



Universidad Nacional de Lomas de Zamora

Facultad de Ciencias Agrarias

Tecnicatura universitaria en procesamiento agroalimentario

El Maíz tipo Flint: Su uso en alimentación humana por medio de harinas y extrusión.

Director: Dr. Ing. Agr. Luis Máximo Bertoia

Alumno: Nicolás Luis La Ragione Senin

Índice

Resumen -----	3
Introducción -----	4
El grano de maíz -----	4
Industrialización -----	8
Molienda seca -----	8
Objetivos -----	11
Metodología -----	11
Resultados -----	12
Análisis general -----	18
Industrialización y subproductos -----	19
Molienda -----	19
Subproducto de la molienda -----	19
Extrusión para la obtención de corn flakes -----	21
Producción de cereales para desayuno por cocción por extrusión con expansión directa. -----	21
Conclusión -----	22
Bibliografía -----	23
TABLAS -----	
Tabla 1 -----	4
Tabla 2 -----	10
Tabla 3 -----	13
Tabla 4 -----	14
Tabla 5: Estadísticas sobre la proporción -----	16
Tabla 6 -----	17

FIGURAS

Figura 1 -----	7
-----------------------	---

GRAFICOS

Grafico 1 -----	7
Grafico 2 -----	8
Grafico 3: Proporción de componentes -----	13
Grafico 4: Proporción de aceite -----	14
Grafico 5: Proporción de almidón -----	15
Grafico 6: Proporción de proteína -----	16

Resumen

El maíz es uno de los productos que se comercializan a nivel mundial, y con el mejoramiento genético se logró la obtención de híbridos, que van a permitir mejorar su productividad, no solo en peso, sino en cantidad y características de sus subproductos.

En este trabajo nos centramos en dos procesos que son molienda y extrusión. Cada uno de estos, ya sea de forma directa o indirecta a nivel de procesamiento se destinará como alimento para humanos.

Nos enfocamos en una serie de híbridos de tipo Flint (endospermo duro) o dentado (endospermo blando) tomados en la pampa húmeda argentina de forma al azar.

Dependiendo del tipo de tratamiento a realizar dependerá de la tipología del maíz que elegimos, es decir que para la obtención de copos de maíz (corn flakes) mediante el proceso de extrusión, se optará por un grano de maíz de endospermo duro y colorado. De la misma manera para el proceso de molienda los granos de maíz dentado (amarillo) y blandos mejoran la eficiencia del procesamiento.

Para esto tomamos muestras de 120 gr de granos y se colocaron en un espectrómetro de infrarrojo cercano (NIRs), sin tratamiento, ni molienda previa como lo dispone el manual del mismo.

Mediante el análisis con el NIRs vamos a obtener cuatro variables: aceite, almidón, proteínas y otros. Con estos datos realizaremos una comparación de todos los híbridos, los clasificaron y destacaron los que presentan los requerimientos para cada procesamiento.

Introducción

El grano de maíz

La FAO define la planta de maíz como un sistema metabólico, cuyo producto final es, en lo fundamental, almidón depositado en órganos especializados: los granos.

Dentro de los componentes más importantes de maíz se encuentran:

Endospermo: conformado por almidón y proteína. Es el tejido que rodea al embrión y fuente de reserva para el crecimiento de la semilla.

Está compuesto por dos tipos de endospermo:

- Endospermo harinoso, de consistencia suave y apariencia opaca, representa el 34% del peso del endospermo.
- El endospermo corneo, de consistencia dura y apariencia translúcida, representa el 66% del total.

El almidón es una de las sustancias químicas de mayor valor comercial. Se ubica en el área lateral y superior del grano y conforma aproximadamente el 70 al 75% del mismo. El gluten se ubica mayoritariamente en la parte superior del grano. Se caracteriza por presentar el mayor contenido de proteína.

El germen es el embrión del maíz. Se encuentra en la parte inferior del grano y representa el 7% del grano. Este contiene altos niveles de aceite.

Por último, el pericarpio o cascarilla que recubre el grano y ocupa el 23% de este. Esta formado por fibra cruda. En el cereal ya maduro, tiene la función de impedir el ingreso de hongos y bacterias.

Tabla 1

Distribución de los principales componentes del grano de maíz

Composición	Grano entero (%)	Componentes en base seca			
		Endospermo	Germen	Pericarpio	Punta
Almidón	62	87	8,3	7,3	5,3
Proteína	7,8	8	18,4	3,7	9,1
Aceite	3,8	0,8	33,2	1	3,8
Ceniza	1,2	0,3	10,5	0,8	1,6
Otros	10,2	3,9	29,6	87,2	80,2
Agua	15	-	-	-	-

Fuente: Shukla & Cheryan, 2001, p 172, Watson & Ramstad, 1987.

La calidad de uso del maíz está determinada principalmente por la estructura y composición del grano. Las diferencias en estructura y en composición dependen del tipo de maíz, así como de las prácticas de manejo, el clima, el suelo y los métodos de cosecha y poscosecha.

A continuación, describiremos algunas características del grano vinculadas a su estructura y composición.

- Dureza Endospermica

La dureza endospermica contribuye a otorgarle al maíz resistencia mecánica, propiedad deseable para mantener la integridad del grano durante las operaciones de cosecha y poscosecha. Asimismo, la industria molinera requiere materia prima de grano duro para obtener fracciones de los tamaños adecuados a las distintas aplicaciones de los productos de esta molienda.

La dureza se debe a complejas interacciones entre los componentes del endospermo, principalmente las proteínas y el almidón. Se puede establecer de dos formas: El endospermo corneo y el harinoso. Se evidencia que el grado de adhesión entre almidón y proteínas es mucho mayor en el endospermo corneo que en el harinoso.

Tal estructura compacta explica la mayor resistencia del endospermo a las acciones mecánicas, así como a la difusión de agua y, por lo tanto, el secado más lento del grano de este tipo de maíz. También explicaría el mayor peso hectolitrico, ya que la estructura compacta del endospermo corneo debería pesar más que el harinoso.

Según la proporción de cada uno de ellos, los híbridos reciben la denominación de “Flint” o “Dent” existiendo una gran cantidad de híbridos intermedios. Los de tipo Flint son aquellos que predominan el endospermo corneo y en los de tipo Dent, el endospermo harinoso es el que presenta mayor proporción. Los maíces Dent más harinosos, presentan menor resistencia física y su almidón está más accesible, por lo que presentan una mayor digestibilidad respecto a los Flint.

