

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS QUIMICAS

TESIS
ADOLFO PATRON LUJAN

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
QUÍMICO

MEXICO, D. F.

1949

62



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 esta 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.

DEDICO LA PRESENTE:

**A la memoria
DEL DR. ADOLFO PATRON MARTINEZ.**

**A MIS PADRES.
A MI HERMANO.**

**A MIS MAESTROS,
Y COMPAÑEROS.**

PROLOGO

El motivo principal que me condujo a la elaboración de la presente tesis, fué el de complementar la obra iniciada por el Dr. Adolfo Patrón M. y continuada por el Ing. Rodolfo Patrón.

El trabajo del primero fué la organización del cultivo de la yuca, que hasta aquella época, se hacía rudimentariamente. A él se debe la importación de las primeras semillas extranjeras que se introdujeron al país, provenientes de Cuba y el Brasil. También a él se debe la idea de la primera planta de extracción de almidón de yuca, idea que cristalizó debido a la ayuda del segundo. Más tarde, esta industria ensanchó su campo al establecerse la primera fábrica de dextrinas y pegamentos a base de almidón de yuca, que hubo en México.

Revisando libros y tratados no pude encontrar ninguno que abarcara la yuca desde la planta, hasta la fabricación de pegamentos. Este hecho y el expuesto en el primer párrafo, impulsaron en mí mente la idea de resumir en un trabajo las bases principales de lo anterior, o sea, hablar de la yuca desde su siembra hasta su cosecha, de las plagas, de los usos de la misma, complementando esto con análisis químicos. Referirme en términos generales al almidón, su historia, sus propiedades físicas y químicas, manufactura del de yuca y sus usos, agregando algunas observaciones de carácter químico. Finalmente, estudiar su aplicación en pegamentos y dextrinas y compararlos con pegamentos similares obtenidos de otros almidones. En fin, hacer un resumen de los trabajos que como dije en el primer párrafo, iniciaran y continuarán el Dr. Adolfo Patrón M. y el Ing. Rodolfo Patrón, y los míos.

Quiero hacer notar que esta tesis no es un trabajo exclusivo de investigación, sino una recopilación de estudios existentes con observaciones e investigaciones personales.

Todas las determinaciones analíticas y sus datos numéricos se encuentran al final de este trabajo, en el Capítulo VI, denominado "Parte Experimental y Cuadro Analítico."

CAPITULO I.

LA PLANTA.

INTRODUCCION.—La "Tapioca" es oriunda de América. Desde remotas épocas se le conoce y cultiva y es considerada como una de las plantas que mayor valor comercial tiene entre los hombres. Puede decirse que con excepción del maíz, frijol y patata, es de todas las plantas indígenas de América la que se conoce y cultiva más en todo el mundo.

A la tapioca se le conoce con diferentes nombres, como son: "Cassava" en los Estados Unidos; "Manioc" en posiciones francesas "Mandioca" y "Aimpim" en Brasil; "Casave" y "Yuca" en México, Cuba y las Antillas. Este último fué posiblemente el antiguo nombre caribe; sin embargo, en Haití los indios le llamaron "Kasabi", de donde probablemente se derivó el nombre español de "Casave", que más tarde pasó al inglés como "Cassava".

Por razones de semejanza con la "Patata" o "Papa", es en algunos lugares conocida como "batata".

Probablemente todas las variedades actuales de la yuca tengan un mismo origen, posiblemente sea éste la cuenca del Amazonas, en donde a fines del siglo XV o a principios del XVI, fué hallada por primera vez por los portugueses, quienes observaron que los indios Guaraníes y Tipinambás la cultivaban rudimentariamente. Allá por el año de 1548, Pinzón hace la primera alusión científica de la yuca, diciendo que se cultivaba hasta una latitud de 3° al Sur y una altura no mayor de 900 metros, diciéndonos también que era planta originaria del Brasil. Los primeros colonizadores la observaron en las Guayanas, México y las Antillas, suponiendo que su cultivo databa de muchos años, dada su generalización en aquellas tierras.

Cuando los exploradores, y en especial los portugueses, se dieron cuenta de su valor comercial y nutritivo y del fácil cultivo de la yuca, no tardaron en llevarla a Europa y Africa, para que más tarde su cultivo se generalizara en Java, India e Islas Neerlandesas. Por su valor comercial, rápidamente se extendió a todos los lugares

donde podía ser cultivada. En los Estados Unidos, no se sabe cuando se empezó a sembrar, aunque existen datos de que en la Guerra Civil era usada como planta productora de almidón.

DESCRIPCION.—Desde el punto de vista botánico, pertenece al orden natural de las EUPHORBIACEAS. La yuca cultivada es una mata o arbusto que alcanza generalmente de 1 a 4 metros de altura, cuyo tronco y ramas se trifurcan, aunque en algunas variedades es únicamente dicotónica. El tronco y las ramas viejas son de un color verde café o café grisáceo, en donde podemos notar nudosidades causadas por las cicatrices de las hojas caídas. Las hojas son de color verde oscuro las viejas, y verde claro las jóvenes, de largo peciolo y palmipartidas generalmente con 5 a 9 lóbulos lanceolados. La planta es monoica, con flores apétalas pequeñas, comúnmente amarillentas o rojizas, agrupadas en racimos.

Las raíces son exteriormente de color café rojizo llegando en algunos casos a amarillento claro y de longitud que varia entre 20 centímetros a un metro y de diámetro entre cinco y veinte centímetros. El número de tubérculos varia entre tres y diez, y en su interior son de color blanco lechoso, en donde la planta almacena el almidón como reserva para su propia alimentación. Estas raíces que crecen en forma radiada y superficial, varían en color, forma y dimensiones, de acuerdo con las edades, variedades y lugares de cultivo.

VARIEDADES.—En la yuca podemos decir que existen dos grandes clasificaciones.

El Manihot Utilissima, conocida vulgarmente con el nombre de yuca agria, brava o amarga, y el Manihot Palmata, conocido como yuca dulce.

Dentro de estas clasificaciones existen muchas variedades, producto de diferentes lugares y medios de cultivo, conocidas con diversos nombres; por ejemplo, en:

- Puerto Rico:—Eustic, Pata de Paloma, Blach Bunch of Keyes, Garden Sweet, White Top, Yellow Belly, Palo Colorado, Florita Sweet, etc.
- EE. UU.: Cajón Amarilla, Solita Blanca, Cenaguera, Negrita, Florida, Manteca, Pacho, etc.
- Cuba: Morado, Tipo Almidón, Agria, Dulce, Blanca, Bruja, Cartagena, Francesa, Amarilla, Enana,

Dulce, Cristalina, Arroba, Morada Agria, Bruja Dulce, etc.

México: Existía desde la época precortesiana, un tipo natural de yuca que posteriormente fué conocido con el nombre de yuca del país; por el año de 1916 fué importada por primera vez semilla cubana, la cual fué rápidamente esparcida y su cultivo fué generalizado; al correr los años de 1935, fué importada del Brasil semilla de las variedades cristalina y morada, las que al igual que la cubana, rápidamente generalizáronse.

En nuestro país, aunque la yuca se cultiva en muchos lugares, industrialmente sólo se produce cerca de Alvarado, Ver., en pequeña escala y en la región oriental del Estado de Yucatán.

CULTIVO.—La yuca, como se dijo anteriormente, se cultiva perfectamente en climas cálidos libres de heladas. De acuerdo con las diferentes variedades y terrenos, se cosecha entre ocho meses y dos años. Además, estudios verificados indican que la variedad dulce madura primeramente, pero su contenido de almidón es menor.

De acuerdo con observaciones hechas, la yuca se cultiva de preferencia en terreno margoso, ligero y fértil a una altura no mayor de 800 metros sobre el nivel del mar, aunque en algunos lugares de Java se desarrolla a 1,500 metros. Muchos cultivadores aconsejan terrenos con una capa sólida debajo para evitar que las raíces penetren y así facilitar la cosecha.

Esta planta puede cultivarse en terrenos húmedos, pero tiene el inconveniente que un exceso de agua provoca putrefacciones en los tubérculos.

La yuca se propaga por medio de semillas o por estacas usándose este último método agrícolamente por ser más rápido, seguro y fácil. El material de siembra que se va a usar, deberá ser seleccionado perfectamente, escogiéndose aquellos pedazos cuyos nudos son más sanos. La longitud de cada estaca varia, pudiéndose generalizar entre 10 y 20 centímetros, teniendo en consideración la existencia de tres a cinco nudos en cada estaca, para que de esta manera se asegure su nacimiento. Como regla, se escogen aquellas estacas que al ser cortadas, desprenden considerable cantidad de savia, misma que nos asegura su vitalidad. Casi se podría afirmar que una de las causas de bajo rendimiento se debe a la mala elección de las estacas.

Los resultados de numerosos experimentos nos indican que la parte media o inferior del tallo es la mejor para la obtención de

estacas, que se consideran óptimas para la propagación.

Una vez seleccionada la semilla, no debe pasar más de una semana sin estar expuesta al agua y al sol; se siembra en terrenos previamente arados y a una distancia que varía entre 80 centímetros y 1.20 metros. Los troncos se introducen inclinados a 45° o menos, y se cubren con 3 a 5 centímetros de tierra.

Aunque la yuca no es exigente en lo que se refiere a abonos, el uso de éstos es una práctica recomendable sobre todo en terrenos sobre los cuales en dos o tres ocasiones se han levantado cosechas, pues la yuca toma gran cantidad de alimentos del suelo para su crecimiento y alimentación.

Puede aplicarse sobre el suelo un abono químico a base de fosfatos y potasa a razón de 300 kilos por hectárea. Algunas veces se presentan problemas complejos acerca del abono, como en el caso de terrenos sumamente permeables que no permiten que éste permanezca el tiempo necesario para la alimentación adecuada de la yuca. Este problema es el que se presenta en las tierras de cultivo de Yucatán, por lo que es imposible abonarlas químicamente.

La región antes nombrada, por ser sumamente pedregosa, no permite la aplicación del arado, y la yuca es cultivada en la parte del terreno que bordea los montículos de piedra y que está formada por tierra suave y útil.

Para obtener los mejores rendimientos se debe mantener limpia de hierbas, pues éstas toman del suelo sustancias necesarias para la yuca. Las plantas de crecimiento rápido necesitan de una a dos limpiezas al año, al principio de su crecimiento; pero las plantas de crecimiento retardado necesitan limpieza cada tres o cuatro meses.

Después de ocho a diez meses, en algunos casos, ya está lista para su cosecha, y en otros casos son necesarios de catorce a veinte. Si a la yuca no se le puede cosechar en este tiempo se puede dejar hasta dos años y medio sin que las raíces se alteren considerablemente.

Los factores que nosotros podríamos indicar para llevar a cabo la cosecha de la yuca, son su contenido en almidón o el uso a que esté destinada. Si la yuca es destinada para el almidón, es necesario conocer la época óptima de la raíz, pues si se le cosecha mucho antes o después, los rendimientos serán bajos.

Como los terrenos en que se cultiva la yuca son flojos, la recolección de la raíz puede hacerse a mano cortando el tallo a unos

treinta o cuarenta centímetros sobre el suelo, y moviendo la planta se pueden extraer fácilmente; como dato práctico se recomienda el uso de las raíces inmediatamente de ser cosechada o en un lapso menor de veinticuatro horas.

El rendimiento que podemos obtener en kilos de tubérculo por hectárea, es un dato muy variable, dependiendo de las condiciones de su desarrollo. Como promedio en Yucatán hemos encontrado de doce a veinte toneladas por hectárea.

