

300627
36
203



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

ANALISIS DE LA INDUSTRIA ALMIDONERA DE MEXICO
Y DE E.U.A. ANTE LA PERSPECTIVA DEL TRATADO
DE LIBRE COMERCIO.

TRABAJO ESCRITO
Que para obtener el Título de
INGENIERO QUIMICO
Presenta el Sr.
ALFREDO GUADALUPE
YEO MARTINEZ



Universidad La Salle A. C.
1993

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

UNAM



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

	Páginas
INTRODUCCION	III
1.- ALMIDON	1
1.1 Generalidades	1
1.2 Origen y propiedades funcionales	4
1.3 Almidones modificados	10
1.3.1 Depolimerización	
1.3.2 Entrecruzamiento (cross-linked)	
1.3.3 Esterificación -Eterificación	
1.4 Principales productores en México y E.U.A.	15
1.4.1 Conformación histórica de las sociedades mercantiles	
1.4.2 Jerarquización con base en su capacidad de mollienda	
1.5 Tendencias de mercado	23
1.5.1 Participación local	
1.5.2 Expectativas de crecimiento	
1.6 Sumario	27

2. - EDULCORANTES	28
2.1 Generalidades	28
2.2 Propiedades funcionales y aplicaciones	29
2.2.1 Dextrosa	
2.2.2 Jarábes de Maíz (Corn Syrup)	
2.2.3 Fructosa	
2.2.4 Jarábes de Maíz con alto contenido de fructosa (HFCS)	
2.3 Principales productores en México y E.U.A.	36
2.4 Tendencias de mercado	38
2.4.1 Participación	
2.4.2 Expectativas de crecimiento	
CONCLUSIONES	45
BIBLIOGRAFIA	47

INTRODUCCION

Desde que el hombre tuvo conciencia de la necesidad de cultivar la tierra, para variar su alimentación, descubrió la presencia del almidón como parte constitutiva de diversos cereales y tubérculos, con lo cual inició el desarrollo de una industria que hasta la fecha sigue dando beneficios y contribuyendo de forma esencial al desarrollo económico de las naciones.

Actualmente, se identifican dos fuentes primarias de suministro de almidón: la papa y el maíz, que aunque son plantas nativas de América tuvieron un desarrollo divergente, puesto que la primera tiene en Europa a sus principales productores y la segunda conserva sus raíces al predominar en nuestro continente.

El presente trabajo se centra en la evolución que ha tenido la industria almidonera de México y de los Estados Unidos de Norteamérica en dos grandes grupos de productos que son: almidones y edulcorantes, tomando en cuenta su desarrollo histórico, aplicaciones, mercado, así como su posicionamiento y expectativas de crecimiento; refiriéndonos someramente a las diferencias fisicoquímicas y de proceso puesto que estas, sin dejar de ser importantes, pertenecen al ámbito técnico y no al económico, enfoque principal de este trabajo.

Así mismo, en el análisis que se emprende en páginas siguientes, se pretende demostrar la necesidad que tiene México de buscar y fomentar alianzas tecnológicas y comerciales a fin de no sucumbir ante sus competidores extranjeros. Para lo cual se utilizarán cuadros comparativos y gráficas en rubros tales como: capacidad instalada, consumo per capita, crecimiento estimado y participación de mercado. Todo esto en el contexto de la posible firma de un tratado de libre comercio, que establecería una competencia abierta por el control del mercado de América del Norte.

1.- ALMIDON

1.1 GENERALIDADES

Los almidones han formado parte fundamental de la dieta del hombre desde tiempo prehistórico. Además de su empleo como nutrimento, el almidón se ha usado como adhesivo, apresto textil y en la elaboración del papel, y fue, además, un artículo de gran importancia comercial en la Europa del Renacimiento. Después de la celulosa, este producto es probablemente el polisacárido más abundante e importante desde el punto de vista comercial.

Químicamente, el almidón es una mezcla de dos polisacáridos muy similares: amilosa y amilopectina. La primera, forma cadenas largas lineales que pueden tener 200-2500 unidades de dextrosa, con pesos moleculares que llegan hasta un millón de daltones. La segunda, se diferencia de la amilosa por la presencia de ramificaciones y por su forma molecular similar a un árbol: su peso molecular puede alcanzar hasta 200 millones de daltones.

En términos generales, los almidones contienen aproximadamente 17-27% de amilosa y el resto de amilopectina, aunque algunos cereales como el maíz, el sorgo y el arroz, tienen variedades que están constituidas casi únicamente por amilopectina, y otras en las que la amilosa alcanza hasta el 90% del contenido .

El almidón sirve como reserva energética de las plantas y, normalmente, se almacena en partículas muy pequeñas conocidas como gránulos. Debido a que los gránulos de almidón ejercen una presión osmótica muy baja, es posible almacenar grandes cantidades sin romper el balance de agua de sus tejidos. El tamaño y la forma del gránulo son característicos de cada especie botánica, y no visibles a simple vista, pero fácilmente identificables al microscopio.

ORIGEN BOTANICO	AMILPECTINA %	AMILOSA %	GRANULO micras
Maíz	73	27	5-25
Papa	78	22	15-100
Trigo	76	24	10-40
Tapioca	82	18	5-35
Arroz	83	17	3-8
Maíz céreo	99	1	5-25
Sorgo céreo	99	1	5-25

La gelatinización, como propiedad del almidón es el resultado de la acción de la temperatura sobre los granulos suspendidos en solución acuosa, los cuales se solubilizan, hinchándose por absorción y formando una pasta. Esencialmente este proceso puede ser alcanzado para cualquier gránulo en un rango de temperatura que va de los 100 a los 160° C.

Fisicamente el almidón es un polvo blanco, seco y suave. Insoluble en agua fría, alcohol, éter y solventes orgánicos, siendo estable durante periodos indefinidos de tiempo mientras se mantenga seco y en condiciones adecuadas de almacenamiento.

1.2 ORIGEN Y PROPIEDADES FUNCIONALES

El almidón es la reserva energética de los integrantes del Reino Vegetal, aunque para fines prácticos sólo se escribirá sobre aquellos que industrialmente encuentran aplicaciones, siendo estos el maíz, papa, trigo, arroz, tapioca y sorgo.

Estos almidones presentan una diferenciación morfológica de los granulos que los forman, evidente al observarlos al microscopio (FIG.1), con lo que su identificación resulta hasta cierto punto sencilla.

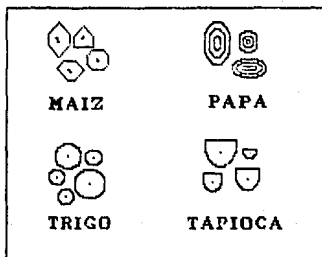


FIG. 1

Los granulos del almidón aun cuando son insolubles en agua fría, la absorben en forma reversible y se hinchan ligeramente; sin embargo, en agua caliente se presenta un gran hinchamiento, produciendo la gelatinización; el ligero hinchamiento del granulo en presencia de agua fría sólo puede ser observado en el microscopio, mientras que el considerable aumento de tamaño que tiene lugar durante la gelatinización se puede apreciar visualmente.