- Proteína

El contenido de aminoácidos de las proteínas del germen difiere radicalmente de las proteínas del endospermo. En la totalidad del grano, el contenido de las proteínas del endospermo, pese a que la configuración de estos en el caso del germen es más elevada y mejor equilibrada. No obstante, las proteínas del germen proporcionan una cantidad relativamente alta de determinados aminoácidos, aunque no suficiente para la calidad de las proteínas de todo el grano. Las proteínas del endospermo tienen un bajo contenido de lisina y triptófano, al igual que las proteínas de todo el grano, aminoácido esencial para la alimentación humana.

La calidad de proteína del germen es muy elevada en comparación con la del endospermo y superior a la calidad proteínica del grano entero, a causa del mayor aporte de proteínas del germen.

- Almidón

Los usos del almidón son múltiples. La modificación para alterar sus propiedades funcionales, amplia aún más el campo de subproductos.

El almidón de maíz es el más importante desde el punto de vista industrial.

El almidón es una mezcla de dos componentes, la amilosa y la amilopectina. Ambos están formados por unidades de glucosa, en el caso de la amilosa unidas entre ellas por enlaces α 1-4 que da lugar a una cadena lineal. En el caso de la amilopectina, aparecen ramificaciones debidas a enlaces α 1-6.

La amilosa es una cadena lineal y de peso molecular de las cadenas es del orden de un millón.

En la amilopectina, las ramificaciones aparecen cada 20 o 30 glucosas. Las cadenas de las ramificaciones se ramifican a su vez. Parece probable que se encuentren no ramificada al azar, sino formando una estructura denominada “fractal”, alrededor de una cadena central, que es la única que tiene un extremo reductor. Son moléculas de peso molecular entre 10 y 500 millones.

El almidón se encuentra en las células formando estructuras discretas, en forma de gránulos. Estos gránulos tienen un tamaño de entre 2 y 100 micras. La forma suele ser redondeada, pero también aparecen gránulos de forma alargada o mas o menos irregular.

En los gránulos de almidón, la molécula de amilosa y amilopectina se disponen en forma radial, formando una serie de capas concéntricas. En estas capas existen zonas cristalinas, en las que las cadenas están asociadas en forma de hélice.

En el maíz céreo, casi no existe amilosa, mientras que en las variedades amiláceas representan entre el 50% y el 70%.

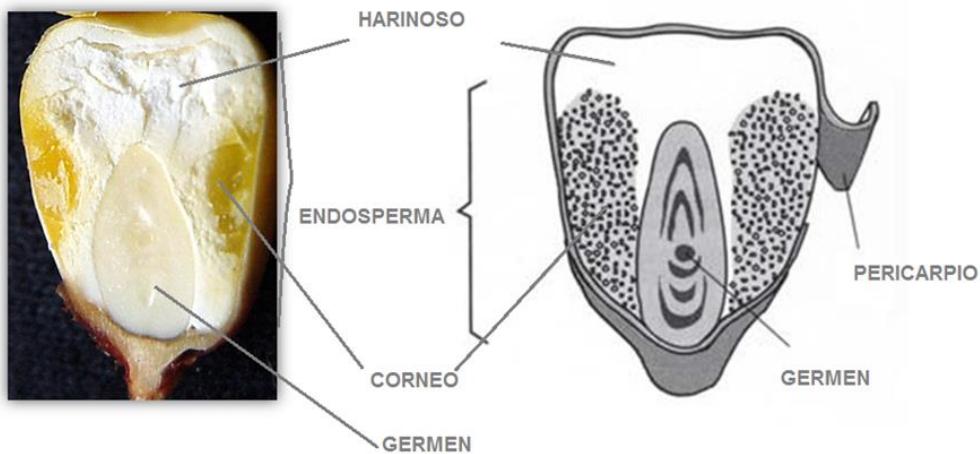
Los maíces con genes mutantes waxy y amilose, alteran la proporción de amilosa y amilopectina del maíz normal que es de aproximadamente 27 y 73% respectivamente. La alteración en las proporciones relativas de amilosa y amilopectina modifican el grado de ramificación del almidón, lo que origina variaciones en sus propiedades funcionales y por lo tanto en su espectro de usos.

- Aceite

El aceite es el componente menor en el grano de maíz, siendo su concentración de alrededor del 5%. Por su selección genética se consiguió aumentar esa concentración al 12% aproximadamente.

La mayor cantidad de aceite se encuentra en el germen y representa aproximadamente el 5% del peso en grano en seco.

Figura 1



Fuente: XXIII congreso de AAPRESID, biosapiens “la era del suelo”.

En Argentina en el año 2008 la producción de cereales para desayuno alcanzó el peso de 50 mil toneladas. El consumo anual per cápita de ese año se estima en 0,49 kg/hab/año, y para el 2009 con una producción similar, pasó unos 0,5 kg/hab/año. El incremento del consumo de 2009 se vincula al hecho de que el principal exportador volcó una mayor proporción de su producción al mercado doméstico.