ENFERMEDADES Y PLAGAS.—Uno de los factores que más afectan el rendimiento del almidón en los tubérculos de yuca, son las plagas y las enfermedades. En los países en donde se cultiva la yuca aisladamente y no es materia prima industrial, este problema no es de consideración y atrae poco la atención; pero en lugares en donde existen grandes sembradíos de yuca, el problema se acrecienta y algunas veces la planta es víctima de ataques mas o menos severos, a pesar de ser una de las plantas que menos plagas presenta.

Entre los insectos más comunes que atacan a esta planta, está el *Dilophonota Ello*, o, como es vulgarmente conocido en Cuba, "Barboleio". La forma larval es comunmente conocida en esta isla como "Primavera de la yuca". Ataca las hojas de la planta y frecuentemente produce daños considerables. Este insecto es también conocido en todas las indias Occidentales y en muchos lugares del Continente Americano. Es usualmente abundante en los meses de primavera, en marzo, abril y mayo, y también en octubre, noviembre y diciembre. El insecto adulto pone sus huevos en la parte superior de las hojas. Este, después de cinco días, nace y produce la "primavera". El gusano es pequeño al principio, pero crece en tamaño durante sus cinco cambios de epidermis, alimentándose vorazmente mientras tanto de las hojas. Produce su crisálida en el terreno y ahí nace el adulto, para comenzar de nuevo su ciclo viviente.

Hay varios pequeños parásitos que devoran esta plaga y que frecuentemente la dominan. Entre éstos existe el "*Microgaster Flaviventris*" o "Zángano monito", o el "Algodón de Yuca", como es comunmente llamado. Es un pequeño insecto cuya forma larval o el gusano, se alimenta de las larvas de la "primavera" y finalmente las mata, antes de lo cual, sin embargo, ellos emergen e hilan una curiosa masa de capullos que se asemejan al algodón y que dan lugar a ese término vulgar. Si por cualquiera razón los enemigos

naturales no pueden dominar la plaga y ocasionan suficientes daños que ameritan dominarla y remediirla, pueden rociarse las plantas con Verde de París o Arseniato de Plomo. Una solución del primero en la proporción de un kilo a 400 litros de agua, aunque la concentración es variable y determinada en la práctica, se aplica con una buena bomba rociadora y servirá para contener el mal. También, como los huevos son grandes, puede recurrirse a la recogida de los mismos a mano, cuando la mano de obra sea barata.

El "*Lagochirus absoletus*", o sea el "Tuétano", es un insecto cuya forma larval produce considerables daños, minando los tallos, pues durante su desarrollo penetra por el centro de los mismos, taladrando desde los extremos superiores hacia abajo, causándose así un debilitamiento tal que son fácilmente rotos por el viento u otro agente, o mueren en casos severos. Los mismos insectos o especies similares son hallados en otros países donde existe la yuca. Los insectos pueden ser encontrados en el campo durante todo el año, pero abundan en los meses de primavera y verano, durante cuyo período los adultos ponen huevos en los tallos y ramas. Los gusanos, cuando nacen, taladran galerías en los tallos, disminuyendo su vitalidad y por lo tanto la cosecha. Como los adultos se alimentan del follaje, los métodos de tratamiento para combatir el "tuétano" son los mismos que se emplean para combatir la "primavera", pero esto se debe combinar con el corte y la quema durante los meses de febrero, marzo y abril, de todos los canutos que demuestren señales de la presencia de la larva.

Otro taladrador del tallo del género *Cryptorhynchus* ha sido hallado en la isla de San Vicente, combatiéndose en la misma forma que en las plagas arriba mencionadas.

La "centella" o Lonchaca *Chelybea*, es otra plaga que ataca los tallos y particularmente los renuevos tiernos, y los datos experimentales demuestran que causan daños de carácter serio. La misma especie o similares, son también conocidos como atacantes de la yuca y otras plantas por toda la América Tropical, en los Estados Unidos y Europa. El adulto es más común desde abril a diciembre, y menos notable desde enero a marzo. Los huevos son puestos sobre las hojas tiernas, y al nacer el gusano empieza inmediatamente el trabajo de horadar en las yemas terminales o partes blandas del tallo o cangre, produciendo una secreción de goma que evita de modo efectivo la posibilidad de que se llegue a la larva con insecticidas venenosos. El único remedio práctico es el cortar y quemar los renuevos afectados.

Un insecto similar en algunos extremos al "tuétano", pero más pequeño, es el "Leptostylus biustus"; taladra los canutos o tallos y exige un tratamiento similar al indicado para el último.

Además de los insectos arriba mencionados, los tallos, las hojas y las raíces de las plantas, están expuestos a los ataques de los hongos y las bacterias. Varias especies de "Cercospora" y "Gloeosporium manihot" atacan las hojas y los tallos prácticamente en todos los países donde se cultiva la yuca. El último ataca mayormente los pedúnculos de las hojas produciendo una marchitez en las hojas y haciendo que las plantas se sequen en forma muy característica. Las hojas más viejas son primeramente atacadas dejando las más tiernas en las extremidades de las ramas. El único remedio práctico conocido es evitar la utilización de material infectado para la propagación, y de la siembra solamente en los campos conocidos como exentos de enfermedad. Las manchas de las hojas producidas por el Cercospora son de varias clases y generalmente de menor importancia. La clorosis de las hojas puede ser debida a las condiciones de la tierra, falta de cultivo adecuado y materia alimenticia; o puede ser, en parte al menos, causado por el hongo Fusarium, pudiendo decirse en conexión con estos últimos que la debida atención a las condiciones del cultivo es frecuentemente el mejor método de dominar tales dificultades.

USOS.—La yuca puede usarse en dos formas principales, cruda (como se extrae de la naturaleza), o transformada.

La primera forma, o sea la cruda, es usada como alimento para el ganado, teniendo la precaución de dar únicamente los tubérculos de variedad dulce, pues los otros causarían la muerte al animal que los ingiriese. Esta forma de empleo es realmente insignificante en comparación con la que a continuación describiremos.

Para millones de habitantes de la tierra, principalmente en los países tropicales, la yuca es tan común en la comida diaria como son las patatas para la gente de los Estados Unidos y Europa. Tan paradójico como parezca, los tubérculos de ambas variedades, Dulce y Agria, son utilizados para alimento humano.

En el modo imperfecto de hacer la harina de Casabe en las Indias Occidentales, se toman los tubérculos de ambas variedades, siendo el proceso usual, lavarlos y pelarlos; después son triturados finamente, proceso que se llama "rallar", ya sea frotándolos

de arriba a abajo en un rallo de lata clavado a una tabla, o en un cilindro o tambor cubierto siempre con una superficie de lata o cobre agujereado. La pulpa resultante se coloca después en sacos o receptáculos similares o en cestos especialmente contruidos, extrayéndose por presión la mayor cantidad posible de jugo, siendo el producto después cernido para quitarle todo cuerpo o materia tosca o gruesa que pueda contener, colocándose posteriormente en planchas de acero calentadas, cuyo calor la seca, cuece y elimina todas las trazas de jugo venenoso que pudiera contener. Las tortas o pan de cazabe se hacen prensando la harina cuando está fresca y húmeda, para darle forma y tostarla posteriormente sobre las mismas planchas.

La tapioca es comúnmente un subproducto en la fabricación de la harina de yuca, y es derivado directamente del almidón contenido en el jugo venenoso exprimido de los tubérculos ya pasado por el rallo. El producto se manufactura en tres formas: Harina, Copos y Perla, y de esta última en varios grados.

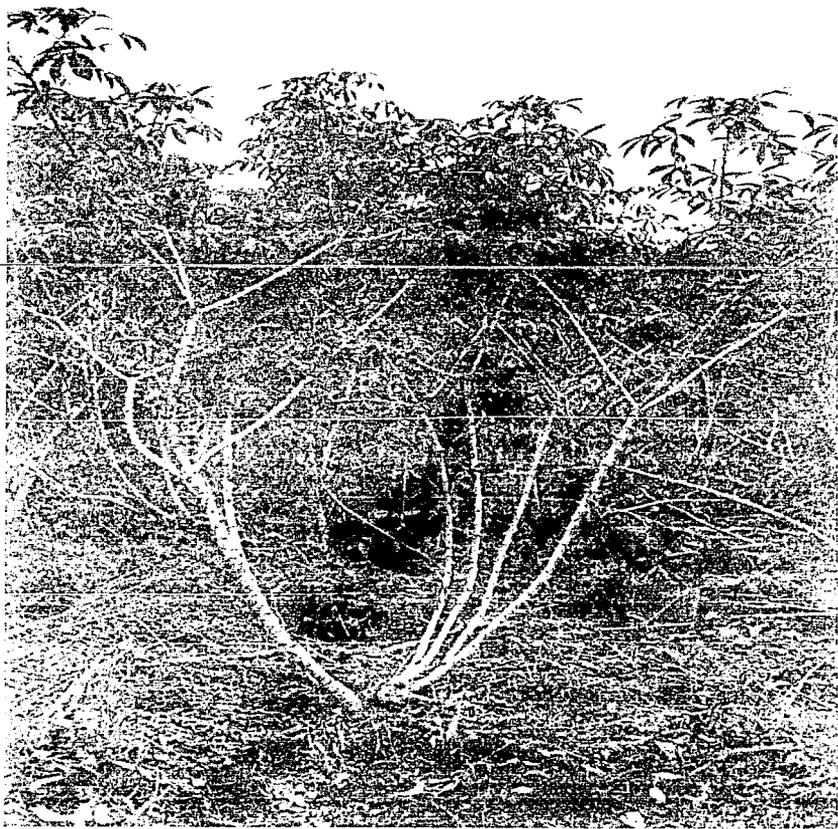
Hasta el zumo venenoso prensado de los tubérculos triturados o rallados rinde un valioso artículo para dieta. Después de hervirlo hasta que llega a obtener una consistencia como de miel de caña, se obtiene el producto conocido en algunos lugares con el nombre de casareep, que tiene en sí valiosas propiedades anti-sépticas.

El bagazo de la fabricación del almidón, tiene un buen valor para la alimentación del ganado, si se seca adecuadamente y no se le permite fermentar. El objeto de secar el bagazo es poderío transportar a distancias considerables sin que exista el peligro de una descomposición. Este material, rico en carbohidratos, es pobre en proteínas y sales, por lo que no se le puede administrar al ganado solo, sino combinado con ciertos elementos, como sangre seca y sales de sodio necesarias para la correcta alimentación de los animales.

Otro uso de gran importancia de la yuca, es para la obtención de glucosa, la que se obtiene directamente del tubérculo o por hidrólisis del almidón obtenido del mismo. Pero de todas maneras, podremos considerar a la glucosa como un producto de transformación de la yuca.

Indudablemente el uso principal a que está destinada la yuca es a la fabricación de almidón. Este uso es sin duda el más generalizado y el que más ventajas económicas puede presentar al agricultor. Del almidón de yuca hablaremos en la segunda parte de este primer capítulo. Ahora nos hemos concretado a nombrarlo como un uso de la yuca.

