad de cada aminoácido por gramo de nitrógeno proteico y por lo tanto, son la 12, 4, 12 y 6, respectivamente. Esto se debe a que la cantidad de aminoácidos se ve reducida al aumentar la cantidad de proteínas, sobre todo en el caso de la lisina y el triptofano, ya que, como se ha mencionado anteriormente, las proteínas mayoritarias del grano de maíz son las zeínas, que son deficientes en estos dos aminoácidos.

Las variedades de maíz con un mayor contenido de cada aminoácido con respecto a su contenido de proteínas tienen un score químico mayor porque su contenido se acerca más a la proteína patrón de la FAO. De las muestras analizadas, la 12 correspondiente a la variedad Pioneer 32J55 fue la que obtuvo el mayor score químico para lisina (0.89) y

triptofano (0.73), el valor para la isoleucina (1.08) coincide con el de la proteína patrón, mientras que el de la metionina (0.71) es bastante alto considerando que no se cuenta con la concentración de cisteína y en la referencia de la FAO se incluye el total de aminoácidos azufrados.

Como puede observarse, en ningún caso se obtuvieron niveles de lisina y triptofano capaces de cumplir con sus requerimientos básicos; por este motivo, para lograr una dieta nutricionalmente balanceada, es necesario combinar el maíz con otra fuente de proteínas rica en estos dos aminoácidos. La combinación del maíz con alguna leguminosa es ideal, ya que la deficiencia de aminoácidos azufrados, especialmente de metionina, es compensada por su contenido en el maíz, y el bajo contenido de éste para lisina y triptofano es regulado por su mayor concentración en leguminosas.

Al igual que en el caso de los pigmentos, la variabilidad entre las distintas variedades abre la posibilidad de obtener variedades mejoradas de maíz con proteínas de alta calidad. Si al cultivar estas variedades se cuidan condiciones como la fertilización, irrigación, control de plagas, malezas y enfermedades se puede incrementar no solo el rendimiento, sino también la calidad y el contenido de compuestos importantes económica y nutricionalmente.