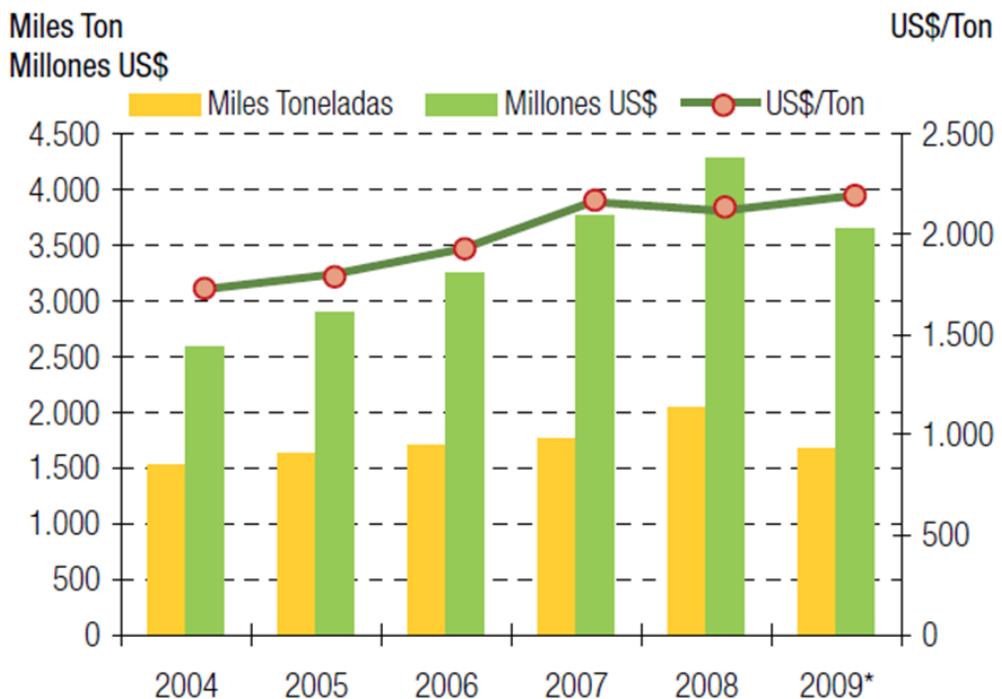
Anualmente el consumo per cápita de cereales para el desayuno en Europa varía desde 0,5 kg en Italia a 8 kg en Irlanda.

Desde el punto de vista de la oferta, los productores de cereales para desayuno pueden considerarse competidores potenciales mediatos de los elaboradores de golosinas.

Como en el resto del mundo, la conciencia por el cuidado de la salud también se ha instalado en el país, y como los cereales para desayuno son vistos como productos sanos y nutritivos, el mercado interno crece paulatinamente su consumo.

En el grafico 1 vamos a observar sobre tres variables (miles de toneladas, millones de dólares y dólares/toneladas), las exportaciones mundiales de cereales para desayuno. Abarca el periodo de 2004 al 2009.

Grafico 1



Fuente: Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca con datos UN ComTrade 2010.

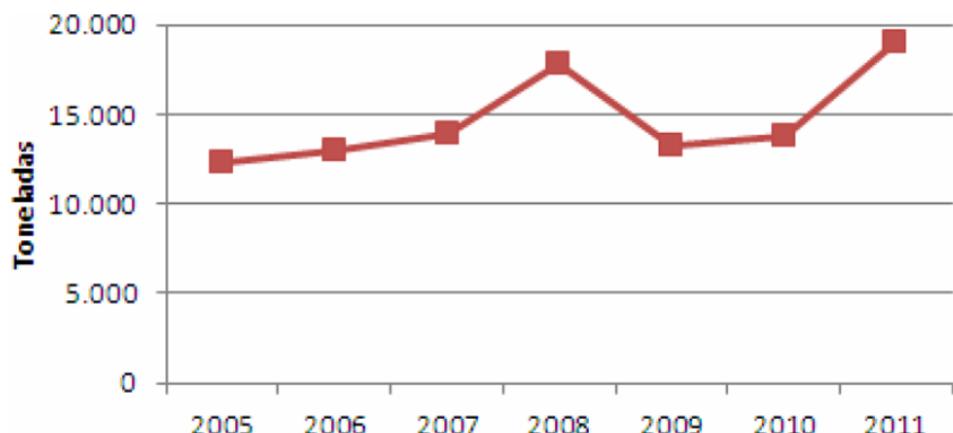
Industrialización

A continuación, mencionaremos los dos procesos (molienda y extrusión) en los que se basó nuestro trabajo y dentro del proceso de molienda se harán observaciones, dependiendo de la granulometría del subproducto y que tipo de subproducto va a ser considerado.

Molienda seca

Grafico 2

Evolución anual de la molienda mensual promedio (Industria de molienda seca)



Fuente: Dirección en Promoción de calidad de producción agrícolas y forestales con datos de la Dirección Nacional de Mercados (ex – ONCAA)

De la comparación con 2010 surge en 2011, la molienda seca de maíz creció un 37,7% demandándose 227.486 toneladas de este cereal.

El rendimiento de la molienda seca de maíz para la obtención de harina de maíz para preparar polenta es del 60%, por lo tanto, la producción de 2011 habría superado las 130.000 toneladas.

Los molinos radicados en el país adoptan distintas estrategias competitivas y pueden posicionarse en el sector de molienda seca como productores de sémolas, de trozos de cereales para desayuno o snacks, o grits cerveceros.

La molienda seca tiene por objeto separar las distintas partes que componen el grano de maíz, y a partir de estas, obtener los diferentes productos. Estos según la porción del grano de donde provienen, y su granulometría y tenor graso, pueden ser agrupados en:

Del endospermo:

- 3300 y 5500 micrones: copos (corn-flakes). Granulometría entre materia grasa inferior al 0,9%.
- 2200 y 3300 micrones: Alcoholes y bebidas alcohólicas. Materia grasa por debajo del 1,8%.
- 1000 a 2200 micrones: Sémolas y harinas. Materia grasa menor al 3,0%.
- Sémolas: obtenidas para cervicería o expandidos, precocida.
- Harina común: utilizada para la elaboración de galletitas, alfajores, bizcochos, rebozadores, etc.

Del pericarpio:

- Salvado: a partir del cual se elaboran diferentes productos panificables.
- Embrión: cuyo destino es el aceite de extracción de aceite comestible. Materia grasa menor al 26%.

Los rendimientos industriales de la operación de molienda seca según estrategia competitiva:

Tabla 2

	<u>Hominy grits</u>	<u>Trozos gruesos: calibrados entre 3500 - 7000 micrones.</u> <u>Trozos medios: calibrados entre 2500 - 3500 micrones.</u> <u>Trozos finos: calibrados entre 2000 - 2500 micrones.</u>	Código de campo cambiado
	<u>Sémolas</u>	<u>Son utilizadas en los procesos fermentativos para la producción de cerveza, en sustitución de otros productos de alto contenido de almidón.</u> <u>Las mismas tienen por principales características su bajo tenor graso, granulometría estable y la ausencia de partículas de salvado.</u>	Código de campo cambiado
	<u>Sémola para expandidos</u>	<u>Son utilizadas en la elaboración de snacks, mediante la utilización de proceso de extrusión</u>	Código de campo cambiado
	<u>Polenta</u>	<u>Son las sémolas utilizadas para la elaboración de platos artesanales</u>	Con formato: Fuente: (Predeterminado) Times New Roman, 12 pto
	<u>Harinas</u>	<u>Se obtienen harinas de baja granulometría, con un contenido de grasa superior a las sémolas</u>	Código de campo cambiado

Objetivos

En este trabajo comenzamos con un muestreo de granos de 14 híbridos de maíz de tipo Flint y de tipo Dent tomados al azar de la pampa húmeda.