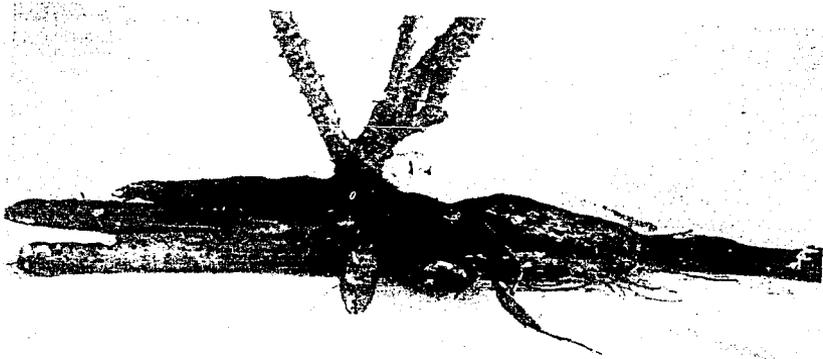
CARACTERISTICAS ANALITICAS.—Los análisis de los tubérculos de yuca, así como los de las hojas de la misma planta, se encuentran en el Capítulo VI, denominado "Parte Experimental y Cuadro Analítico".



LA YUCA



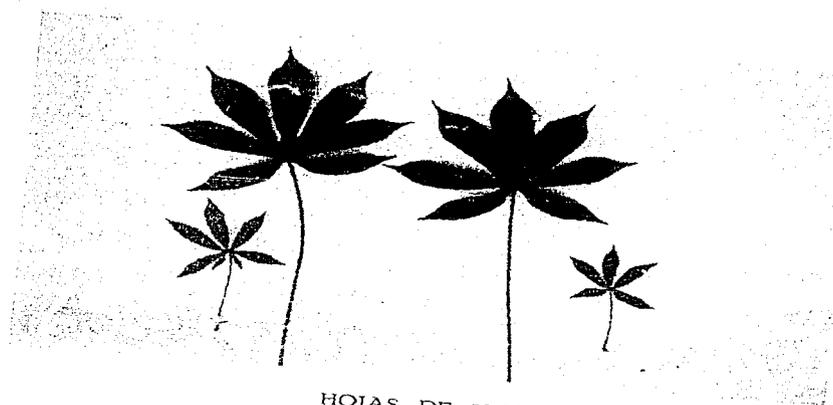
TUBERCULOS DE YUCA. (Corte Transversal)



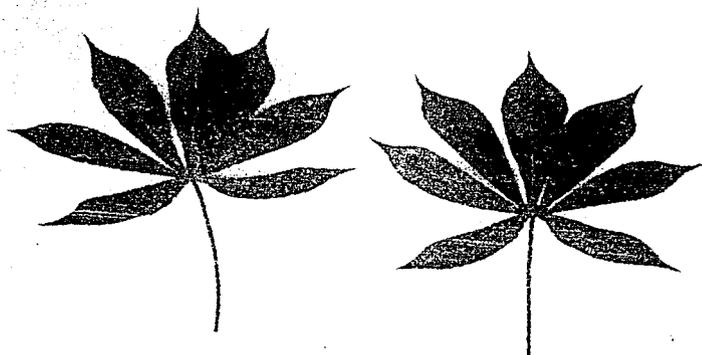
TUBERCILOS DE YUCA



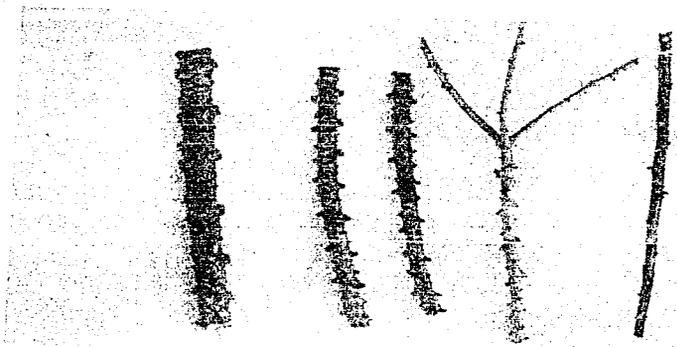
TUBERCILOS DE YUCA



HOJAS DE YUCA



HOJAS DE YUCA



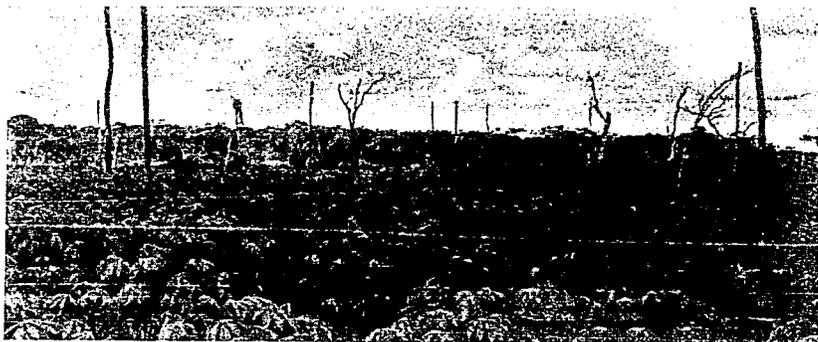
A B C D E
 TALLOS DE YUCA
 A. Parte inferior.
 B y C. Parte media.
 D y E. Parte superior



PARTE SUPERIOR DE LA PLANTA



PLANTACION DE YUCA. (Vista inferior)



PLANTACION DE YUCA. (Vista superior)

CAPITULO II

EL ALMIDON

HISTORIA.—No es posible saber con exactitud, cuando se conoció la substancia que ahora recibe el nombre de almidón. Pero dada la importancia que este producto ha tenido y tiene, es de suponerse que es conocido desde hace muchísimos años. Plinio atribuyó el descubrimiento de la manufactura del almidón a los habitantes de la isla de Chios, donde también, en tiempos posteriores, se obtenían los de mejor calidad. Se han dado varios datos de la época en que se introdujo al norte de Europa. En el siglo XIV se menciona una clase de almidón usado en Flandes. Posteriormente en el siglo XV se encuentran algunos escritos y tratados sobre la fabricación del almidón.

En Inglaterra el almidón es introducido el siglo XV por los años de 1561, y usado tres años después. Por esta época se empezó a emplear el almidón para las lavanderías, escribiéndose varios artículos sobre "el arte de usar el almidón en las lavanderías". En 1620 aparecen almidones de diferentes colores. En la misma época se empieza la fabricación del almidón en gran escala y aparecen las primeras fábricas del mismo. En 1707 el inglés Samuel Newton patentó la forma de obtener el almidón. En 1796 aparece la publicación de John Ryder diciendo que el almidón de Maranta o Arrow Root indio era considerado y recomendado como sustituto del de maíz, y describe el proceso para prepararlo. En 1823 Thomas Wickham lo obtuvo a partir del arroz. Esta industria se fué extendiendo y apareciendo nuevos estudios para obtenerlo más fácil y económicamente, y abriendo horizontes a nuevas materias primas.

GENERALIDADES Y FORMACION.—El almidón es un carbohidrato que se presenta generalmente en forma de polvo blanco, insípido e inodoro; suave al tacto, brillante y que cruje al oprimirlo.

Todas las plantas que poseen un color verde característico de la clorofila, contienen almidón, pero los lugares en que éste puede hallarse, varían:

1.—En los granos de algunos cereales como: maíz, trigo, arroz, etc.

2.—En tubérculos y raíces como: papa, yuca, camote, etc.

3.—En ciertos árboles, como en la palma de sagú.

Se encuentran también en el organismo de algunos animales, pero su presencia es secundaria y transitoria. En los vertebrados superiores su existencia aún no está demostrada de manera absoluta.

El almidón se forma en la sustancia protoplasmática de las células verdes de las plantas por acción combinada del agua, del anhídrido carbónico, de la luz y de la clorofila. Se sabe que no existe almidón en las partes de la planta que no están expuestas a la luz. En el caso de la Tapioca, papa, etc., el almidón se forma en las partes verdes y baja por los tallos a almacenarse en la raíz como sustancia de reserva.

El almidón es una sustancia de reserva que asegura el crecimiento de la planta, pero cuando existe en exceso, se acumula en diversas partes, para permanecer allá hasta que sea necesario.

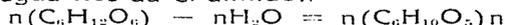
La formación del almidón en las plantas es hasta ahora un punto de discusión todavía no aclarado, pero la tesis más aceptada es la que nos dice que la luz y la clorofila sintetizan aldehído fórmico o metanal, a partir del agua y del CO_2 que asimilan, de acuerdo con la reacción:



seis moléculas de metanal se unen para formar de esta manera la glucosa



y la síntesis de "n" moléculas de glucosa deshidratadas con "n" moléculas de agua nos da el almidón



El valor de "n" nunca es menor de 4, como por ejemplo $\text{C}_{24}\text{H}_{40}\text{O}_{20}$, y probablemente no mayor de 30, por ejemplo: $\text{C}_{180}\text{H}_{300}\text{O}_{150}$. Teniendo la misma fórmula general productos como la dextrina, la celulosa, la inulina, etc., isómeros por lo tanto del almidón.

El almidón abunda en diversas raíces, sobre todo en la estación del otoño, escaseando en la primavera, pues en esta época se transforma en dextrina soluble, la cual pasa a alimentar a las yemas tiernas.

El almidón, como ya hemos anotado, es un polvo blanco, y está formado por granos de diferentes tamaños, formas y colores, según el vegetal de donde proceda. Así el obtenido del ñame pro-

cedente de la Guayana es de color amarillento o rojizo, el cual es difícilmente transformado en blanco.

ESTUDIO DE LOS GRANOS.—Los granos que constituyen el almidón, vistos al microscopio son incoloros, translúcidos, de diferentes formas, tamaños y grosos; unos son esféricos; otros ovoideos, otros lenticulares, otros sinuosos, etc.

El tamaño de los granos depende de la naturaleza de la materia prima de donde se hayan extraído. Los extraídos del almidón de patata blanca son probablemente los mayores encontrándose entre los más pequeños los de arroz. El tamaño de estos generalmente expresa la máxima longitud de los ejes axiales, y se da en micras; varían entre 2 y 150.

Si inmediatamente después de extraído el grano se ve al microscopio, se puede observar que cada uno tiene un punto muy brillante, refringente, que se denomina núcleo; pero si el almidón se ha desecado, este punto se ve oscuro y rodeado de capas concéntricas muy visibles que ponen en evidencia una constitución estratiforme. En ocasiones hay granos que presentan dos o más núcleos rodeados de sus capas, formando así un agregado de granos simples recibiendo el nombre de granos compuestos. De estos se desprenden fácilmente los simples, por estar muy débilmente adheridos. Pero hay ocasiones en que están unidos entre sí y rodeados de una película común compuesta de varias capas concéntricas; este grano, muy diferente de los anteriores, recibe el nombre de compuesto anormal.

El núcleo es más fácilmente localizado si se observa el grano a través de la luz polarizada. Una teoría de la composición de los granos sugiere que la densidad y la distribución de la humedad dentro del grano no es uniforme. En el crecimiento el núcleo contiene más agua y es más suave que cualquiera otra parte del grano.

En la observación del grano a través de luz polarizada, podremos notar que todo el grano se ilumina, a excepción de dos líneas que se intersectan en el núcleo. Estas líneas forman una cruz cuando el núcleo está en el centro, pero conforme éste se acerca a la superficie, las líneas en forma de cruz, tienden a formar una V. La localización del núcleo, mediante fisuras o mediante la cruz en la luz polarizada, ayuda grandemente a reconocer los diferentes almidones.

Las estrías son capas concéntricas que rodean al núcleo, las que se pueden observar por un estudio cuidadoso en el microscopio.

En algunos granos, como los provenientes del almidón de patata, estas estrias son francamente visibles. En otros, es necesaria la acción del ácido crómico diluido para hacerlas aparecer. Estas son fácilmente visibles con un foco adecuado y una iluminación oblicua. Las estrias concéntricas al núcleo han llevado a algunos autores a decir que primeramente se forma el núcleo y posteriormente se van agregando las capas. Si tomamos dos placas de vidrio y trituramos granos de almidón entre ellas, observaremos que se parten a través del núcleo como si esta parte fuera la más frágil del grano.