El fenómeno de la gelatinización consiste en la absorción de una mayor cantidad de agua, ocasionada por el rompimiento de los puentes de hidrogeno intermoleculares de las zonas amorfas. Cuando las suspensiones de almidón son calentadas a temperaturas mayores de 50°C; conforme aumenta el tamaño del gránulo se va perdiendo la birrefringencia, debido a una ruptura del arreglo radial de los polímeros; al incrementarse la temperatura aumenta el agua absorbida y parte de las moléculas de amilosa de bajo peso molecular se disuelven y difunden fuera del gránulo, en tanto que las cadenas de mayor tamaño permanecen en él, impidiendo que continúe la solubilización de las de bajo peso molecular.

Cada almidón tiene un grado diferente de cristalización y en consecuencia se hincha y gelatiniza en distintas condiciones de temperatura (TABLA 1).

TABLA 1

ORIGEN	TEMPERATURA DE GELATINIZACION °C
Mais	62 - 72
Papa	59 - 68
Arroz	62 - 78
Tapioca	58 - 70
Trigo	58 - 64
Sorgo	62 - 72

A la temperatura en que se alcanza el máximo hinchamiento de los gránulos se le denomina temperatura de gelatinización, existiendo en ella un alto grado de absorción de agua que permite que las dispersiones de este polímero alcancen elevadas viscosidades (FIG.2).

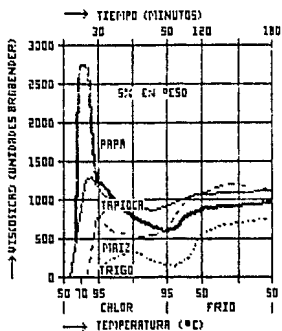


FIG. 2

A medida que continúa este proceso, los gránulos se rompen apareciendo moléculas libres hidratadas de amilosa y amilopectina, reduciéndose la viscosidad de la pasta hasta un cierto valor en el que se estabiliza.

La temperatura de gelatinización se expresa como un intervalo, debido a que no todos los gránulos se hinchan y gelatinizan al mismo tiempo.

Cuando el gránulo de almidón es sometido a elevadas temperaturas (80 - 90° C) y agitación constante, se consigue su solubilización y destrucción total (FIG.3): De este proceso se obtiene una pasta en la que se encuentran presentes moléculas de amilosa hidratada, de bajo peso molecular, rodeando los agregados hidratados derivados del rompimiento del gránulo; dichos agregados están integrados básicamente por cadenas de amilosa y amilopectina de alto peso molecular.

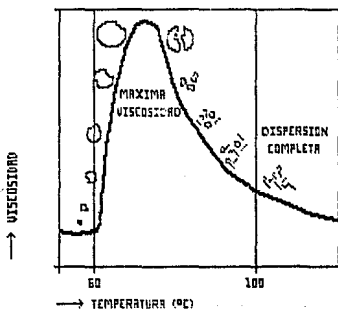
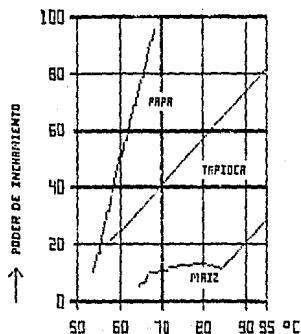


FIG. 3

Los almidones absorben diferentes cantidades de agua, de acuerdo con su origen, pero en general este rango se encuentra entre 40 y 55 g de agua por cada 100 g de almidón.

El poder de hinchamiento de un almidón se determina al suspender una muestra en agua, calentándola por 30 min. y procediendo a separar los gránulos hinchados mediante centrifugación para obtener la relación de peso de gránulos hinchados sobre gramos de materia seca (FIG.4).



Comparativamente el almidón de maíz presenta uno de los más bajos poderes de absorción contra otros almidones, como el de papa y tapioca, lo que implica una menor viscosidad de sus pastas.

Cuando una pasta de almidón gelatinizada se deja enfriar y su concentración es lo suficientemente alta, se forma un gel; el cual es la base de muchas y muy variadas aplicaciones del almidón.

La retrogradación es un fenómeno que se define como la insolubilización y precipitación espontánea de las moléculas de amilosa, debido a que las cadenas lineales se orientan paralelamente e interaccionan por puentes de hidrógeno a través de sus múltiples hidroxilos; la retrogradación se llega a presentar por dos caminos diferentes que dependen de la concentración y de la forma de enfriamiento de la dispersión de almidón: una solución concentrada caliente forma un gel irreversible cuando se enfría rápidamente hasta alcanzar la temperatura ambiente, o bien las soluciones se vuelven opacas formando precipitados cuando se dejan reposar y enfriar lentamente. Cada almidón tiene una tendencia distinta a la retrogradación, la cual se encuentra en relación directa a su contenido de amilosa; la retrogradación de la amilopectina se dificulta más, debido a que sus ramificaciones impiden la formación de puentes de hidrógeno entre moléculas paralelas, no obstante, su insolubilización se lleva a cabo cuando las soluciones de amilopectina se congelan y descongelan continuamente; cuando las fracciones de amilosa o las fracciones lineales de la amilopectina retrogradan, forman zonas con una organización cristalina muy rígida dentro de la propia estructura del almidón, cuando esto sucede se requiere de una energía muy alta para lograr la ruptura de las zonas cristalinas y permitir que el almidón gelatinice.

1.3 ALMIDONES MODIFICADOS

Cuando los almidones nativos o en su forma natural no pueden ser utilizados en algunas aplicaciones industriales que requieren de propiedades específicas, éstas se pueden lograr a través de una modificación de las propiedades físicas o químicas de los mismos.

Estas modificaciones pueden ser divididas en tres grupos que son:

- Depolimerización
- Entrecruzamiento (Cross-Linked)
- Esterificación-Eterificación

1.3.1 Depolimerización

a) Dextrinas

Son productos resultantes de la piroconversión del almidón y tienen el honor de ser el primer almidón modificado en ser descubierto e industrializado en 1821.

La piroconversión es el tratamiento que por medio de calor en un medio ácido consigue la hidrólisis de los enlaces alfa (1,4) de las cadenas de almidón, así como su posterior repolimerización.

Los productos resultantes de este proceso se clasifican en dextrinas blancas y amarillas, las cuales tienen su principal campo de aplicación en la industria de los adhesivos, en la fermentación de antibióticos y como encapsulantes farmacéuticos.

b) Hidrolizados vía ácida

Como su nombre lo indica, estos almidones son modificados bajo el efecto de una catalisis ácida lo cual proporciona al producto final una viscosidad mucho menor que la del almidón nativo así como una pronunciada retrogradación, misma que los convierte en un auxiliar muy útil en la elaboración de "gomitas" para la industria confitera.

Este tipo de modificación se viene realizando desde 1874 y a lo largo de este tiempo los almidones resultantes han sido llamados de muy diversas formas tales como: almidones fluidos, almidones solubles y almidones convertidos.

c) Oxidados

La oxidación del almidón causa, al igual que los anteriores, una deoolimerización con lo que se obtienen dispersiones de baja viscosidad y altos sólidos y se introducen, por otra parte, grupos carbonilos y carboxilos, los que auxilian para minimizar la retrogradación de la amilosa, impartiendo con esto estabilidad.