De estos híbridos obtendremos porcentajes de aceite, proteína y almidón. De esto se categorizará el producto en estudio dentro de una tipología para consumo humano.

Dentro de lo que es consumo humano nos centraremos en lo que es la producción de corn-flakes (copos de maíz) y harina (molienda)

Metodología

La cantidad tomada por lote de producción fue de una mazorca por híbrido, entre 120 y 130 gr de grano.

La humedad considerada fue de 14,5% como lo dispone la base de comercialización de maíz (S.A.G y P. 1075/94 NORMA XII)

El método de análisis utilizado fue la espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRs).

La espectroscopia es un tipo de espectroscopia de absorción que utiliza la región del infrarrojo del espectro electromagnético.

La espectroscopia se basa en el hecho de que los enlaces químicos de las sustancias tienen frecuencias de vibración específicas, que corresponden a los niveles de energía de la molécula. Estas frecuencias dependen de la forma de la superficie de energía potencial de la molécula, la geometría molecular, las masas atómicas y posiblemente el acoplamiento vibracional.

Si la molécula recibe luz con la misma energía de esa vibración, entonces la luz será absorbida si se dan ciertas condiciones.

Para que una vibración aparezca en el espectro infrarrojo, la molécula debe someterse a un cambio en su momento dipolar durante la vibración.

Con el fin de hacer medidas en una muestra, se transmite un rayo monocromador de luz infrarroja a través de la muestra, y se registra la cantidad de energía absorbida.

Esta técnica es no destructiva, sin necesidad de reactivos, ni tener que acondicionar la muestra, tan solo se tira una porción del material a analizar en la tolva del dispositivo.

La composición de la muestra se visualiza en el display o enviarse directamente a una impresora.

Es un método rápido y simple en cuanto a la preparación de la muestra, ya que el uso del NIRs evita y resuelve problemas, como el largo tiempo de ejecución de análisis, resultados muy precisos, la preparación de la muestra es mínima, es ecológica ya que no requiere de reactivos químicos. Los enlaces básicos que absorben energía en el NIRs son los grupos aminos, carboxilos, aldehídos, cetonas, entre otros. De modo que es una técnica para determinar constituyentes de sólidos de muy pequeño tamaño o finamente divididos.

El NIRs que utilizamos para hacer el estudio estaba calibrado para la obtención de porcentaje de aceite, según la curva de calibración de CARGILL.

Foto 1: NIRs utilizado en el estudio.



Fuente: Espectrómetro utilizado para el análisis de muestras, en el elevador de Cargill, en Los Cisnes, Provincia de Córdoba.

Resultados

En la tabla 3 se muestran todos los resultados de los análisis realizados por la metodología NIRs. Estos datos están presentados en porcentajes sobre la muestra analizada.

Dentro de lo que denominamos otros, podemos encontrar agua, azúcares, carotenoides, tocoferoles y minerales.

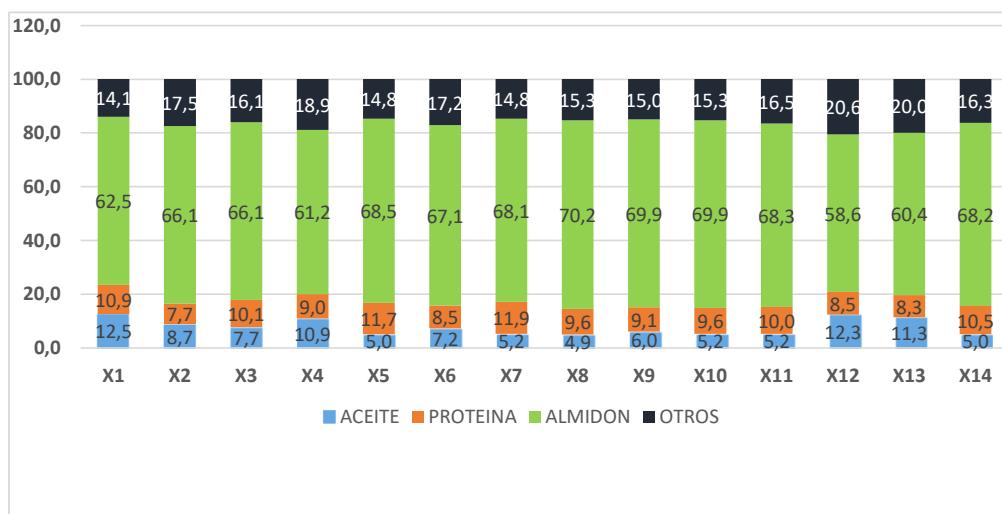
El embrión es relativamente rico en minerales, con un valor promedio del 11%, frente a menos del 1% en el endospermo. El embrión aporta alrededor del 78% de todos los minerales del grano. El mineral que más abunda es fosforo, en forma de fitato de potasio y magnesio, encontrándose en su totalidad en el embrión.

Los valores que figuran en la tabla son en porcentaje (%) en la composición de granos de maíz, directamente obtenidos de la cosecha.

Tabla 3

HIBRIDO	ACEITE(%)	ALMIDON(%)	PROTEINA(%)	OTROS(%)
X1	12,5	62,5	10,9	14,1
X2	8,7	66,1	7,7	17,5
X3	7,7	66,1	10,1	16,1
X4	10,9	61,2	9,0	18,9
X5	5,0	68,5	11,7	14,8
X6	7,2	67,1	8,5	17,2
X7	5,2	68,1	11,9	14,8
X8	4,9	70,2	9,6	15,3
X9	6,0	69,9	9,1	15,0
X10	5,2	69,9	9,6	15,3
X11	5,2	68,3	10,0	16,5
X12	12,3	58,6	8,5	20,6
X13	11,3	60,4	8,3	20,0
X14	5,0	68,2	10,5	16,3

Fuente: Elaboración propia.