Los granos de almidón de yuca o tapioca son casi del mismo tamaño que los del almidón de maíz; sin embargo, ellos difieren en apariencia de éstos, en que son de contornos más redondeados u ovalados con una depresión en un lado, que es característica de este almidón. Aparte de la forma truncada con ocasional depresión cónica, este almidón tiene pocas características ópticas distintivas. Los granos son más suaves que los de almidón de maíz y su estructura es menos rígida y compacta. El núcleo es céntrico con algunas fisuras. No se ven estrias. A través de la luz polarizada se puede observar una cruz bien definida. El tamaño de los granos varía entre 5 y 35 micras con un promedio de 20.

PROPIEDADES FISICAS DE LOS GRANOS.—A través del microscopio polarizador, los granos de almidón aparecen como algunos esferocristales distorcionados.

La estructura cristalina de los granos de almidón varían ligeramente y casi no tienen relación con el material de donde proceden. Los granos provenientes de maíz o maíz indio grasoso que presentan los extremos de los tipos de almidón se pueden distinguir a través del microscopio únicamente por la reacción del yodo, pues sus impresiones en los rayos X son ligeramente diferentes. En resumen, todos los almidones provenientes de todos los diferentes recursos, a excepción del glicógeno, tienen la propiedad de ser recristalizados obteniéndose espectros de rayos X idénticos unos con otros.

FORMAS CRISTALINAS.—Dos tipos de estructura cristalina se han observado en los granos nativos de almidón. Estos dos extremos se han designado con las letras A y B. A representa los granos provenientes de cereales y B los provenientes de tubérculos. Existen tipos intermedios entre estos dos extremos, los que han sido designados por la letra C. Si la cristalización se ha hecho a la tem-

peratura ambiente o si se ha precipitado por congelación obtendremos el tipo B. Si la cristalización se hace a temperatura superior a la del ambiente, pero inferior a 70°C, obtendremos el tipo C, y entre las temperaturas de 80 y 90°C, el tipo A. Existe otro tipo de cristalización, la llamada cristalización V, la cual es obtenida por precipitación por medio de alcohol o cualquier otro agente precipitante. Este tipo de cristalización tiene más simetría molecular que los tipos A y B. Es muy soluble en agua y esta solubilidad se va perdiendo conforme se transforma en el tipo B.

El peso específico del almidón es aproximadamente de 1.5, advirtiéndose que en ello influye grandemente el agua contenida. Así la fécula secada al aire tiene un peso específico de 1.503, mientras que si se encuentra completamente seca será aproximadamente de 1.633.

GELATINIZACION.—Cuando se rompe la estructura de los granos de almidón por calentamiento en presencia de agua, aparecen tres fases. Durante la primera fase el agua es lenta y reversiblemente absorbida y aparece un crecimiento hasta cierto límite. La viscosidad de la suspensión no aumenta considerablemente. Con un aumento en la temperatura hasta 65° aparece la segunda fase. El grano repentinamente aumenta de volumen considerablemente, tomando gran cantidad de agua y perdiendo grandemente su birrefringencia. Esta segunda fase se caracteriza también por el aumento de la viscosidad de la suspensión, y después de enfriado el grano tiene aspecto diferente, lo que no sucede en la primera fase, en donde después de enfriado no ha modificado su apariencia. Una pequeña cantidad de almidón empieza a solubilizarse, lo que se puede determinar centrifugando y llevando a cabo la reacción del iodo.

Durante la tercera fase, la que aparece al aumentar considerablemente la temperatura, los granos llegan a tener una forma de sacos y la mayoría de la parte soluble del almidón es disuelta.

Las suspensiones que contienen una pequeña cantidad de almidón se transforman en geles, si después de ser calentadas hasta una temperatura superior a 70°, se enfrían, esto se debe a un considerable aumento en el tamaño de los granos.

Este aumento en su tamaño, se puede producir a la temperatura ambiente mediante la acción de álcalis o sales metálicas. Controlando la adición de estos agentes se puede regular la apa-

rición de la segunda fase con objeto de poderla estudiar más detalladamente a través del microscopio.

Los granos que han sido solubilizados por la acción de ácidos no son capaces de aumentar de tamaño, y cuando se ponen en contacto con agua caliente se disuelven. La solubilización rompe las moléculas de almidón en unas más pequeñas e incapaces de producir la gelatinización.

SOLUBILIDAD.—El almidón es insoluble en el agua fría, en el alcohol, en el éter y en los aceites grasos y esenciales.

No obstante, si se tritura el almidón con agua fría en un mortero de paredes rugosas, diluyendo después con agua fría y filtrando, una parte quedará en el filtro como insoluble, pero el líquido filtrado presenta coloración azul a la reacción con el yodo. Si a este líquido filtrado se le elimina el agua, evaporando a sequedad, y se sigue el procedimiento anterior, es decir, tratando con agua fría y volviendo a filtrar, se obtiene un residuo insoluble y un líquido filtrable de caracteres análogos a los anteriores. Lo que significa que no existe disolución sino la formación de una suspensión de partículas más o menos pequeñas.

El almidón, contrariamente a lo que se creía hace algún tiempo, es insoluble en agua caliente; los antiguos creían que el engrudo que se formaba con el almidón y agua en caliente, era la solubilidad de aquél en ésta, pero actualmente se ha demostrado que esto es únicamente una suspensión, pues sometida a una temperatura de -10°C el agua se congela y el almidón se precipita. Todo esto indica que el almidón forma una suspensión, pero es insoluble en ella.

La formación del engrudo de almidón se ha estudiado en varios tipos de almidones y su formación no obedece siempre a la misma temperatura, dependiendo ésta de las diferentes especies usadas. Cuando se vierte almidón en varias veces su volumen de agua a 37°C no se experimenta ningún cambio, pero conforme aumentamos la temperatura, vamos observando la formación de masas gelatinosas, que terminan con la formación completa del engrudo. Esto se cree que es debido a que el agua caliente rompe la membrana periférica de los granos, absorbiendo éstos gran cantidad de agua que motiva un hinchamiento y la consiguiente gelatinización al enfriarse.

ROTACION OPTICA.—La mayoría de los valores de la rotación específica del almidón varían entre $(\alpha)D = + 18^\circ$ y 220° ; en efecto hay muchos valores diferentes en las determinaciones de este punto, tantos valores que nos hacen pensar que cada investigador ha usado su propio método para la determinación de la rotación específica de las fracciones de almidón.

Por otro lado la mayoría de los valores dados para dextrinas hidrolíticas de elevado peso molecular que son realmente solubles, están entre 190° y 220° ; la dificultad en la medida de la rotación aumenta con la opacidad de las soluciones usadas, por esta razón se usan soluciones alcalinas para esta medida, pues presentan una claridad relativa.

FRACCIONAMIENTO DEL ALMIDON Y PROPIEDADES DE LAS FRACCIONES.—La teoría de la amilosa en la composición del almidón se basa en los principios establecidos sobre los eficientes métodos de fraccionación del almidón hasta sus últimos componentes. Recientemente nuevos y mejores métodos de fraccionación se han desarrollado y permiten el aislamiento de componentes degradados del almidón que son básicamente diferentes en estructura y propiedades físicas. Se ha podido sintetizar tipos de almidones homogéneos cuyas propiedades son prácticamente idénticas a la de las fracciones naturales de almidón. De acuerdo con Meyer, la amilosa se usa para designar cadenas de almidón sin ramificar y la amilopectina representa las cadenas ramificadas. Se debe notar que estas definiciones descansan sobre la base de la estructura química, especialmente en lo que respecta a la presencia o ausencia de ramas unidas a la cadena, las antiguas definiciones se basaban en propiedades como solubilidad, digestibilidad enzimática, reacción colorida del yodo, etc. Aunque es verdad que muchos otros criterios se pueden usar para distinguir entre amilosa y amilopectina. Mientras tanto en trabajos exploratorios no se pueden usar técnicas simples como 1).-digestión enzimática (β -amilasa). 2).-Métodos de cristalización. 3).-absorción en celulosa u otros absorbentes. 4).-determinación de poder reductor o labilidad alcalina. 5).-espectro de absorción de yodo. 6).-Métodos potenciométricos volumétricos. 7).-Difracción de rayos X. 8).-Viscosidad y métodos adyacentes.

FRACCIONACION POR MEDIO DE AGUA CALIENTE.—El mecanismo que explica la fraccionación por medio del agua caliente, es el ensanchamiento de la estructura granular y la ex-

tracción de moléculas de límites estrechos o no enredado en la malla.

Las moléculas de amilosa son posibles de difundir lentamente fuera de los granos inflados, mientras que las ramificaciones en las moléculas de amilopectina tienden a llevar el grado de difusión prácticamente a cero.

Es razonable suponer que la fraccionación no será completa, pues algunas de las cadenas lineales de la molécula de amilosa estarán irremediablemente enredadas en la estructura del grano, de tal manera, que su grado de difusión hacia afuera será muy bajo.

Por otro lado muchas de las moléculas de amilopectina colocadas en la superficie del grano se perderían y aparecerían como impureza de la amilosa.

Por estas razones es necesario purificar la amilosa cruda por otras técnicas de fraccionación.

PRECIPITACION POR BUTANOL.—Un método fundamentalmente nuevo de fraccionación del almidón fué descubierto por Schoch durante la investigación de los efectos de los alcoholes sobre las pastas del almidón, se encontró que el butanol y el pentanol producían precipitación selectiva de la amilosa, dejando la amilopectina en solución. Aunque la amilosa cruda contiene una considerable cantidad de amilopectina coprecipitada, por medio de repetidas cristalizaciones la amilosa llega a ser substancialmente libre de cadenas ramificadas. Las fracciones no precipitadas contienen una pequeña cantidad de amilosa que da a esta fracción un profundo color azul con la reacción del yodo.

Los rayos X y los análisis ópticos del precipitado por el butanol demuestran que las cadenas de amilosa forman espirales elicoidales. Es de presumirse que están alrededor de las moléculas de alcohol y las moléculas cilíndricas se unen formando rosetas exagonales de precipitado de butanol. En la amilopectina la frecuente presencia de cadenas ramificadas interrumpe la regularidad de la cadena de la amilosa, y la molécula es imposibilitada para participar en la cristalización cilíndrica helicoidal. El peso molecular de la amilosa precipitada por butanol es considerablemente más alto que el correspondiente al de la extracción acuosa; esto es posiblemente debido a la presencia de impurezas de elevado peso molecular. Esta técnica de la extracción por

butanol es uno de los más importantes adelantos de la química de los carbohidratos. Se puede usar sola o para complementar otros métodos de fraccionación.

ABSORCION POR CELULOSA.—La amilosa constituyente de mezclas de almidón es fuertemente adsorbida sobre algodón o papel filtro. Por este procedimiento es posible preparar amilopectina prácticamente libre de amilosa y también amilopectinas preparadas por otros métodos pueden ser convenientemente separadas de su amilosa. La amilosa por extracción con agua caliente se separa de la celulosa.

PROPIEDADES GENERALES DE LAS FRACCIONES DE ALMIDON.— Algunas de las propiedades distintivas de la amilosa son: 1). Gran digestibilidad con B-amilosa, prácticamente 100%. 2). Relativamente bajo peso molecular (la molécula contiene 700 residuos de glucosa con únicamente un grupo final no reductor de cada molécula. 3). Da un color azul puro en la reacción con el yodo. 4). Absorción de grandes cantidades de yodo en el análisis volumétrico potenciométrico. 5). Práctica cristalización completa con butanol u otros agentes cristalizantes. 6). Completa adsorción sobre celulosa. 7). Elevada viscosidad y baja estabilidad de solución en ordinarias concentraciones de agua.