Existen muchos agentes oxidantes como el periodato, dicromato, permanganato, persulfato, todos ellos, generalmente de sodio y potasio, peróxido de hidrogeno. sin embargo el más popular es el hipoclorito, siendo también la forma de oxidación más antigua, ya que se tienen registros que datan de 1837 en donde se menciona este tipo de modificación.

La modificación con hipoclorito es exotérmica por lo que se debe llevar a cabo en un rango de temperatura de 30-35°C, controlando en todo momento la concentración del reactivo y el pH, el cual no debe de exceder de un rango de 6 - 9.

Los usos de este tipo de almidón son variados ya que tienen un largo historial como aprestos textiles, en lavandería y en la industria de la construcción. Sin embargo su aplicación más notable es en la Industria Papelera, ya que el 85% de su producción va encaminada a este segmento industrial, donde se emplea como recubrimiento, carga y ayuda de enulado.

1.3.2 Entrecruzamiento

El entrecruzamiento ocurre cuando existe en el medio, la presencia de agentes bifuncionales que pueden reaccionar sobre dos hidroxilos. Entre los principales encontramos la epoclorhidrina, metafosfato de sodio, oxícloruro de fósforo, ácido adípico-anhídrido acético y formaldehído.

Para todos ellos ,exceptuando al aldehído,se utiliza la catálisis alcalina, en un rango de temperatura de 30-50°C y con concentraciones de los reactivos en un rango de 0.055%-0.5%.

Los almidones entrecruzados son usados cuando se necesita una pasta estable y con alta viscosidad, en particular cuando la dispersión va a estar sujeta a altas temperaturas o bajos pH, como es el caso de alimentos enlatados, rellenos frutales, pudines, aderezos, etc. Por otra parte y dependiendo del almidón nativo usado como materia prima, pueden ser empleados en antitranspirantes, adhesivos para corrugado, espesantes de tintas y en talcos quirúrgicos.

1.3.3 Esterificación-Eterificación

a) Esterificados

A pesar de que una gran variedad de almidones esterificados han sido descritos, pocos han sido comercializados al no existir aplicaciones específicas para la industria.

Entre los que sí han encontrado un nicho de mercado, están los almidones acetilados, en los cuales la esterificación sobre los grupos (OH) se lleva a cabo con grupos acetato.

Los reactivos mas usados en la preparación de estos almidones son el ácido acético, anhídrido acético, acetona, acetato vínicico; Todos ellos con un grado de sustitución menor a 0.2, lo que significa que existen menos de 20 sustituciones por cada 100 unidades de dextrosa en la cadena de almidón.

La adición de estos grupos, confiere estabilidad a las películas, reduce la tendencia a la gelificación y a la retrogradación, previniendo el enturbiamiento y la sinéresis en aplicaciones encaminadas a la Industria Alimenticia.

Actualmente, están adquiriendo una importancia notable, ya que una gran parte de la industria dedicada a elaborar papel está optando por substituir el uso de almidones oxidados con ellos.

b) Eterificados

Al igual que los anteriores esta clase de almidones se han estudiado esencialmente con carácter académico, ya que su utilización por la industria es prácticamente nula.

Sin embargo existen tres importantes grupos que son el almidón propoxilado, modificado con óxido de propileno y usado como sustituto de plasma sanguíneo y en operaciones de enlatado, el almidón carboximetilado utilizado como estabilizante en pinturas y detergentes ; y los almidones catiónicos.

Estos últimos son los representantes principales de los esterificados, debido a la gran demanda existente en la Industria papelerá, donde juegan un papel preponderante como ayuda en la retención de fibras celulósicas cortas durante la formación de la hoja, debido a la atracción electrostática que se genera entre ambos.

Los almidones catiónicos más usados son el sulfonado y el fosfonado que contienen grupos amino, terciarios y cuaternarios.

1.4 PRINCIPALES PRODUCTORES EN MEXICO Y E.U.A.

Como se ha visto, existen variadas fuentes de obtención del almidón, sin embargo, las más explotadas a nivel comercial son la papa y el maíz, siendo este último el indiscutible líder en América, razón por la cual el estudio económico que a continuación inicia, gira en torno a éste y sólo como referencia se tocará en algunos puntos el caso de la papa (FIG.5).

1.4.1 CONFORMACION HISTORICA DE LAS SOCIEDADES MERCANTILES

1800 - 1970

La primera planta productora de almidón en América fué fundada por Gilbert en Utica, Nueva York en 1807, dedicándose en un principio a la fabricación de almidón de trigo y cambiando a maíz en 1849,

teniendo esta misma suerte las plantas de George Fox en 1854 y la de William Colgate en 1844. En el año de 1895 existían cinco plantas procesando trigo y diez y seis, maíz: en la Unión Americana, la producción alcanzaba 100 mil toneladas anuales de almidón de maíz con un consumo de 20000 bushels del grano por día.

La fabricación de almidón de papa se inició en 1820 en Hillsborough County, Nueva Hampshire, creciendo rápidamente hasta 1895 fecha en la que se contaba con 64 fábricas en operación, ubicándose la mayor parte en Maine y produciendo 11 mil ton/año durante los tres meses que operaban en el mismo.

La fabricación de almidón de arroz comenzó en 1815, sin embargo no se incrementó significativamente, por lo cual la producción pronto fue sustituida por importaciones.

La planta de almidón de maíz construida en 1855 por Right Duryen en Glen Cove, Long Island, llamada Glen Cove Manufacturing Company, era para 1881 la empresa más importante, moliendo 7,000 bushels de maíz por día.

En 1890 un gran número de plantas se unieron para alcanzar una mayor competitividad, contándose entre ellas la mencionada Glen Cove Manufacturing Company, la Piel Plant en Indianapolis y 18 plantas más ubicadas en Ohio, Illinois, Iowa e Indiana, consolidándose bajo el nombre de National Starch Manufacturing Company of Kentucky, representando el 70% de la capacidad de producción de almidón de maíz. Por otra parte y como respuesta a esta acción se unieron la Thomas Kingsfort and Sons, la US Sugar Refining Company, la Argo Starch Company y la Sioux City Starch Company para constituir a la United Starch Company.

Producción de almidón en MEX - E.U.A. 1987-1988

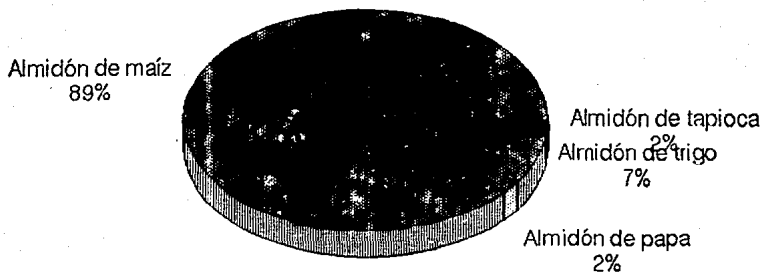


FIG. 5

En el año de 1900 estas dos nuevas compañías se fusionan formando la nueva compañía National Starch Company de Nueva Jersey.