Grafico 3: Proporción de componentes

Fuente: Elaboración propia

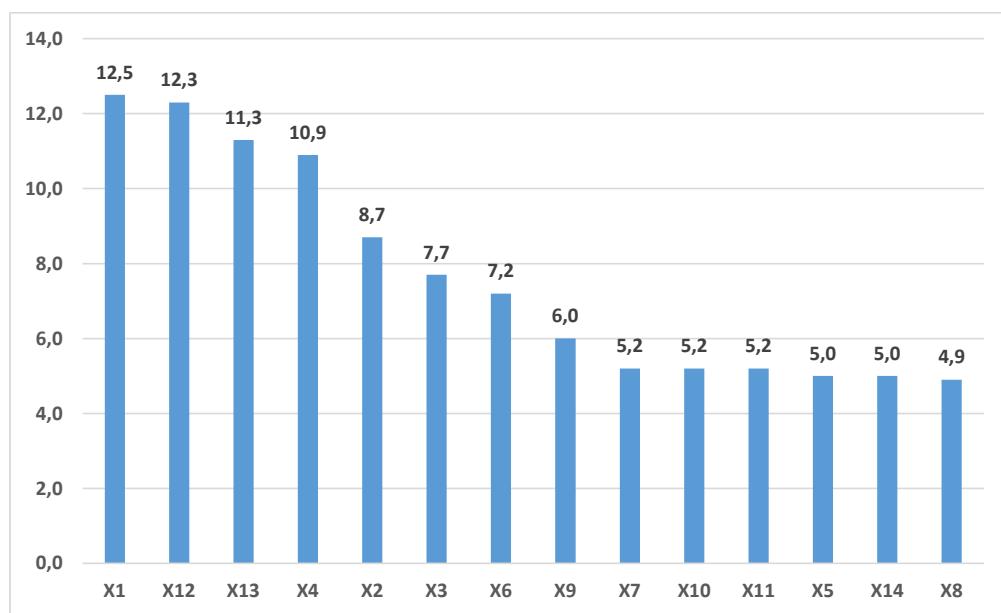
En este gráfico podemos observar los diferentes porcentajes de cada uno de los componentes del grano de maíz analizados.

Se observa que X1 posee mayor cantidad de los componentes analizados como así menor cantidad del resto de sustancias.

Por otro lado, tenemos los híbridos X12 y X13 que poseen la mayor cantidad de los componentes que denominamos “otros” llegando casi al 20%.

El resto de los híbridos se mantienen en la misma línea de proporción de los componentes que denominamos “otros” que nombramos anteriormente.

Grafico 4: Proporción de aceite



Fuente: Elaboración propia

Tabla 4

PROMEDIO ACEITE	7,7
VALOR MINIMO	4,9
VALOR MAXIMO	12,5
MEDIANA	6,6
MODA	5,2

Fuente: Elaboración propia.

Para analizar los datos estadísticos categorizamos los híbridos en tres grupos:

- Alto-Aceite: Los primeros 4 híbridos del grafico (X1, X12, X 13 y X4), que presentaron un porcentaje de aceite comprendido entre 12,5 y 10,9. Este tipo de híbrido generalmente son utilizados para alimentación animal. Se evidencia una amplia diferencia entre el grupo de los Alto- Aceite y los intermedios a del 2,2%
 - Intermedio- Ac: Abarca de los híbridos X2, X3, X6 y X9. Su valor estuvo entre 8,7 y 6,0
 - Bajo-Aceite: Híbridos X7, X10, X11, X5, X14, X8. Su valor vario entre 5,2 y 4,9.
- La diferencia entre intermedios y bajos fue de 0,8; menor diferencia que entre los grupos Alto-Aceite e Intermedios.

El hibrido X1 se destaca con la mayor proporción de aceite, y a este le sigue X12 con 0,3% menos.

Lo contrario ocurre con los híbridos X5 y X8 presentando las cantidades mínimas con diferencias de 0,1 entre cada uno.

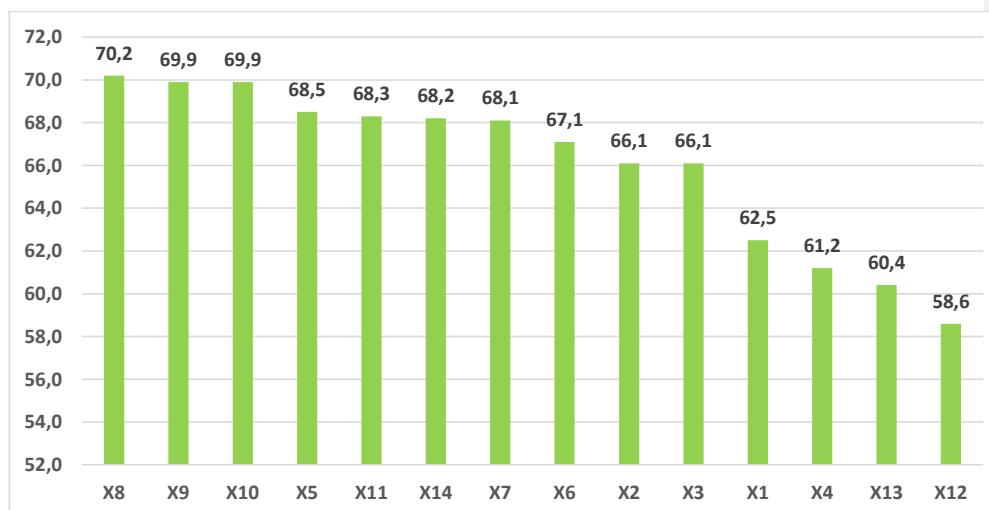
Dentro de lo que conforma la parte de aceite del grano se puede observar diferentes ácidos grasos como ser un 60% de ácido linoleico (18:2), 24% de ácido oleico (18:1) y 15% de ácido palmítico (16:0).

El valor promedio que se obtuvo fue de 7,7. La mayoría de los híbridos analizados obtuvieron porcentajes por debajo de este.

La mediana que logramos obtener es de 6,6 que es el valor central que se da de todos los datos.

La moda obtenida fue de 5,2 cuyo valor es el que da la con mayor frecuencia.