Las correspondientes propiedades de la amilopectina son: 1). Baja digestibilidad con B-amilosa (cerca del 50%). 2). Elevado peso molecular (la molécula contiene más de 1,000 residuos de glucosa con un grupo final reductor para cada 20 a 30 residuos de glucosa. 3). Color rojizo con el yodo. 4). No absorbe yodo isotencialmente. 5). No forma un complejo cristalino con butanol, pero da A BoV tipos de cristalización. 6). No es absorbido por la celulosa. 7). Elevada estabilidad de solución.

REACCION DEL IODO CON EL ALMIDON.—Desde el descubrimiento del iodo se ha sabido que el almidón es capaz de reaccionar con el iodo para dar un color azul y desde eso han habido muchos investigadores y tesis sobre la naturaleza de la reacción. No se ha entendido sino hasta que muy recientemente se explicó como reacción estequiométrica donde los iones de iodo u otros iones son necesarios y el agua es esencial para la formación del complejo de almidón y iodo.

Sobre la base de la coloración con el iodo y el peso molecular de dextrinas de α - amilosa, Hares postuló la estructura helicoidal para el almidón y el complejo iodo-almidón. Se encontró que las

dextrinas, teniendo menos de seis residuos de glucosa por molécula, no eran coloreadas por soluciones de yodo y él atribuyó esto a la inhabilidad de las dextrinas para formar una vuelta completa de una hélice.

Este mecanismo fué sostenido por Erendenberg, quien construyó modelos de hélices de almidón y de cidoamilosa, y demostró que estas moléculas tienen hidrocarbonos (libres de los campos del fuerte poder polar de los grupos hidroxilicos) en los que el yodo puede tomar el color característico de las soluciones de solventes no polares. El hecho de que la cidoamilosa forma productos bien cristalizados con la adición de yodo, donde las amilodextrinas de correspondiente peso molecular, no reaccionan para formar complejos coloridos con yodo, fué también considerada como una fuerte evidencia que una molécula helicoidal o anular es necesaria para dar la característica reacción del yodo.

El hecho de que muchos precipitados coloidales y algunos simples acetatos cíclicos reaccionen con el yodo para dar complejos coloridos similares a la reacción del yodo-almidón, el concepto helicoidal de la reacción yodo-almidón no ha encontrado completa aprobación. Meyer cree que todos los hechos concernientes a la reacción pueden ser explicados diciendo que el yodo es adsorbido en los intersticios de los cristallitos. Actualmente nuevos hechos concernientes a la reacción yodo-almidón han dado convincentes ayudas a la teoría helicoidal. Otra prueba es que la amilosa de configuración helical V es capaz de absorber grandes cantidades arriba del 25% o más de su peso de yodo. La reacción se lleva a cabo cuando la amilosa seca es tratada con vapores de yodo o cuando soluciones de yodo se ponen en contacto con soluciones de amilosa. Esto prueba que el agua no es necesaria. La única cosa es la configuración helicoidal puesto que otras configuraciones son incapaces de absorber significantes cantidades de yodo en ausencia de humedad. Indudablemente la función del agua y del yodo son la de dar al almidón la fuerza para que éste adquiera la configuración helical.

VALORACION POTENCIOMETRICA DEL ALMIDON POR YODO.—La naturaleza de la reacción entre el almidón y el yodo ha sido investigada por análisis de los complejos precipitados y siguiendo cursos de absorción óptica después de la adición del yodo, pero los resultados de estos análisis han sido algunas veces contra-

dictorios. El mejor método es seguir la reacción potenciométrica en donde la concentración de iones yodo permanece constante.

La actividad del yodo libre en una solución es fácilmente determinada potenciométricamente y es entonces fácil de determinar cuánto yodo es fijado por el almidón en varios grados de actividad.

En la adición de yodo a una solución de amilosa en una solución 0.05 N de yoduro de potasio, la actividad del yodo rápidamente se aproxima a un valor que permanece constante, hasta que el yodo es igual en peso, aproximadamente a 18.7% de la amilosa que ha sido fijada. Esto es, cerca de una molécula de yodo por 8 residuos de glucosa. En este punto, la actividad del yodo sube más rápidamente cuando se agrega solución de yodo. Sin embargo, no tan rápido como en la solución de yoduro de potasio.

Este fuerte cambio en el aumento de actividad de yodo a 18.7% de absorción, seguido por absorciones adicionales, indica que hay dos fases distintas en la reacción. 1).-El yodo es tomado isopotencialmente, combinándose con la amilosa, hasta un potencial que es característico para el tipo de amilosa presente, y 2).-Aumentando cantidades de yoduro aumenta el potencial del yodo. La primera fase durante la cual el típico color azul se forma y que gradualmente se profundiza cuando se agrega yodo, tiene muchas características de una reacción heterogénea; que es, la actividad del yodo es una constante independiente de la cantidad de amilosa o de la adición de yodo al producto.

VISCOSIDAD DE PASTAS CALIENTES.—Los principales usos de los almidones modificados son como sol, como pasta o como gel. Por lo tanto las características principales de un almidón modificado son las propiedades de una pasta coloidal; fuerza de gelatinización, rigidez y características similares. En la práctica las modificaciones de un almidón son usualmente seguidos por algunas medidas viscosimétricas, y la modificación es llevada al punto donde el nivel deseado de viscosidad se ha obtenido.

Después de la manufactura el producto es usualmente observado en pruebas suplementarias hechas con objeto de verificarlo y obtener la máxima calidad en el mismo. La selección de pruebas suplementarias es guiada por la consideración del uso a que el almidón se destine. La industria tiene, empíricamente desarrollados, muchos procedimientos en que se usa una gran variedad de equipo. Estas pruebas aparentemente satisfacen los propósitos para los que se designan.

Estas pruebas de viscosidad caen dentro de tres grupos principales: viscosidad de pastas calientes, cuerpo de pastas frías y viscosidad de una solución alcalina de almidón, que también se llama prueba de fluidez alcalina.

PRUEBA DE LA VISCOSIDAD PARA PASTAS CALIENTES, SEGUN SCOTT.—Probablemente la forma más usual de este método es hacer que la pasta corra libremente a través de un embudo pipeta u otra vasija, con un orificio restringido. Este tipo de equipo fué primeramente construido para la industria petrolera.

El método consiste en lo siguiente: una cantidad de almidón de pH conocido se agita con 250 cc. de agua destilada. El vaso de precipitado y el contenido se ponen en un baño de maría con el agitador; el almidón se calienta durante 15 minutos y se gelatiniza. A un tiempo determinado, anterior a los 15 minutos, 200 cc. de la pasta se transfieren a una copa del viscosímetro de Scott, que está también en baño maría. Generalmente dos minutos son suficientes para que la pasta permanezca en la copa. Al final de los quince minutos la válvula que cierra el orificio del fondo de la copa se levanta y el tiempo en segundos necesario para obtener un volumen determinado en una probeta, con la pasta que cae, se anota, y es el resultado de la prueba específica de viscosidad, según Scott.

La viscosidad puede ser considerada como relativa, pero no con respecto al agua, sino relativa al almidón standard que se usa y del cual dependen las pruebas de viscosidad subsecuentes.

La misma cantidad de agua se usa para las pruebas de todos los almidones. El peso del almidón es variable dependiendo de la variación de viscosidad que presente.

El peso del almidón empleado varía entre 10 y 100 gramos; la humedad del almidón se toma dentro de la cuenta y el resultado se da tomando en cuenta si se ha usado almidón seco o de humedad conocida; después que se prueba la pasta en el viscosímetro se mide el pH y si éste fuera de la magnitud tipo la prueba se repite y el pH del almidón es corregido de acuerdo con ello.

El baño de maría debe ser de suficiente capacidad para evitar sobrecalentamientos. En las operaciones de rutina se usan agitadores mecánicos y el vaso de precipitados se cubre para prever evaporaciones; durante los dos minutos que la pasta permanece

en la copa este volumen es ajustado a 200 c.c., el orificio de la copa también se ajusta cuidadosamente y el almidón usado para la standardización del aparato debe ser uno de viscosidad previamente determinada.

En algunos laboratorios donde no se usa el viscosímetro de Scott, se usa el de Soybolt o el de Dullej.

DETERMINACION DEL CUERPO EN LAS PASTAS FRIAS, SEGUN STORMER.—Cuando se desea hacer una determinación del cuerpo de una pasta fría, se puede usar con ventaja el viscosímetro de Stormer. Este se compone de un cilindro sumergido en la pasta problema que está contenida en una copa de metal rodeada de un baño de agua. El cilindro se rota por un peso en caída, el cual actúa a través de un sistema de poleas. El tiempo en segundos necesario para que un peso dado produzca un cierto número de revoluciones se toma como medida del cuerpo de la pasta fría.

Para la determinación de pruebas semejantes se puede usar el viscosímetro de Mack Michael y el Hoepfer.

FLUIDEZ ALCALINA.—Esta es una prueba más que se hace para la determinación de las cualidades de los almidones y se lleva a cabo de la siguiente manera:

Se toman cinco gramos de almidón previamente seco, el que se humedece con 10 c.c. de agua destilada en un vaso de precipitado. A 25°C se añaden 90 c.c. de una solución al 1% de hidróxido de sodio, se agita y la agitación se continúa durante tres minutos. La mezcla se deja reposar 27 minutos más a 25°C. Para este tiempo el contenido se vierte dentro de un embudo de cristal standardizado con una extremidad determinada y la cantidad de solución de almidón que corre a través del embudo en 70 segundos se anota. La cantidad medida en centímetros cúbicos se toma como fluidez alcalina.

Algunas veces cuando la fluidez alcalina no es muy grande, se puede usar la fórmula propuesta por Kerr, que dice:

$$\text{Fluidez} = \frac{2,000}{\text{Valor de la prueba Scott.}}$$

PROPIEDADES GELIFICANTES.—La rigidez gelificante se mide por muchos instrumentos, cada uno de los cuales emplea un principio diferente; como es de suponer, diferentes características del gel se miden en estas pruebas. También se emplean diferentes ins-

trumentos en la práctica, como son el rigidómetro, el penetrómetro, el aparato de Tarr Baker e instrumentos similares. El rigidómetro mide la rigidez de un gel o lo que es lo mismo, la elasticidad. El aparato Tarr Baker e instrumentos de este tipo, da un valor que es proporcional a la fuerza necesaria para romper el gel, que es también probablemente una función de la elasticidad límite. Los resultados de las pruebas con el penetrómetro dan una combinación de los efectos plásticos y elásticos.

Entre los principales instrumentos para medir las propiedades

Entre los principales instrumentos para medir las propiedades gelificantes se encuentran se encuentran el de Tarr Baker, el método del disco de Saars, etc.

Plasticidad de las pastas y fibra en las pastas, son propiedades también para la determinación de almidones, pero menos usadas que las anteriores.

SINERESIS O RETENCION DE AGUA EN PASTAS DE ALMIDON.