En 1902 la Glucose Sugar Refining Company invierte junto con National Satch Company para constituir a Corn Products Company, la cual representaba el 80% de la industria almidonera de maíz con una mollienda diaria de 65,000 bushels.

En 1906 una nueva fusión, ahora entre Corn Products Company y Nueva York Glucose Company dió como resultado la formación de Corn Products Refining Comoany con una capacidad de mollienda de 140,000 bushels por día. En este mismo año la Western Glucose Company y la National Candy Company son incorporadas a Corn Products Refining Company.

En 1907 surge en Decatur, Illinois, la Staley Company.

En 1913 la ley antimonopolios de Estados Unidos obliga a la desincorporación de varias plantas de Corn Products, con lo cual surgen American Maize Company y Clinton Sugar Refining Company.

En 1923, Anheuser-Busch construye una Planta en St. Louis, Missouri.

En 1930, se da inicio en México a la producción de almidón en maíz, al arrancar una planta subsidiaria de Corn Products Company llamada Productos de Maíz, S.A. en la ciudad de Aguascalientes; en este mismo año, el Ing. Ignacio Aranguren, en la ciudad de Guadalajara pone en operación una planta llamada Aranguren y Compañía, pionera del actual grupo Arancia.

En 1938, Productos de Maíz, S.A. abre nuevas instalaciones en la ciudad de Guadalajara; en 1965, Arancia hace lo propio en la única planta que opera actualmente en la ciudad de México y Almidones Mexicanos, S.A. se constituye en la ciudad de Guadalajara. En 1970, abre sus puertas Industrializadora de Maíz, S.A., filial del grupo Montes en Guadalajara, Jal., cerrándose a la fecha la instalación de nuevas plantas en México, con la inaugurada en San Juan del Río, Qro. por Productos de Maíz en 1975.

1.4.2 JERARQUIZACION - CAPACIDAD DE MOLIENDA

A partir de 1970, la Industria del almidón del maíz, ha venido creciendo a un promedio de 5% por año hasta alcanzar en 1990 una molienda de 1000 millones de bushels (1 bushel = 0.025 TM.). Este crecimiento acelerado, aunado a inversiones estimadas en miles de millones de dolares, ha causado cambios muy profundos y radicales en la participación de las empresas almidoneras, sobre todo de Estados Unidos, llevándolas a constituirse en entidades altamente competitivas y diversificadas: como muestra de esto, se tiene que en el inicio de la década de los 70's Corn Products Company International, A. E. Staley Manufacturing Company y Clinton Corn Processing acaparaban cerca del 50% de la capacidad de molienda de E.U.A., situación que para los 80's había cambiado, ya que el 62% de la capacidad era controlado por Archer Daniels Midland Company (ADM), Cargill Company y A.E.Staley Manufacturing Company quien logro mantenerse entre los líderes.

Actualmente, ADM Corn Sweeteners Division es el fabricante mas importante, con el 26% de la capacidad de mollienda en E.U.A., este consorcio adquirió su primera planta en 1972 y a partir de esa fecha ha seguido un agresivo plan de expansión, destacando la adquisición de Clinton Corn Processing y coinversiones con Pfizer y con Texaco. La capacidad de mollienda, repartica en sus plantas de Cedar Rapids, Iowa, en su complejo de Decatur, Illinois, en sus instalaciones de Clinton, Iowa y Montezuma, Nueva York está calculada en 590 bushels por día.

A.E. Staley Manufacturing Company división de Stanley Continental Inc. mantiene el 17% de la capacidad total de mollienda: actualmente cuenta con plantas en: Lafayette, Indiana, comprada a Anheuser-Busch en 1981; Loudon en Tennessee, Decatur en Illinois y Morris Ville en Pennsylvania; sumando una mollienda de 430 mil bushels sobre día.

Cargill Inc. mantiene el mismo porcentaje que Staley con la misma capacidad de mollienda repartida en cuatro plantas ubicadas en Cedar Rapids, Iowa; Dayton, Ohio; Eddyville, Iowa y Memphis, Tennessee.

Corn Products Company (CPC), el gigante de la década de los 60's, actualmente controla únicamente el 12%, con una capacidad de 280 mil bushels por día en sus plantas de Argo, Illinois; Stockton, California y Winston Salem en Carolina del Norte.

Las cifras anteriores llevan a la conclusión de que entre estas cuatro empresas controlan aproximadamente el 73% de la capacidad instalada de mollienda de maíz y el resto, un 17% se reparte entre 11 empresas entre las que se cuentan las instaladas en México, mismas que debido a la ley de inversiones extranjeras tienen actualmente un capital mayoritario nacional (TABLA 2).

TABLA 2
CAPACIDAD DE MOLIENDA
México - E.U.A
1987-1988

PRODUCTOR/UBICACION	CAPACIDAD (Bushels/día)		PARTICIPACION (%)
ADM			
Cedar Rapids, IA	150,000		
Decatur, IL	300,000		
Cinton, IA	150,000		
Montezuma, N.Y.	50,000	590,000	24
Amazo			
Decatur, IL	50,000		
Dimmitt, TX	35,000		
Hammond, IN	90,000	175,000	7
Cargill			
Cedar Rapids, IA	60,000		
Dayton, OH	150,000		
Eddyville, IA	110,000		
Memphis, TN	110,000	430,000	18
Coors			
Johnstown, CO	10,000	10,000	< 1

CPC				
Argo, IL	180,000			
Stockton, CAL	50,000			
Winston Salem, NC	50,000	280,000		12
GPC				
Muscatine, IA	110,000	110,000		5
Hubinger				
Keokuk, IA	95,000	95,000		4
MCP				
Marshall, MN	35,000	35,000		1
National Starch				
Indianapolis, IN	60,000			
Kansas City, MO	50,000	110,000		5
Penford Products				
Cedar Rapids, IA	35,000	35,000		1
A.E. Staley				
Decatur, IL	200,000			
Lafayette, IN	90,000			
Loudon, TN	90,000			
Morrisville, PA	50,000	430,000		18
Arancia				
Guadalajara, JAL	30,000			
México, D.F.	30,000	60,000		2
Productos de Maíz				
Guadalajara, JAL	12,000			
San Juan del Río, QRO	32,000	44,000		1
ALMEX				
Guadalajara, Jal	16,000	16,000		<1
IMSA				
Guadalajara, Jal	12,000	12,000		<1
TOTALES		2'422,000		100

1.5 TENDENCIAS DE MERCADO

1.5.1 PARTICIPACION LOCAL

Como se observa en la Taola 2, la participación de la Industria Mexicana es muy pequeña en comparación con las grandes empresas existentes en E.U.A., razón por la cual y para ubicar ambas industrias en un contexto de apreciación diferente en las figuras siguientes se jerarquiza a cada una de ellas en su propio territorio (FIG.6-7).

Tanto en E.U.A como en México, el liderazgo recae en pocas compañías, pues si bien en E.U.A. el 83% lo controlan 4 empresas, en Mexico el grupo Arancia tiene el 46% de la capacidad de mollienda instalada.

1.5.2 EXPECTATIVAS DE CRECIMIENTO

Como se dijo anteriormente, la Industria del Almidón de maíz, ha tenido en la última década un crecimiento explosivo hasta alcanzar en 1990 los 100 millones de bushels de mollienda diarios (TABLA 3).