Grafico 5: Proporción de almidón



Fuente: Elaboración propia

Tabla 5: Estadísticas sobre la proporción de almidón

PROMEDIO	
ALMIDON	66,1
VALOR MINIMO	58,6
VALOR MAXIMO	70,2
MEDIANA	67,6
MODA	66,1

Fuente: Elaboración propia

Agrupamos los híbridos de acuerdo a las proporciones de almidón presentadas:

- Alto-Almidón: Abarca los primeros diez híbridos (X8, X9, X10, X5, X11, X14, X7, X6, X2 y X3). La diferencia con el siguiente grupo es de 3,6%.
- Bajo-Almidón: Involucra los híbridos X1, X4, X13, X12.

La división del grupo se determinó donde los híbridos mostraron la mayor diferencia, evidenciada entre los híbridos X3 y X1.

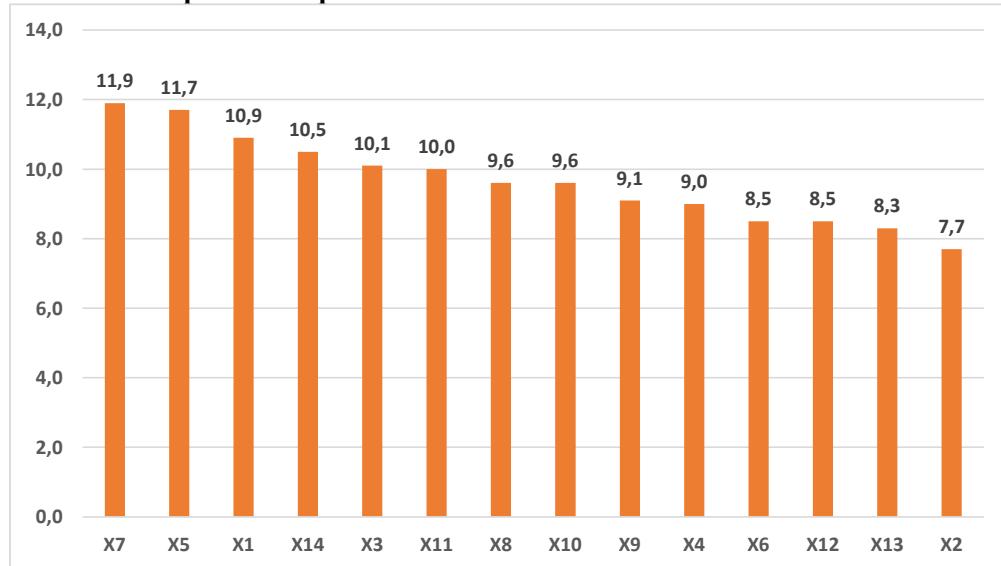
Los híbridos no presentaron variación en su contenido de almidón hasta el 58,6% correspondiente al menor porcentaje (X12).

El promedio obtenido en el estudio estadístico fue de 66,1% que coincide con el criterio de clasificación que determinamos.

A partir de ahí los híbridos van quedando, la mayoría entre 60,0 y el 70,0%, destacándose X8 superando por poco el 70,0 (70,2).

El valor de mediana obtenido fue de 67,6 y la moda es de 66,1

Grafico 6: Proporción de proteína



Fuente: Elaboración propia

Tabla 6

PROMEDIO	
PROTEINA	9,7
VALOR MINIMO	7,7
VALOR MAXIMO	11,9
MEDIANA	9,6
MODA	8,5

Fuente: Elaboración propia.

Los grupos conformados fueron los siguientes:

- Alta-Proteína: Involucra los dos primeros híbridos (X7 y X5). La diferencia con el siguiente grupo fue de 0,8%.
- Intermedio-Proteína: Abarca ocho híbridos cuyo contenido proteico varía del 10,9 al 9,0%.
- Baja-Proteína: Los últimos 4 híbridos del grupo, con diferencia entre grupo de 0,5%.

Los híbridos comienzan a diferenciarse a partir de X2 con 7,7, que coincide con uno de los que presentó una proporción de aceite intermedia.

El híbrido X5 con la alta cantidad de proteína (11,7) presenta una baja proporción de aceite (5,0) y una composición alta/intermedia de almidón (68,5).

La mediana obtenida es de 9,6 y la moda es de 8,5

Dentro de los tipos de proteínas que se encuentran en mayor proporción en el maíz son albuminas, globulinas, prolaminas y glutelinas. Posee un alto contenido de aminoácidos azufrados (metionina y cistina) y bajo contenido de lisina y triptófano.

Análisis general

El híbrido X1 fue el que presentó la mayor cantidad de aceite, su contenido de almidón se encuentra por debajo de la mediana sin llegar a ser mínimo. Por otro lado, respecto al contenido de proteína fue uno de los que presentó mayor proporción, por lo tanto, estamos hablando de un híbrido de textura dura, lo que haría posible maximizar el proceso de extrusión.

En cuanto al contenido de lo que denominamos “otros”, fue el que obtuvo menor proporción de dichos componentes.

El híbrido X2 presentó un contenido en aceite superior al promedio y su contenido de almidón se encuentra justo en el promedio obtenido. Su contenido en proteína el mínimo que obtuvimos concluyendo que su destino de procesamiento a seguir, será para la obtención de harina u otro derivado.

El híbrido X7 presentó una proporción 5,2% que se repite en varios casos (X10 y X11), pero la particularidad de este híbrido fue que su porcentaje de proteína fue el más alto, por lo que estamos en presencia de un híbrido tipo Flint. Por su parte, la proporción de almidón se encuentra por encima del promedio dentro de los que poseen la mayor cantidad.

En el caso del híbrido X8 ocurre lo contrario, el porcentaje de almidón fue el de mayor cantidad, lo contrario ocurre con la proporción de aceite que fue el mínimo encontrado.

La proporción de proteína es de los más bajos, por debajo del promedio, por lo que se concluye que el híbrido X8 va a ser propiamente para molienda debido a que es de textura blanda.

Por último, el híbrido X12 fue uno de los que presentó mayor proporción de aceite, sin llegar al máximo. Su proporción de almidón es la mínima obtenida y la proteína se encontró por debajo del promedio obtenido. Este híbrido la particularidad que tuvo fue la máxima cantidad de lo que denominamos “otros”, con esto nos referimos a agua, minerales, tocoferoles y carotenoides.