—Muchas pastas, después de coaguladas, presentan la tendencia a separar la fase líquida. Esta es una característica en geles con bajas concentraciones de almidón seco. Esta propiedad es difícil de evaluar, especialmente en casos en que se ha añadido suficiente almidón para obtener el gel. Se puede obtener una evaluación directa en algunos casos e indirecta en otros. En el primer caso se prepara un gel con determinada concentración de almidón y separando y midiendo el líquido remanente, se obtiene el valor deseado. En el segundo se usan dos métodos, uno que depende de la velocidad de filtración de la fase líquida; el otro, usando un indicador, el cual consiste de un papel impregnado con una solución indicadora de humedad. Se puede usar un polvo de cuarenta y cinco partes de azúcar de caña, cinco partes de almidón soluble y una parte de DuPont N.E. violeta de metilo. El papel preparado para este propósito se pone en la superficie con la parte empolvada por el indicador, por arriba; después de cierto tiempo de segundos se nota que el indicador empieza a tomar color. El valor se puede tomar como un índice relativo de la retención de agua cuando se ha formado la pasta.

TEMPERATURA DE GELATINIZACION DEL ALMIDON.

—Muchos métodos se han propuesto para medir esta importante característica de las pastas de almidón. La posible razón de la divergencia de valores se encuentra en la pobre definición del tér-

mino almidón. Naturalmente, el método para hacer la determinación dependerá de lo que se considere punto de gelatinización. Por ejemplo, en la gelatinización, los granos primero se hinchan y después se rompen si el calor aumenta.

Se puede emplear una técnica que tome en consideración el hinchamiento de los granos, lo que se puede observar cuando la viscosidad aumenta en las suspensiones calientes de almidón. Sería una cosa de juzgar la localización de la porción central del margen de variación de temperatura o la porción donde la viscosidad se aumenta a su máximo. Además no todos los granos en muchos tipos de almidones se hinchan al mismo margen de temperatura. En general, los más grandes son más frágiles y se hinchan con más facilidad que los pequeños dentro del mismo tipo de almidón. En algunos casos en que la cantidad de granos grandes es igual a los pequeños, se pueden observar dos puntos de gelatinización.

Otra característica del hinchamiento de los granos es que ellos pierden su actividad en la luz polarizada. Las cruces comúnmente observadas en los granos originales de almidón, gradualmente llegan a desaparecer cuando la suspensión se calienta.

Otra característica es que conforme se calienta la suspensión va perdiendo su opacidad. Esta característica se ha tomado también como base en la medición de la temperatura de gelatinización del almidón.

El pH es de vital importancia en las determinaciones de temperatura de gelatinización, pues una variación de éste producirá una en aquélla. También se debe de tomar en cuenta la presencia de otros iones.

Ultimamente se ha usado un método fotoeléctrico para observar la transformación de la suspensión opaca del almidón en una transparente.

EFFECTOS DE COLCIDES PROTECTORES DE LOS SOLES DE ALMIDON.—Pruebas específicas de esta naturaleza son difíciles de explicar, pues la efectividad del almidón depende de las propiedades del material suspendido, la naturaleza de la suspensión para precipitarla, las propiedades del líquido emulsificante, etc. También es posible que substancias adicionales al estar presentes, suspendan esta propiedad del almidón.

Esta propiedad del almidón tiene muchos usos; como agente de suspensión, como agente de flotación, de sedimentación de só-

lidos en aguas de lavado del carbón, como agentes emulsificantes, como espumantes, etc.

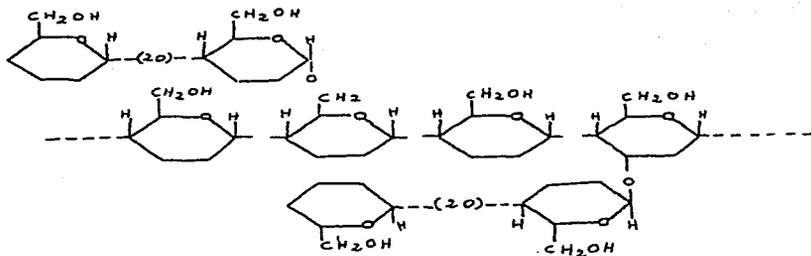
PROPIEDADES QUIMICAS.—El almidón se hidroliza por el fermento diastasa produciendo maltosa, y por los ácidos minerales, produciendo glucosa. Indudablemente, el almidón está formado por cadenas compuestas de unidades de maliosa. Tratándolo con agua caliente, el almidón se separa en dos frcciones, a saber: un componente soluble denominado amilosa (10-20%) y un residuo insoluble, que recibe el nombre de amilopeptina (80-90%). Ambas sustancias se hidrolizan de la misma manera produciendo glucosas o maltosa, pero difieren en otros varios aspectos. Por ejemplo, la amilosa da un color azul cuando se trata con yodo, mientras que la amilopeptina produce, con igual tratamiento, un color violeta o rojo violáceo. La amilosa se hidroliza totalmente por la β -amilasa, mientras que el mismo fermento sólo es capaz de hidrolizar un 60% de la amilopeptina.

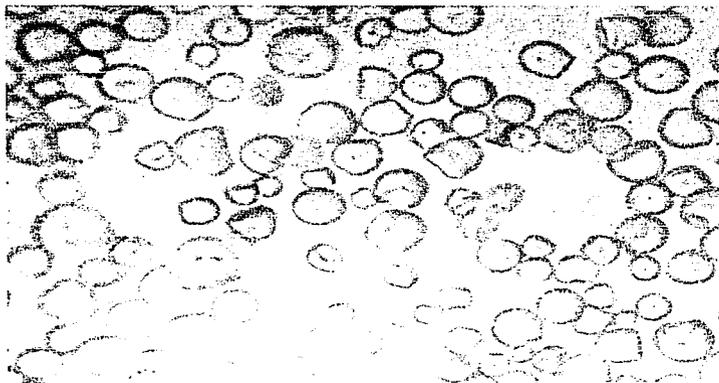
Por medidas de presión osmótica se ha determinado un peso molecular de 10,000 a 50,000 para la amilosa. El valor obtenido mediante la determinación de grupos terminales coincide sensiblemente con el ~~resultado de la medida~~ de la presión osmótica, lo cual indica que la amilosa contiene un solo grupo terminal por molécula, y por tanto, que ésta es una larga cadena estructuralmente relacionada con la celulosa.

El peso molecular de diferentes muestras de amilopeptina oscila entre 50,000 y 1,000,000 (presión osmótica). Por determinaciones de grupos terminales se ha averiguado que se encuentra uno de ellos por cada 24-30 unidades de glucosa, lo que indica de una manera evidente que la amilopeptina debe contener cadenas ramificadas. En 1940, Freudenberg aisló 2, 3, 6, trimetil-glucosa como producto principal de la hidrólisis de la amilopeptina metilada, y, además, pequeñas cantidades de 2,3,4,6-tetrametil-glucosa, correspondiente esta última a los grupos terminales, y de 2,3-dimetil-glucosa isómera, posiblemente el derivado 2,6. El aislamiento de la 2,3-dimetil-glucosa demuestra que la ramificación debe verificarse en la posición 6, pues las posiciones 1 y 4 participan en la formación de la cadena recta. Staudinger representa la estructura de la amilopeptina como una molécula ramificada en que las ramas exteriores están unidas en posición 6 y probablemente en posición 3.

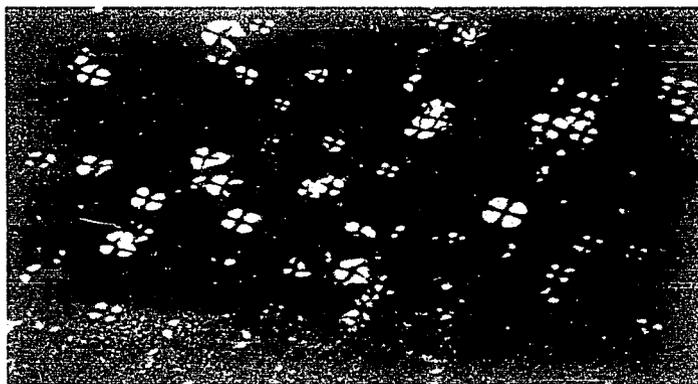
El almidón no se hidroliza completamente con la β -amilasa,

porque el enlace entre la posición 1 de una de las unidades y la posición 3 ó 6 de otra de ellas ofrece un importante punto de obstrucción al ataque del fermento; por ello, el interior de la molécula que representa un 40% del total, permanece inalterado. Este residuo es lo que se conoce con el nombre de dextrina límite y da un color rojo o pardo con el yodo.





ALMIDON DE TAPIOCA



ALMIDON DE TAPIOCA VISTO A TRAVES DE
LA LUZ POLARIZADA

CAPITULO III

MANUFACTURA Y USOS DEL ALMIDON DE YUCA

INTRODUCCION.—El método más rudimentario para la extracción del almidón de los tubérculos de yuca es el siguiente: se lavan las raíces perfectamente bien, hasta que no contengan tierra; luego se pelan y posteriormente se trituran en una raspadora improvisada que consiste de una pieza ordinaria de hierro galvanizado en la cual se abren agujeros. Se fija sobre un pedazo pequeño de madera con los bordes ásperos de los agujeros hacia arriba. Si las raíces peladas no se rallan inmediatamente, se deben sumergir en agua para evitar la formación de una capa oscura, la cual, si se forma y no se le quita antes de rallarla, hará que el almidón presente un color oscuro en vez de blanco. Las raíces se desmenuzan raspándolas contra los bordes ásperos de los agujeros del ralló. Del material rallado se obtiene la harina de yuca. Esta harina se vierte en una caja grande de hojalata que debe de estar limpia, se vierte una cantidad doble de agua y se agita vigorosamente. Posteriormente se cuele en una tela ordinaria de muselina a otro receptáculo limpio. El líquido colado se deja reposar y asentar. Después de cierto tiempo se le elimina el agua que sobrenada y la substancia que se deposita en el fondo es el almidón. Muchas veces este almidón no es tan blanco como se desea, por lo que se somete a dos o tres lavados usando cada vez un volumen de agua como cinco veces mayor al del almidón y dejando decantar después de cada operación. Después del último lavado, cuando se considera que está del limpio deseado, se le extrae la máxima cantidad de agua posible y posteriormente se extiende al sol para secarlo. Una vez seco se muele a mano y queda listo para usarse.

La producción del almidón en mayor escala implica la necesidad de una planta con maquinaria diseñada para este uso. En los párrafos posteriores trataré de describir el proceso seguido por "Productos de Tapioca", S. A., para la obtención de su almidón de yuca.

DESCRIPCION DE LA PLANTA Y PROCESO PARA OBTENER ALMIDON DE YUCA.—Consta la planta primeramente de una bodega con capacidad suficiente para almacenar la cantidad de tubérculo que se usará en la jornada de trabajo. Esta bodega tiene una rampa de una altura tal que permite a los camiones acercarse hasta ella y descargar con el mínimo de esfuerzo. También se encuentra en ella una báscula para pesar la carga recibida y de esta manera tener un registro de la cantidad de materia prima que entra a elaboración. La bodega está inmediatamente comunicada con una mesa en donde dos obreros separan algunos materiales ajenos que siempre tiene la yuca. Estos obreros también, mediante machetes, separan del tubérculo pedazos de tallos que no se cortaron durante la cosecha, dividen los de gran tamaño y cuando se ha almacenado una cantidad considerable de tubérculos listos para su lavado, se abre una compuerta y pasan a la primera e importante operación: el lavado.