TABLA 3
MOLIENDA ANUAL DE MAIZ
E.U.A. - MEXICO

AÑO	MILLONES DE BUSHELS
1930	75.7
1935	58.3
1940	81.7
1945	119.1
1950	131.4
1955	137.9
1960	153.5
1965	204.9
1970	237.0
1973	275.0
1983	650.0
1988	926.0
1990	1000.0

Para los próximos años, se espera que este crecimiento en capacidad de molienda continúe, pero con una orientación diferente a la que se venía dando hasta 1993, ya que los almidones pasaron de ser los líderes en cuanto a producción y consumo de derivados de maíz a ceder su lugar en 1988 al HFCS (High Fructose Corn Syrup) y al etanol.

La expectativa de crecimiento en E.U.A. hasta 1991 para este segmento era pesimista, sin embargo, la preocupación por el cuidado del medio ambiente y la conciencia ecológica mundial posiblemente ayude al almidón, sino a recuperar el sitio privilegiado que tenía sí a continuar creciendo de forma estable, ya que recientes investigaciones lo involucran en la formulación de intermedios para la fabricación de empaques biodegradables, que se espera sustituyan a un amplio sector de derivados del petróleo usados en este fin.

Capacidad de molienda de E.U.A. 1987-1988

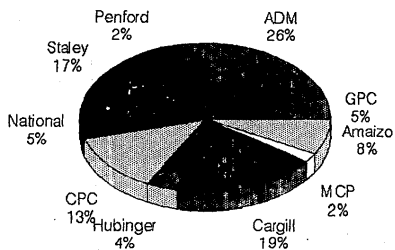


FIG. 6

Capacidad de molienda de E.U.M. 1987-1988

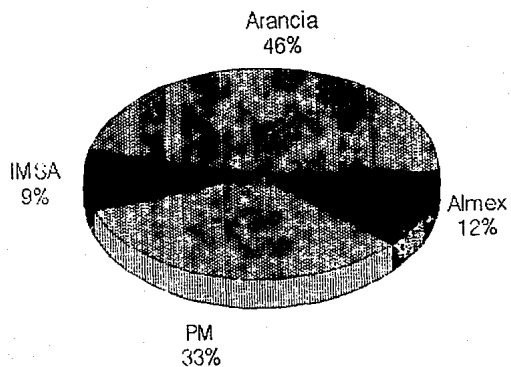


FIG. 7

En México, por el contrario, el grado de desarrollo industrial es mucho menor, ya que muchos derivados del maíz, obsoletos ya en E.U.A. no han sido aún incorporados a la fabricación nacional por lo cual se prevé que el uso del almidón seguirá creciendo en forma importante durante toda la década de los 90's.

1.6 SUMARIO

El almidón en general, aun representa para la economía de México y de los E.U.A. fuente de recursos, empleo e industrialización, aunque ya en un futuro cercano no sea la prioridad de producción de las plantas, las cuales tenderán a la fabricación de productos con un valor agregado, con lo cual una gran parte de los almidones pasarán a ser tan sólo un elemento para optimizar costos de fabricación, sobreviviendo aquellos que por su grado de especialización alcancen una contribución importante en las finanzas empresariales.

Asimismo, la diferencia que existe en cuanto a la fortaleza económica e industrial en ambos países, impedirá que este proceso se lleve a cabo en forma paralela con lo cual y ante la perspectiva de un libre comercio, México recibirá en los próximos años una sobre oferta de almidones modificados que permitirá alcanzar un desarrollo acelerado en algunos sectores industriales, pero que sin duda afectará a los productores nacionales de almidón.

2. EDULCORANTES

2.1 GENERALIDADES

Los productos de referencia son aquellos cuya materia prima es el almidón de maíz, siendo los principales: la dextrosa, los jarabes de maíz (Corn Syrup), fructosa y jarabes de maíz con alto contenido de fructosa (HFCS).

Una gran variedad de procesos enzimáticos y catalizados vía ácida son usados para la elaboración de dichos edulcorantes. Por mencionar algunos, se puede citar: la hidrólisis enzimática del almidón y posterior cristalización para fabricar dextrosa; la isomerización enzimática de la dextrosa para producir HFCS, con el enriquecimiento de los niveles de fructosa por medio de separación cromatográfica o la simple hidrólisis vía ácida que se usa para elaboración de jarabes de maíz normales.

La obtención de edulcorantes partiendo de almidón dio inicio a principios del siglo XIX, cuando durante la guerra Franco-Inglesa, el comercio del azúcar se hizo muy difícil encontrándose una posibilidad de sustitución en los estudios de Kirchoff de 1811.

La manufactura de dextrosa por hidrólisis del almidón en E.U.A. inició comercialmente en 1842, para 1876, 47 plantas estaban en producción de este producto.

Hasta 1930, la hidrólisis ácida era el medio más común y sencillo para obtener jarabes de maíz, a principios de 1940, la investigación en el área de enzimas dió la oportunidad de diversificar la obtención de dichos jarabes, mejorando la calidad y ampliando los usos.

Así mismo, la introducción de dichos procesos enzimáticos permitió iniciar la búsqueda de productos con una mayor capacidad edulcorante que la sacarosa (TABLA 4), ya que hasta esa época solo a nivel laboratorio, se había obtenido fructosa. Fué, en 1966, en Japón donde comenzó la producción comercial de HFCS, los cuales han ayudado a que los edulcorantes derivados del maíz hayan desplazado de forma significativa a la sacarosa en múltiples usos (TABLA 5).

TABLA 4
PODER EDULCORANTE RELATIVO DE ALGUNOS AZUCARES
SACAROSA = 100

Azúcar	Dulzura	
	-- En solución	Forma cristalina
beta-D-fructosa	135	180
alfa-D-glucosa	60	74
beta-D-glucosa	40	82
alfa-D-galactosa	27	32
beta-D-galactosa	--	21
alfa-D-manosa	59	32
beta-D-manosa	amargo	amargo
alfa-D-lactosa	27	16
beta-D-lactosa	48	32
beta-D-maltosa	39	--

TABLA 5

CONSUMO HISTORICO PERCAPITA DE EDULCORANTES DERIVADOS DEL MAIZ
Y DE LA SACAROSA EN E.U.A.

AÑO	SACAROSA (KG)	EDULCORANTE (KG)	TOTAL (KG)	EDULCORANTE (%)
1900	29.5	--	29.5	--
1925	46.4	--	46.4	--
1960	44.4	5.2	49.6	10.5
1965	40.5	12.5	53.0	23.6
1980	37.9	18.2	56.1	32.4
1985	28.7	29.5	58.2	50.7
1986	27.6	30.7	58.3	52.7
1987	28.4	31.4	59.8	52.5
1988	28.4	31.9	60.3	52.9

2.2 PROPIEDADES FUNCIONALES

2.2.1 DEXTROSA

La dextrosa presenta tres formas de cristalización, cada una con diferentes características (TABLA 6).