El resto de los híbridos se mantuvieron entre los máximos y los mínimos.

En lo que fue porcentaje de aceite X4 y X13 obtuvieron una proporción mayor que el promedio, no así X5, X6, X9, X10, X11 y X14 que desarrollaron la menor cantidad por debajo del promedio. X3 se mantuvo en el promedio.

Los porcentajes de almidón estuvieron, la mayoría, por encima del promedio como ser X5, X6, X9, X10, X11 y X14. Caso contrario ocurrió con X4 y X13 por debajo del promedio estuvieron sus valores.

Las proporciones de proteínas estuvieron más por debajo del promedio como son los casos de X4, X6, X9, X10 y X13. Y los restantes X3, X5, X11 y X14 que desarrollaron proporciones por encima del promedio.

Industrialización y subproductos

Molienda

Las etapas del proceso de molienda son los siguientes

1. Recepción de la materia prima
2. Limpieza de la materia prima
3. Acondicionamiento de los granos de maíz. Se realiza la humectación de los granos con agua mediante rociadores. Este se deja en reposo durante algunos minutos.
4. Desgerminación: En esta etapa se obtiene la primera rotura del grano de maíz, con la consecuente separación del germen y el endospermo. Una tecnología empleada es la desgerminación por fricción. Con esta se consigue la fractura del grano y desprendimiento del germen y el salvado.
5. Refinación: Comprende la rotura de los trozos desgerminados y su posterior clasificación por tamaño con el objetivo de obtener productos para un determinado calibre.
6. Acopio del producto, depósito y expedición.

Subproducto de la molienda

- **Maíz troceado**

Producto obtenido de la desgerminación por vía semi-humeda del maíz, compuesto por fragmentos gruesos de endospermo, sin adición de colorantes o conservantes.

Destinado a la fabricación de copos y cereales para desayuno y tortillas de maíz. Son trozos de maíz, pelados y desgerminados, comúnmente llamados hominy grits, que de acuerdo a su granulometría se clasifican en:

- A. Trozos gruesos: calibrados entre 3500 y 7000 micrones.
- B. Trozos medios: calibrados entre 2500 y 3500 micrones.
- C. Trozos finos: calibrados entre 2000 y 2500 micrones.

- **Sémolas para cervicería**

A partir de la molienda de los trozos pelados y desgerminados, se obtienen sémolas que son utilizadas en los procesos fermentativos para la producción de cerveza, en sustitución de otros productos de alto contenido de almidón.

La utilización de estas sémolas puede reemplazar hasta en un 50% a los componentes amiláceos usados tradicionalmente.

Las mismas tienen por principales características su bajo tenor graso, granulometría estable, y la ausencia de partículas de salvado, permitiendo así, lograr un mejor producto final, luego del producto final, luego del proceso fermentativo.

Deben tener granulometría entre 350 y 1200 micrones y un tenor de materia grasa entre 0,6 y 0,8%.

- **Sémolas para expandidos**

A partir de la molienda de los trozos pelados y desgerminados, se obtiene sémolas que son utilizadas en la elaboración de snacks, mediante la utilización de procesos de extrusión.

Las mismas tienen por principales características su bajo tenor graso y la ausencia de partículas de salvado.

Los distintos productos que se pueden obtener con estas sémolas, depende de las características de la extrusora a utilizar, como también del tipo de snacks a lograr.

Debe tener una granulometría de entre 450 y 1200 micrones.

- **Sémolas para polenta**

Es el producto obtenido a partir de la molienda de trozos pelados y desgerminados. Las sémolas obtenidas son utilizadas para la elaboración de platos artesanales.

La polenta como es conocida el plato, es elaborada con sémola de maíz, pudiéndose realizar utilizando distintas granulometrías, según el gusto del consumidor.

Estas sémolas pueden ser adicionadas, fortificadas y/o enriquecidas con vitaminas y/o minerales, según su utilización.

Debe ser de granulometría entre 350 y 1100 micrones.