LAVADO.—Tiene por objeto esta operación la limpieza definitiva de los tubérculos y se pretende con él no sólo despojar a las raíces de la tierra y arena para obtener un buen producto, sino también prevenir el deterioro de la maquinaria de desmenuzar tubérculos, o cuando menos prolongar su duración. Cuanto más perfecto sea el lavado, más fáciles serán las operaciones sucesivas que luego han de sufrir los productos. El lavado se puede hacer a mano o a máquina. En el caso presente describiremos los lavadores usados en esta industria. Estos constan de un depósito en forma de cono truncado horizontal, construido de tiras de madera. Esta máquina tiene tres compuertas; la primera para permitir el acceso de los tubérculos de la mesa de selección al primer lavado. La segunda está colocada más o menos en la parte media y permite, cuando se abre, el paso de los tubérculos del primer cono al segundo. La tercera permite la salida del segundo cono al elevador que los conducirá al rallo. Este lavador tiene en su parte interior unas paletas inclinadas de tal manera que cuando giran, van desplazando a los tubérculos y conduciéndolos lentamente. El depósito está remojado en una pila llena de agua, para que con la fricción entre los mismos tubérculos y las paletas, quiten de éstos la tierra, arena, cáscaras, etcétera, que los ensucian.

Esta agua se cambia cada cierto tiempo con objeto de hacer el lavado más perfecto.

Después de describir la máquina lavadora, explicaremos el proceso: cuando se ha almacenado la cantidad necesaria de tubérculos en la mesa seleccionadora un obrero abre la primera compuerta y los tubérculos caen al primer cono para recibir el primer lavado, mismo que dura aproximadamente cinco minutos. Después abren la compuerta intermedia y los tubérculos pasan al segundo lavado. Posteriormente se abre la tercera y última compuerta y caen a una pila con agua de donde son tomados por el elevador y transportados a la ralladora.

RALLADO.—Una vez limpio el tubérculo es transportado hasta una tolva en donde van cayendo lentamente sobre el rallo. El rallo es un aparato que tiene por objeto desgarrar las células que aprisionan los granitos feculentos a fin de ponerlos al descubierto. Por consiguiente será tanto mayor el rendimiento en fécula cuanto mayor sea el número de células abiertas, esto es cuanto más fina y homogénea sea la pulpa salida del rallo.

Este aparato es, tal vez, el más importante en una fábrica de fécula, pero desgraciadamente no hay ningún modelo perfecto, como lo demuestra el hecho de que cada fábrica usa uno distinto.

En el caso presente consta de un cilindro de madera dura en el cual hay insertada gran cantidad de sierras de acero con dientes de dos milímetros y separadas una de otra un centímetro. Este cilindro gira a gran velocidad. Está encerrado en una caja especial que consta en la parte superior de una tolva por donde caen tubérculos y de tal forma que obliga a estos a ponerse en contacto con los dientes del rallo. Para hacer la molienda fina existe una cuchilla de madera que se sujeta al cilindro, mediante un tornillo, de tal manera que impida el paso de pedazos grandes de raíz sin triturar.

La producción de la pulpa, es decir, la trituración de los tubérculos es auxiliada por un chorro de agua que la hace más fluida y le permite correr más fácilmente. Una vez obtenida la pulpa en estas condiciones, pasa a la máquina tamizadora.

TAMIZADO O LAVADO DE LA PULPA.—La materia que sale del rallo es una papilla compuesta principalmente de agua, granos de fécula, celulosa y tejido celular no triturado, bastando colocar la papilla sobre un tamiz y lavarla con una corriente de agua para que la fécula lo atraviese junto con el agua y quede sobre él el tejido celular.

La máquina tamizadora consiste de un eje central de aproximadamente 10 metros de longitud, alrededor del cual se encuentran distribuidas paletas dirigidas en tal forma que cuando el eje gira éstas mezclan la pulpa y la van transportando lentamente. En la parte superior de las paletas se encuentra un tubo perforado, cuya misión es la de empapar constantemente la papilla que las paletas transportan, con el objeto de extraer el máximo posible de fécula. En la parte inferior existe una malla de alambre que roza las paletas y cuyo objeto es separar, mediante filtración, la suspensión de almidón en agua de la celulosa o bagazo.

El proceso que sigue la pulpa es el siguiente: cae del rallo directamente sobre la máquina tamizadora y ésta, mediante sus paletas, va transportándola y mezclándola lentamente. El agua que cae en forma de regadera por la parte superior, va extrayendo de la papilla la fécula que ésta contiene, y se nota que la parte inicial de la máquina filtra un líquido lechoso y conforme se aleja de éste y se aproxima al final, el líquido filtrado se hace más transparente.

La pulpa recorre una longitud de 10 metros, en donde pierde casi todo su almidón (la parte restante no es económicamente extraíble), al final de los cuales cae en una tolva que la conduce a una prensa que le extrae gran parte del agua que contiene saliendo de ésta en forma de una pasta. El bagazo en esta forma es recogido y transportado a los secaderos, en donde pierde mayor cantidad de agua, convirtiéndose en un polvo que se envasa y usa para alimento del ganado.

Sea la que fuera la disposición de los tamices empleados, el éxito del tamizado depende siempre del cuidado en el rallado, y muchos fabricantes creen llegar a un buen resultado cuando sólo dejan un 25% de almidón en la pulpa, pero con el empleo de rallos bien dispuestos, esta pérdida no debe exceder del 10%.

La suspensión de fécula en agua que se obtiene de la máquina tamizadora, es decir, el líquido lechoso que atraviesa la malla separadora, se almacena en un tanque, de donde se tomará para el proceso de la decantación y primera separación de almidón y agua.

SEPARACION Y PURIFICACION DE LA FECULA.—El líquido lechoso que sale de los tamices se compone de fécula, partículas impalpables de materia fibrosa que no ha podido eliminarse por los tamices y alguna pequeña cantidad de materias térreas y mi-

nerales que han quedado en la fécula en un gran estado de división. El agua, por su parte, contiene en disolución los principios solubles de la yuca, tales como dextrina, albúmina, mucilago, materias colorantes, etc.

Este liquido se recoge en un tanque de almacenamiento y de aquí es bombeado a un nuevo tamiz de tela muy fina en donde pierde impurezas que el proceso anterior no eliminó.

Pero aún así, este liquido no es propicio para obtener una fécula de primera calidad. Para apartar estos elementos extraños hay que someter la fécula a lavados por decantación, que son tantos como tan pura se desee.

En efecto, si después de remover bien dicho liquido lechoso se deja reposar, se formarán en el fondo dos capas diferentes; la inferior constituida por fécula casi pura y la superior conteniendo la mayor parte de los residuos celulares y los granos feculentos más pequeños. Los principios solubles son eliminados fácilmente al decantar el agua.

En efecto, si después de remover bien dicho liquido lechoso se deja reposar, se formarán en el fondo dos capas diferentes; la inferior constituida por fécula casi pura y la superior conteniendo la mayor parte de los residuos celulares y los granos feculentos más pequeños. Los principios solubles son eliminados fácilmente al decantar el agua.

Para obtener prácticamente esta separación de los cuerpos extraños de la fécula, el liquido procedente de los cedazos se recibe en un recipiente de madera o cemento, en el cual se mantiene en agitación por medio de un agitador mecánico de paletas; después de muy pocos minutos de descanso se hace pasar rápidamente el liquido a otro recipiente por medio de grifos o mejor con un sifón; el tiempo de parada basta para que las arenas y substancias minerales más pesadas se depositen en el fondo, mientras que la fécula y partículas fibrosas más ligeras son arrastradas por el liquido descantado, y en este segundo recipiente, con un reposo de seis horas se depositan todas las materias que había en suspensión, las cuales quedan cubiertas por el agua clara que se elimina por medio de grifos colocados a diferentes alturas.

La sedimentación de la fécula se hace con bastante rapidez; sin embargo, a veces suele retrasarse porque el agua mezclada con jugos celulares y las substancias que tiene en disolución no tiene tanta fluidez como el agua pura. Este inconveniente se evita

diluyendo la fécula con más agua, haciendo entrar ésta abundantemente en el rallo y en los tamices, pues cuanto mayor sea la cantidad de ella, mejor se verifica el aposamiento de la fécula.

Una vez decantada el agua clara, aparece en el fondo una capa regularmente espesa y compacta, cuya parte superior está formada por una mezcla de pulpa fina, de un color que varía del amarillo al pardo y cuya parte inferior es fécula pura, blanca. Se quita la capa superior por medio de espátulas de madera y se pone aparte, formando un producto llamado fécula gris, que se vende a bajo precio o se somete a nuevos tratamientos para purificarla y la fécula que hay en las capas inferiores, constituye la llamada fécula bruta, la cual contiene aún algunas substancias extrañas.

Para quitar las impurezas de la fécula bruta y obtener la fécula pura, se puede ocurrir a tres procedimientos distintos.

- a). Purificación por lavados y decantaciones repetidas.
- b). Purificación por lavado en planos inclinados.
- c). Purificación por fuerza centrífuga.

Aquí sólo nos ocuparemos del primer inciso, por ser el empleado en los trabajos actuales. El método de:

PURIFICACION POR LAVADOS Y DECANTACIONES REPE-

TIDAS.—La capa de fécula es tan compacta que no es fácil diluirla, por una simple agitación; por esta razón en muchas fábricas se emplea un agitador mecánico de paletas, montado en la primera cuba, el cual puede descender para que las paletas rocen constantemente en su movimiento giratorio, la superficie de la fécula gris, para lo cual se le va bajando a medida que es necesario, hasta llegar a poner en suspensión en el agua toda la fécula. Se decanta entonces el líquido y luego se extrae en forma de bloques, por medio de palas de madera, la capa de fécula bruta se traslada a otra cuba con agua en la que se mueve otro agitador con bastante velocidad, que divide dichos bloques y diluye la fécula en el agua hasta que el líquido presente una consistencia lechosa. Cuando la cuba está llena y el líquido con la consistencia y uniformidad convenientes, se le da salida por medio de llaves a otras cubas más pequeñas, en las cuales se deja sedimentar. Una vez asentada, se decanta el agua clara, se quita la capa superior de fécula gris formada nuevamente, en la cual se han concentrado los residuos e impurezas que se reúnen en la operación anterior, y se obtiene fécula de primera. Esta operación de dilución, decan-

tación y separación de fécula gris, se debe repetir dos o tres veces hasta que el producto quede limpio y perfectamente blanco.

REFINACION DE LA FECULA GRIS.—La fécula gris por lo general se vende como tal, pero algunas veces se suele refinar y obtener almidones de segunda y tercera clase.

La refinación de este tipo de fécula se hace de una manera similar al anterior, de tal manera que se procure obtener dos capas: la inferior más blanca, constituirá la fécula de segunda.

Estas operaciones se suelen hacer al final de cada jornada, es decir, diariamente o en algunos casos semanalmente. El tiempo de almacenamiento no debe ser muy largo, pues en este caso adquiere un color amarillento que difícilmente lo pierde.

ESCURRIDO DE LA FECULA.—La fécula recogida de las pilas de sedimentación es muy húmeda, pudiéndose calcular que contiene dos tercios de agua en peso y para separar esta agua se emplean varios procedimientos. En algunas fábricas se toma la masa pastosa de fécula y se coloca en cajas de madera, con perforaciones en sus paredes y cubiertas en su interior por medio de una tela.

Una vez preparada la caja, con su lienzo en el interior, se vierte la pasta dentro de ella y se cubre con los extremos sobrantes de la tela, con objeto de que no se impurifique el contenido con el polvo atmosférico.

Estas cajas, una vez llenas, se almacenan con objeto de que pierdan mayor cantidad de agua, pudiéndose notar que la humedad, después de veinticuatro horas de reposo, se reduce a un 45%

La fécula en estas condiciones, queda en forma de panes que se vuelcan sobre una mesa para que termine la desecación al aire libre. Al cabo de las segundas veinticuatro horas de permanecer en reposo y sin la caja, su contenido de humedad es de aproximadamente un 33%. En estas condiciones la fécula recibe el nombre de fécula verde, y es en este estado como la adquieren los fabricantes de glucosa como primera materia de su industria.