TABLA 6

	alfa anhídrica	alfa monohidratada	beta anhídrica
PUNTO DE FUSION (°C)	146	83	150
SOLUBILIDAD (25°C)	62	30.2	72
ROTACION OPTICA ESPECIFICA	112	112.2	18.7
CALOR DE SOLUCION A 25°C (Cal/g)	-14.2	-25.2	-6.2

El rango de disolución de las tres formas cristalinas corresponde a su solubilidad inicial, la cual va descendiendo a partir de la anhídrida BETA, anhídrida ALFA y monohidratada ALFA. La solubilidad de la dextrosa en agua, también es función de la temperatura (FIG.8).

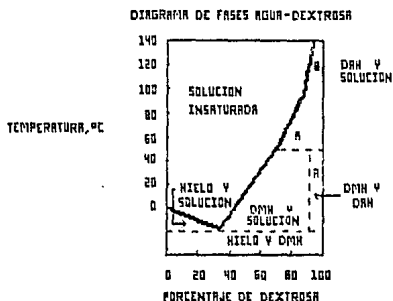


FIG. 8

La viscosidad de las soluciones de dextrosa es función de la concentración y de la temperatura (TABLA 7).

TABLA 7
 VISCOSIDAD DE LA DEXTROSA EN SOLUCION

Concentración (%)	Viscosidad, cP				
	15.6°	37.4°	60.0°	71.1°	82.2°
20	2.4	1.3	0.8	0.7	0.6
35	5.3	2.4	1.4	1.2	0.9
50	16.3	6.1	3.1	2.4	1.9
65	100.0	29.5	11.2	7.9	5.5
75	----	200.0	19.0	28.6	17.5

La dextrosa es hidroscópica y absorbe humedad de la atmósfera sino es bien resguardada. La humedad relativa de equilibrio a 25 °C es cercana a 60%.

La dextrosa al ser un monosacárido presenta la facilidad de ser consumido de forma inmediata en procesos de fermentación, por levaduras, encontrando por esto un gran campo de acción en la industria farmacéutica. En la industria de bebidas es usada para proveer dulzor, cuerpo y aumentar la presión osmótica de la solución, asimismo en productos dietéticos se usa en combinación con el aspartame para obtener un efecto sinérgico relacionado al dulzor. En panificación ayuda a impartir textura y color, en confitería previene procesos de cristalización indeseables y en la industria es materia prima para la fabricación de sorbitol, ácido glucónico, polidextrosa y HFCS.

2.2.2 JARABES DE MAIZ (Corn Syrup)

Esta familia de edulcorantes son producidos por una hidrólisis parcial del almidón, la cual es medida al analizar el porcentaje de grupos finales constituyentes de los jarabes a lo cual se le denomina % DE o dextrosa equivalente; existen tres procesos típicos de producción:

- a) Conversión ácida
- b) Conversión ácido-enzima
- c) Conversión enzima-enzima

Las propiedades funcionales más importantes de los jarabes de maíz incluyen la fermentabilidad, viscosidad, humectancia, dulzor, encafecimiento.

La fermentabilidad depende del proceso específico y organismo usado, pero en general la dextrosa, maltosa y maltotriosa son nutrientes de levaduras en cervecera y panificación, incrementando su efectividad a medida que el grado de DE sube, ya que su perfil de carbohidratos es función de este parámetro (TABLA B).

TABLA B
PERFIL DE CARBOHIDRATOS PARA LOS JARABES DE MAÍZ

DE	Conversión	Porcentaje de carbohidratos básicos						
	TIPO	DP1	DP2	DP3	DP4	DP5	DP6	DP7+
27	A	9	9	8	7	7	5	54
36	A	14	12	10	9	8	7	40
42	A	20	14	12	9	8	7	30
55	A	31	18	12	10	7	5	17
63	AE	8	40	15	7	2	2	26
49	AE	9	52	15	1	2	2	19
65	AE	39	31	7	5	4	3	11
70	AE	47	27	5	5	4	3	9
95	AE	92	4	1	1	sum = 2		
95	EE	94	4		sum = 2			

A = Acido
AE = Acido-enzimático
EE = Enzimático-enzimático
DP = Grado de polimerización

La viscosidad de los jarabes se incrementa a medida que se reduce el % DE; este parámetro es importante en muchas aplicaciones alimenticias, ya que afecta la evaluación organoléptica y la estabilidad de los productos involucrados.

El poder edulcorante es función del nivel de los azúcares simples (dextrosa, maltosa) que se encuentren en su composición, por lo que jarabes con 63 y 42% de DE tienen 45 y 30% del dulzor de la sacarosa, respectivamente.

Otras propiedades importantes incluyen el encafecimiento vía reacciones de Maillard, de presión del punto de congelación, presión osmótica, todas estas incrementándose cuando el DE lo hace; cohesividad, prevención de cristalización y textura que decrecientan su acción mientras disminuya el %DE.

2.2.3 FRUCTOSA

La fructosa es una hexosa, formada mediante un enlace glucosídico, por una molécula de dextrosa y una de sacarosa. La fructosa, también llamada levulosa o azúcar frutal es encontrada en estado natural en frutas, vegetales y miel, está presente en forma de polímero llamado inulina en plantas como el maguey, en raíces y tubérculos.

La fructosa es un cetosa y existe en solución como una mezcla de fructopiranosas y fructofuranosas en sus formas ALFA y BETA.

El interés por la fructosa se ha incrementado desde el punto de vista nutricional, dado que es fácilmente metabolizada por el organismo, siendo también hasta un 80% más dulce que la sacarosa, sustituyéndola en productos dietéticos y en alimentos para diabéticos e hipoglucémicos.

Comercialmente, existen dos métodos de obtención que son: la inversión o hidrólisis de la sacarosa, y por medio de isomerización enzimática, siendo este el más común a nivel industrial.

En cuanto a propiedades, podemos hablar de las siguientes:

a) Poder Edulcorante: En su forma cristalina más pura, la BETA fructopiranososa alcanza un grado de 180, sin embargo en condiciones normales es muy difícil aislar únicamente esta forma, por lo que se establece un valor promedio para las soluciones de fructosa de 117, el cual puede variar dependiendo de los componentes del sistema, del pH y de la temperatura.

b) Sinergia: Cuando es usada en combinación con la sacarosa, en proporciones iguales, se obtiene un efecto sinérgico que llega a alcanzar un valor promedio de 128 en condiciones normales.

c) Sabor: Pruebas de laboratorio y paneles de saboristas han demostrado que la fructosa intensifica la percepción en sabores y ácidos, por lo cual es posible reducir estos componentes de las formulaciones en alimentos y bebidas hasta un 10%, con el consiguiente ahorro en costos de fabricación.

d) Humectancia: Por su alta higroscopicidad, la fructosa ayuda en la conservación de la textura original en alimentos, reduciendo la actividad de agua (A_w) y previniendo crecimiento bacteriológico.

Otras propiedades son la de presión del punto de congelación y la alta solubilidad en agua, puesto que se pueden lograr soluciones hasta del 90% a 60°C sin sufrir cristalización.

2.2.4. HFCS

Como su nombre lo indica (High Fructose Corn Syrup), estos productos son jarabes de maíz enriquecidos con fructosa, los cuales se dividen en HFCS, EFCS y VEFC3, que son las siglas para definir el contenido de fructosa, siendo este de 42, 55 y 90% respectivamente.