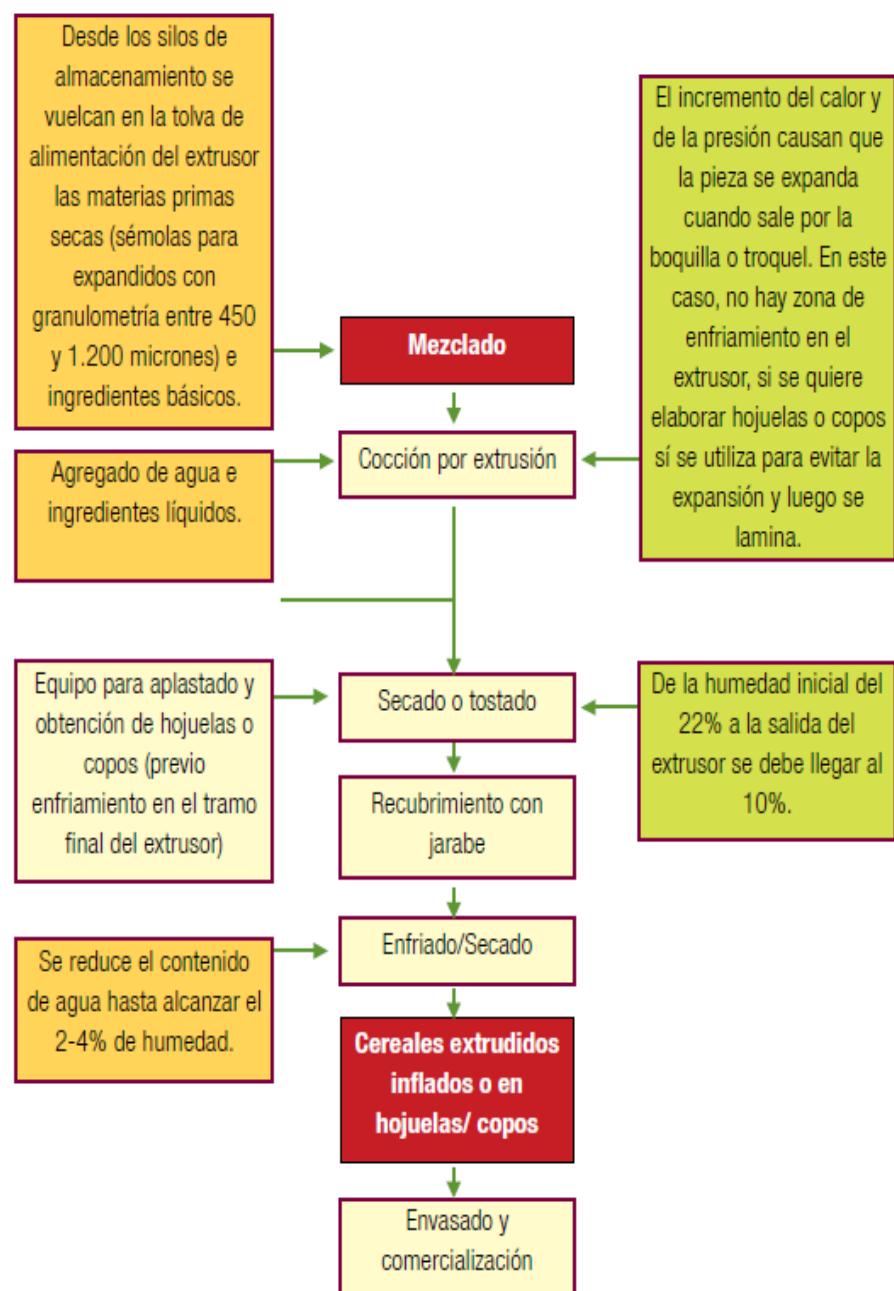
- Harina común

Según su calibración se obtiene harinas finas, su granulometría debe ser menor a 300 micrones y con un tenor de grasa menor de 2,5%.

Extrusión para la obtención de corn flakes

Producción de cereales para desayuno por cocción por extrusión con expansión directa.

Grafico 7



Conclusión

Como dijimos anteriormente “La dureza del grano se debe a complejas interacciones entre los componentes del endospermo, principalmente las proteínas y el almidón.”

Las cantidades relativas de cada uno de los componentes nos va a permitir tener idea de qué tipo de endospermo posee el grano de maíz que vamos a utilizar para obtener como alimento en primera instancia.

Los híbridos que utilizamos están vigentes comercialmente y deben precisar una serie de precauciones para su desarrollo en el tipo de cultivo (distancia de siembra con respecto a otros materiales, contaminaciones con híbridos genéticamente modificados), ya que son no OGM (Organismos Genéticamente Modificados).

Esto y la composición del grano es lo que lo transforma en un “speciality”, que normalmente están dirigidos al mercado exterior donde los requerimientos son más exigentes.

En lo relacionado a la industria, la resistencia mecánica que posee la da el endospermo por su condición de ser “Flint” o “Dent”.

Los híbridos que analizamos estuvieron dentro de los parámetros esperados, por ser materiales de su tipología, pero hay materiales que lo desarrollan de forma mejor. Estas falencias de algunos híbridos son compensadas con mayores cantidades de los demás componentes en cuestión facilitando la obtención de otros subproductos.

Los híbridos que logramos destacar de entre los 14 analizados, son X8 que obtuvo la máxima proporción de almidón por lo que se puede concluir que este híbrido es propiamente dentado, lo que nos va a permitir maximizar el rendimiento en el proceso de molienda para la obtención de harinas.

El híbrido X7 es el que obtuvo la mayor proporción de proteína, por lo que, en combinación con la proporción de almidón, se concluye que su endospermo es duro y va a permitir maximizar su potencial en la fabricación de corn-flakes, cuyo mercado es uno de los más desarrollados a nivel mundial.

La razón por la que, para la producción de copos de maíz para desayuno, aparte de su coloración, es la dureza de su endospermo, el cual en el proceso de molienda va a permitir obtener grits de la granulometría adecuada.

Esta característica permite también su resistencia a las altas temperaturas, el cual mantiene su integridad durante los procesos posteriores.

Como ultima propiedad de este tipo de maíz va a mantener su dureza y su capacidad de turgencia de los copos en el vaso al ser mezclados con leche, proveen un producto de calidad superior que cualquier otro tipo de maíz.

La baja proporción de endospermo duro que tienen los granos Dent genera que los rendimientos molineros sean menores si se busca la misma especificación en términos de tamaño de grits.

La harina de maíz es apreciada por tratarse de un producto de granulometría sumamente homogénea en un rango muy estrecho, lo que la convierte en una harina de cocción rápida.

Si se quiere hacer harina con híbridos Flint (duros) no se podrá obtener menos de 270 micrones, por eso se utilizan endospermo harinoso (blandos) que va a permitir reducir la granulometría y obtener harinas de pequeña granulometría y homogénea.

Bibliografía

- ILSI. Octubre de 2006. Argentina. Maíz y nutrición, Informe sobre los usos y las propiedades del maíz para la alimentación humana y animal. Volumen II. (Disponible en: <http://www.maizar.org.ar/pdf/Revista%20maizar%202.pdf>)
- Ing. en Alim. Elizabeth Lezcano. Junio de 2012. Productos de maíz. Alimentos Argentinos. Min de Agroindustria, edición nº 54, paginas 21-41.
- Calvo M. 1994. Bioquímica de los alimentos. Capítulo 3: Carbohidratos. Tema 6: Almidón y sus derivados. Estructura del almidón.
- Cargill Argentina. Programa de maíces especiales de CARGILL.
- INTA Argentina. Julio 2010. Maíz: Cadena de valor agregado; Alternativa de transformación e industrialización. Edición N° 54.
- ILSI Argentina. Volumen II. Octubre de 2006. Maíz y nutrición, Aporte nutricional de las principales formas de consumo de maíz en la alimentación humana. Olivera Carrión Margarita.
- Producción Animal. 2006. EEA INTA Balcarce. Suplementación en general. Grano de maíz. (Disponible en:http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/80-grano_maiz.pdf)
- Programa Nacional Agroindustrial y valor agregado. Norma de Comercialización de Maíz S.A.G. y P. 1075/94 NORMA XII. MAIZ (disponible en: <http://www.cosechaypostcosecha.org/data/postcosecha/basescomercializacion/basescomercializacionmaiz.pdf>).