El proceso de obtención involucra utilizar como materia prima dextrosa (95% DE) la cual mediante un proceso enzimático da como resultado una mezcla con 42% de fructosa y 52% de dextrosa, llevándose a cabo posteriormente separaciones por medio de procesos de intercambio iónico y evaporación hasta lograr la concentración reportada en los otros tipos (TABLA 9).

TABLA 9

PROPIEDADES DE LOS JARABES DE ALTA FRUCTUOSA

	HFCS	EFCS	VEFCS
Sólidos (%)	71	77	80
Humedad (%)	29	23	20
pH	4.0	4.0	4.0
Color (RBU)	5	5	5
Cenizas (%)	0.03	0.03	0.03
Fructuosa (%)	42	55	90
Glucosa (%)	52	42	9
Fierro (ppm)	< 1	< 1	< 1
Cobre (ppm)	< 0.05	< 0.05	< 0.05

Las aplicaciones de estos productos están centradas en el segmento de los refrescos, puesto que desde 1983 la gran mayoría de ellos sustituyó la sacarosa por el EFCS, asimismo el HFCS encuentra su mercado natural en la panificación y galletería en donde imparte un alto grado de humectación a sus productos. El VEFCS es usado principalmente en alimentos de bajas calorías.

2.3 PRINCIPALES PRODUCTORES EN MEXICO Y EN E.U.A.

De los productos mencionados anteriormente, únicamente son fabricados en México, los jarabes de maíz y la dextrosa en su forma monohidratada, ya que por el gran despliegue tecnológico necesario para producir fructosa y HFCS y debido a la casi nula inversión nacional y extranjera registrada en México, en la década de los 70's y 80's no se ha implementado ningún proceso viable y competitivo de fabricación (TABLA 10).

TABLA 10

PRODUCTORES DE EDULCORANTES DERIVADOS DEL MAIZ

	PRODUCTOS						
	95 DE	L1a	Mono	Anhy.	42	55	CS
ADM							
Cedar Rapids, IA	X						
Clinton, IA	X	X	X		X	X	X
Decatur, IL	X						X
Montezuma, NY	X						
AMAIZO							
Decatur, AL	X				X	X	
Dimmitt, TX	X				X	X	
Hammond, IN	X				X		
Cargill							
Cedar Rapids, IA							X
Dayton, OH	X				X	X	
Eddyville, IA	X	X			X	X	
Memphis, TN	X				X	X	X
Coors							
Johnstown, CO	X				X		
CPC							
Argo, IL	X	X	X	X	X	X	X
Stockton, CA	X				X	X	
Winston-Salem, NC	X				X	X	X
Hubinger							
Keokuk, IA	X				X	X	X
Staley							
Decatur, IL	X	X	X		X	X	X
Lafayette, IN	X				X	X	
Louden, TN	X				X	X	X
Morrisville, PA	X	X			X		
Arancia							
México, D.F.			X				X
P.M							
Guadaluajara, JAL							X
San Juan del Río, QRO							X

Alme4
Guadalajara, JAL X

IMSA
Guadalajara, JAL X

Liq = Dextrosa Liquida
Mono = Dextrosa Monohidratada
Anhy = Dextrosa Anhidra
42 = 42% HFCS
55 = 55% HFCS
CS = Jarábes de Maíz

2.4. MERCADO

2.4.1 PARTICIPACION

Al no existir concordancia en cuanto a los productos fabricados en E.U.A y en México, no es posible establecer una comparación válida, razón por la que se define a continuación de forma separada la participación de las corporaciones en sus respectivos países (FIG.9 - FIG.10).

2.4.2. EXPECTATIVAS DE CRECIMIENTO

Este segmento industrial muestra un estancamiento completo en México, ya que como se vió, únicamente existe un fabricante de dextrosa monohidratada y cuatro de jarabes de maíz, quedando excluidos los otros dos productos que nos ocupan.

Edulcorantes

Capacidad de producción E.U.A.

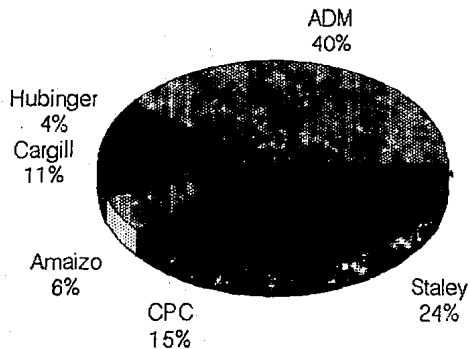


FIG. 9

Edulcorantes

Capacidad de producción E.U.M

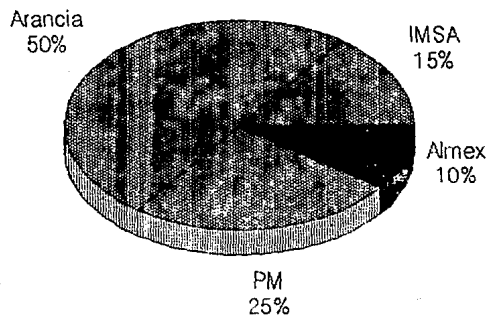


FIG. 10

El mercado es estático, y aunque el potencial de crecimiento es muy atractivo, sobre todo en los refrescos, la inversión necesaria para instalar plantas eficientes en la producción de HFCS, es muy alta y dada la gran posibilidad de importación en el marco del TLC, el riesgo de poder recuperar dichos recursos en un plazo razonable es muy alto.

Mientras tanto en E.U.A. se vive una revolución en este campo, ya que desde 1970, el HFCS ha venido creciendo de forma sostenida, los jarabes de maíz han permanecido estáticos y la dextrosa sin crecimiento apreciable desde hace una década, ha iniciado una recuperación importante, que se espera se consolide en los 90's al ser utilizada como intermedio en la fabricación de ácido cítrico y etanol, producto este último que se espera sea para el año 2000, el sustituto de las gasolinas actuales.

Los HFCS son los productos de mayor venta y consumo entre los derivados del almidón, puesto que han sustituido a la sacarosa en casi todos los productos alimenticios, exceptuando mezclas en seco o donde la higroscopicidad es perjudicial. Esto gracias a dos razones fundamentales, la primera la calidad que se ha obtenido al invertir millones de dolares en investigación y en segundo lugar el costo puesto que desde su incorporación al mercado han mantenido cotizaciones por debajo de la azúcar. Estos parámetros han influido en forma notable para que el consumo per cápita de HFCS se incremente rápidamente a costa de la sacarosa (FIG.11) (TABLA 11).

Consumo de edulcorantes

Lbs. per capita U.S.A.

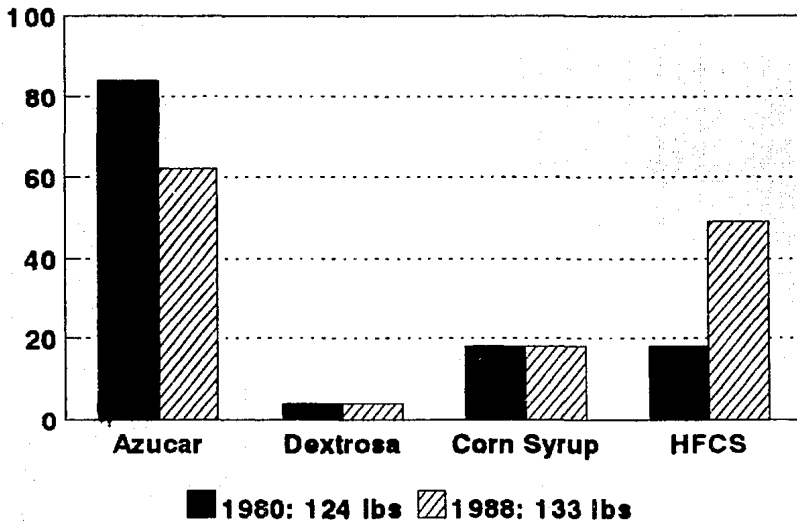


Fig. 11

TABLA 11
 CONSUMO PER CAPITA DE EDULCORANTES EN E.U.A.

Año	Sacarosa	HFCS	Járabes	Dextrosa	Total
1970	101.8	0.7	14.0	4.6	121.1
1975	89.2	4.9	17.5	5.0	116.6
1980	83.6	18.0	17.6	3.5	122.7
1981	79.4	22.2	17.8	3.5	122.9
1982	73.6	26.7	18.0	3.5	121.8
1983	71.0	31.1	18.0	3.5	123.6
1984	67.6	37.3	18.0	3.5	126.4
1985	63.4	44.1	18.0	3.5	129.0
1986	60.3	46.0	18.0	3.5	128.3
1987	62.4	47.5	18.0	3.5	131.4
1988	62.4	48.5	18.0	3.6	132.5
1989	62.1	49.1	18.0	3.6	132.8

El punto definitivo que dió impulso al consumo de HFCS y que se espera sea el motor que mantenga el crecimiento del mismo es la sustitución de la sacarosa en los refrescos, la cual dió inicio en 1980 con Coca Cola Co. extendiéndose de tal forma que actualmente todas las marcas importantes usan al 100% el EFCS en sus concentrados. Los HFCS han crecido de 4.6 billones de lbs. en 1980 hasta 11.85 billones en 1988, correspondiendo el 38% para el HFCS y el 62% para el EFCS (FIG.12).

Se espera que este crecimiento continúe para la década de los 90's estabilizándose para el año 2000, en donde se cree que nuevos edulcorantes artificiales sean lanzados al mercado, con costos de fabricación menores y un poder edulcorante superior.

HFCS

Mercados principales

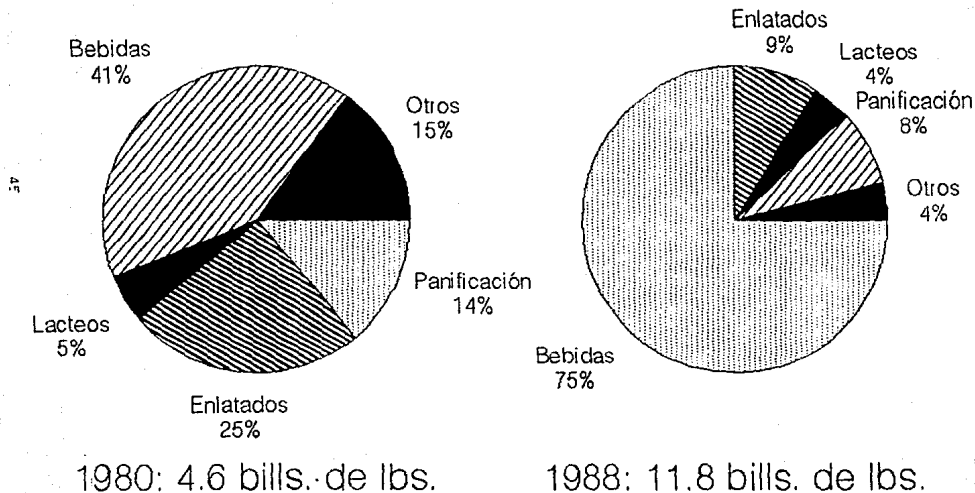


FIG. 12

CONCLUSIONES

Una vez expuesta la situación de la industria almidonera tanto de México como de E.U.A. hay puntos que resaltan a simple vista, como es la diferencia abismal que existe entre una y otra tanto en capacidad instalada, desarrollo y diversificación de productos, así como de recursos destinados a la investigación; lo cual es atribuible a la sobreprotección que durante muchos años tuvo el industrial de nuestro país lo cual le hizo mantener un mercado cautivo y no esforzarse por avanzar de la mano con el progreso mundial.

Esta situación ha llevado a la industria nacional ha encontrarse poco preparada para la apertura de fronteras que se dará al probarse el Tratado Trilateral de Libre Comercio, puesto que mientras que aquí se encuentra con una gama limitada de derivados, las empresas norteamericanas ofrecerán un producto para cada necesidad, con la ventaja de contar con plantas cuya capacidad de producción permitirá minimizar al máximo los costos de fabricación.

Por otra parte, y hablando exclusivamente de los HFCS, México al ser el segundo consumidor de refrescos más importante del mundo, representa un mercado sumamente atractivo para los fabricantes de E.U.A. ya que si bien en nuestro país se continúa usando azúcar como edulcorante de estas bebidas, no ha sido por un rechazo a los HFCS,

sino por la falta de abastecimiento y capacidad instalada de los fabricantes nacionales generada por la falta de ambición y audacia que durante una década les impidió invertir y crecer a la sombra de los embotelladores; por lo cual estos productos pudieran convertirse en la punta de lanza de un abierto ataque al mercado nacional.

Esta invasión comercial, sin embargo por los volúmenes a manejar presenta problemas de logística y costo de fletas si es que se buscara atender a los clientes potenciales desde los E.U.A., por lo cual existen dos vías de solución para estas empresas; la primera, buscar alianzas con los productores nacionales vía inversión conjunta para modernizar y hacer rentables a las plantas ya existentes y la segunda, invertir de manera privada y a la sombra de las posibles modificaciones de la ley de inversiones extranjeras, en nuestro territorio.

Para Mexico, la primera opción es el único camino viable, ya que de no propiciar esta situación se estará presenciando la desaparición de este sector industrial y se verá convertido a nuestro país en un nuevo escenario de la permanente lucha que libran los industriales del almidón en E.U.A.

BIBLIOGRAFIA

1-Rodney L. Simms. The technology of Corn Wet Milling. Marcel Dekker Inc. New York 1985.

2-John E. Long . United States Markets for Starch-based Products. Marcel Dekker Inc. New York 1985.

3-Guy Fleche. Chemical Modification and Degradation of Starch. Marcel Dekker Inc. New York 1985.

4-HRA, Inc. The USA Starch & Sweetener Industries: A Technical and Business Review. HRA Inc. New York 1988.

5-R.L. Whistler, E.F. Paschall. Starch: Chemistry and Technology. Academic Press Inc. Orlando 1984.

6-Arancia S.A de C.V. Curso de Capacitación Técnica. Departamento de Asistencia Técnica. Guadalajara 1987.

7-Industrializadora de Maíz S.A. de C.V. Fuente de información directa. México D.F. 1992.