Posteriormente se despedazan los panes o tortones de fécula verde y se muelen, con objeto de facilitar la operación posterior, o esa el secado.

SECADO.—La humedad de la fécula verde es para muchos usos de la industria, elevada, por lo que se somete a un tratamiento con objeto de reducirla hasta un mínimo. Es éste aproximadamente 15% de agua en peso, que es el porcentaje de humedad con

el que este producto suele transitar en el comercio. Para llevar a cabo esta operación se utilizan diversos procedimientos. El más primitivo consiste en grandes terrazas de concreto en donde la fécula verde molida se extiende, con objeto de que sea el calor del sol el que se encargue de secarla y sus rayos blanquearla.

En otras industrias se usan métodos más prácticos que el descrito anteriormente. Constan de estufas por cuyo interior transita la fécula hasta salir con el contenido deseado de humedad. Estos secadores son extremadamente variados y no sería posible describirlos todos y cada uno.

Cabe mencionar los secadores al vacío que son los más precisos y exactos para esta clase de trabajos, pero tienen el inconveniente de su elevado costo.

El más práctico es el que consiste de un túnel aislado, con el objeto de que no pierda su contenido de calor, por donde circulan unos carros con charolas metálicas. En estas se extiende la fécula de tal manera que presente la máxima superficie de contacto. Una vez cargado el carro se le hace recorrer una distancia determinada y suficiente para que pierda la cantidad de agua deseada.

Este secador consta de un ventilador cuya misión es la de remover constantemente el aire del interior y no permitir que aumente el grado hidrotimétrico del aire.

Se calienta por medio de vapor tomando en consideración que no se puede elevar mucho la temperatura, pues comenzaría una transformación del almidón en dextrina.

Este método es posiblemente el más económico y es además recomendado por muchas casas manufactureras de maquinaria para estas industrias.

MOLIENDA Y ENVASADO.—La fécula, al salir del secador, tiene casi todas las características para su venta, faltando únicamente su molienda y envasado. En la primera de estas operaciones se transforma en un polvo impalpable, completamente listo para cualquier clase de uso a que se destine. En la segunda de ellas, se usan sacos de papel corrugado forrados con malla de lino de henequén; cada saco contiene cincuenta kilos, y es la forma usual en que se transporta.

Operaciones similares se llevan a cabo para la obtención de los almidones de calidades inferiores.

USOS.—Los usos del almidón son numerosos y variados, dependiendo éstos de las materias primas de donde proceden. El al-

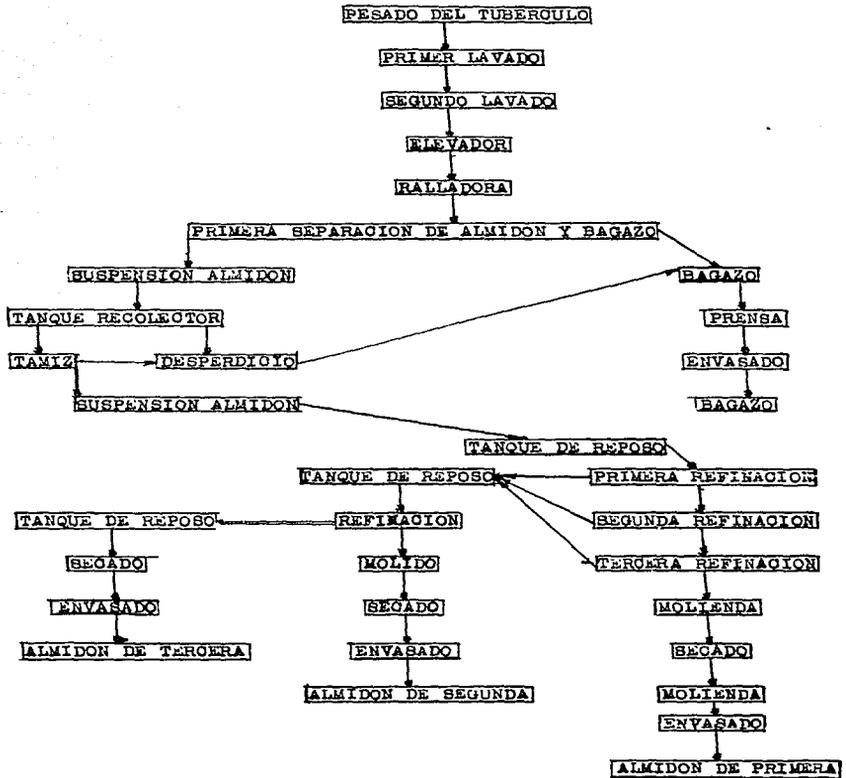
midón se puede usar en la manufactura de jabones; en las lavanderías, como apresto de la ropa que usamos, lo que nos permite conservarla en uso. Es usado en la manufactura de papel,, como papel de escribir, y productos de papel como cajas, etiquetas, etc., sin los cuales el comercio actual tendría muchos problemas. El almidón, en algunas de sus modificaciones, es un constituyente de nuestras comidas, pues se usa en la producción de muchos alimentos, como sopas, salsas, mieles, pasteles, dulces, helados, etc. En gran cantidad se consume para la producción de cerveza, y también se aplica en la manufactura de textiles.

Como se puede ver, el almidón se usa en muchas partes y constituye uno de los productos de consumo más extendido. Los aspectos antes citados no nos deben llamar la atención y si debemos concentrarla en la aplicación y uso del almidón para la fabricación de pegamentos.

Esto será la base de nuestro trabajo del siguiente capítulo, por lo que en el presente nos hemos concretado a nombrarlo.

CARACTERISTICAS ANALITICAS.—El análisis del residuo después de la extracción del almidón de los tubérculos de yuca, se encuentra en el Capítulo VI, denominado "Parte Experimental y Cuadro Analítico".

ESQUEMA DE FABRICACION DEL ALMIDON DE YUCA



CAPITULO IV

DEXTRINAS

INTRODUCCION.—El nombre de dextrina se aplica a la gran variedad de productos obtenidos de la degradación del almidón y se pueden considerar como intermedios entre éstos y los monosacáridos. Es llamada también gomalina, amidina, leicomo, leigoma, gomeina, paradextrina, goma británica, goma de Alsecia, goma artificial, etc.

Es una substancia que en estado puro es incolora, pero generalmente presenta un color amarillento. Es soluble en el agua e insoluble en el alcohol y desvía a la derecha el plano de polarización de la luz, por lo que ha recibido el nombre de dextrina. Es de igual composición que el almidón, es decir, es su isómero. Con el yodo da una coloración rojo-amarillenta.

El descubrimiento de la dextrina fué casual, como se describirá a continuación: La manufactura de la harina de papa fué un hecho que no agradó en un principio a los trabajadores británicos. El gran aumento en el consumo de este vegetal hizo que aumentara su precio considerablemente y por lo tanto dificultaba su obtención por las clases pobres. Esto hizo que se presentaran una serie de incendios en las fábricas que usaban la papa como la materia prima.

El 5 de septiembre de 1821, se desencadenó un incendio en la fábrica Chapel Lizard, cerca de Dublín. Un trabajador que ayudó a apagar el incendio, descubrió a la mañana siguiente que sus ropas se volvieron muy pegajosas cuando se humedecieron. Notó que en ella habían pedazos de harina amarilla, y que éstos eran solubles en agua. Después de observar lo anterior, hizo algunos experimentos tostando harina sobre una lámina de acero y los resultados fueron satisfactorios. El descubridor y otros trabajadores que lo ayudaron emigraron a Nueva Orleans.

Cuando el descubridor murió el secreto pasó a un amigo, quien regresó a Inglaterra y empezó a manufacturar grandes cantidades. Tomando precauciones en la elaboración el proceso se

conservó en secreto por un largo tiempo, pero el método se conoció cuando la operación se hizo en presencia de unos clientes, quienes presionaron para ello. En los dos años subsiguientes aparecieron más de doce productores de goma británica.

La degradación del almidón hasta convertirlo en dextrina puede hacerse por medio de ácidos, calor, enzimas u otros agentes o por combinación de dos o más de los antes enumerados.

En lo presente trataremos lo concerniente al mecanismo de la degradación del almidón en seco por la aplicación del calor y por la acción de diversos productos químicos.

La conversión por medio de productos químicos consiste en una acción que los ácidos minerales en soluciones acuosas llevan a cabo cuando son aplicados sobre el almidón, usando el método común de atomización. El almidón así acidificado se calienta a diversas temperaturas, durante diversos periodos de tiempo.

Aunque los productos de degradación del almidón no son especies puras, sino mezclas más o menos diferentes de substancias químicas, industrialmente existe una gran división que es: dextrinas blancas, dextrinas amarillas y goma británica. En esta forma seguiremos su estudio y obtención usando como materia prima el almidón de yuca, y como método el de acidificación por ácidos minerales y calentamiento.

DEXTRINAS BLANCAS.—Son productos de la degradación del almidón por medio de diversos factores; en el caso presente nos ocuparemos únicamente de las obtenidas por calentamiento del almidón acidificado por ácidos minerales.

Son de color blanco, como su nombre lo indica, de solubilidad variable entre 5 y 60% de acuerdo con la cantidad de ácido y calor proporcionados. Dentro de este amplio margen de solubilidades existe una gran cantidad de tipos diferentes de dextrinas, las que se preparan de acuerdo con el uso a que se destinan.

La viscosidad de ellas es un factor sumamente importante y varía en razón inversa de las solubilidades, es decir, a mayor solubilidad, menor viscosidad.

El proceso que se sigue para la obtención de dextrinas blancas es el que sigue:

Primero se acidifican en un recipiente de aluminio con palletas interiores en donde se mantiene el almidón en constante movimiento. Por la parte superior desciende la solución del ácido mineral escogido (se suele usar ácido nítrico, ácido clorhídrico o

ácido fosfórico), el cual es esparcido sobre el almidón en forma de gotitas muy finas. Después de que se ha atomizado toda la solución se saca el almidón por la parte inferior y se deja reposar durante aproximadamente 24 horas.

Después de las cuales se vierte al cocedor, que no es más que una paila con paletas que rozan el fondo y que se mantienen en constante movimiento durante la operación, para evitar que la dextrina se pegue en el fondo y paredes e impida por consiguiente una transformación uniforme.

Después de un determinado número de horas la dextrina se saca y se transporta a un enfriador que consiste de un cilindro metálico de paredes dobles por donde circula una corriente de agua fresca.

La dextrina del enfriador se transporta a un tamiz de tela de seda para separar las impurezas que pueda contener.

El tiempo de calentamiento y la cantidad de ácido empleados varían de acuerdo con la dextrina que se desea obtener, teniendo en cuenta que a mayor cantidad de ácido y tiempo de cocimiento se obtendrá una dextrina más soluble y menos viscosa.

En la gráfica No. 1 se observa una curva en la que las absisas representan tiempo y temperatura y las ordenadas solubilidad. En la gráfica No. 2 las absisas representan tiempo y temperatura y las ordenadas viscosidad.

La determinación de la solubilidad se hizo de la siguiente manera: se pesaron 10 gramos de la dextrina cuya solubilidad se va a determinar, se ponen en un matraz de 250 cc. y se le agregan 100 c.c. de agua destilada. Se le agita fuertemente durante 5 minutos, se deja reposar y se filtra. Del filtrado se toman 10 cc. y se ponen en una cápsula de porcelana perfectamente limpia y tarada y se seca la estufa a una temperatura de 95-100°C., se enfría y se vuelve a pesar. La diferencia será la cantidad de dextrina disuelta que para transformar en por ciento, el resultado se multiplica por 100

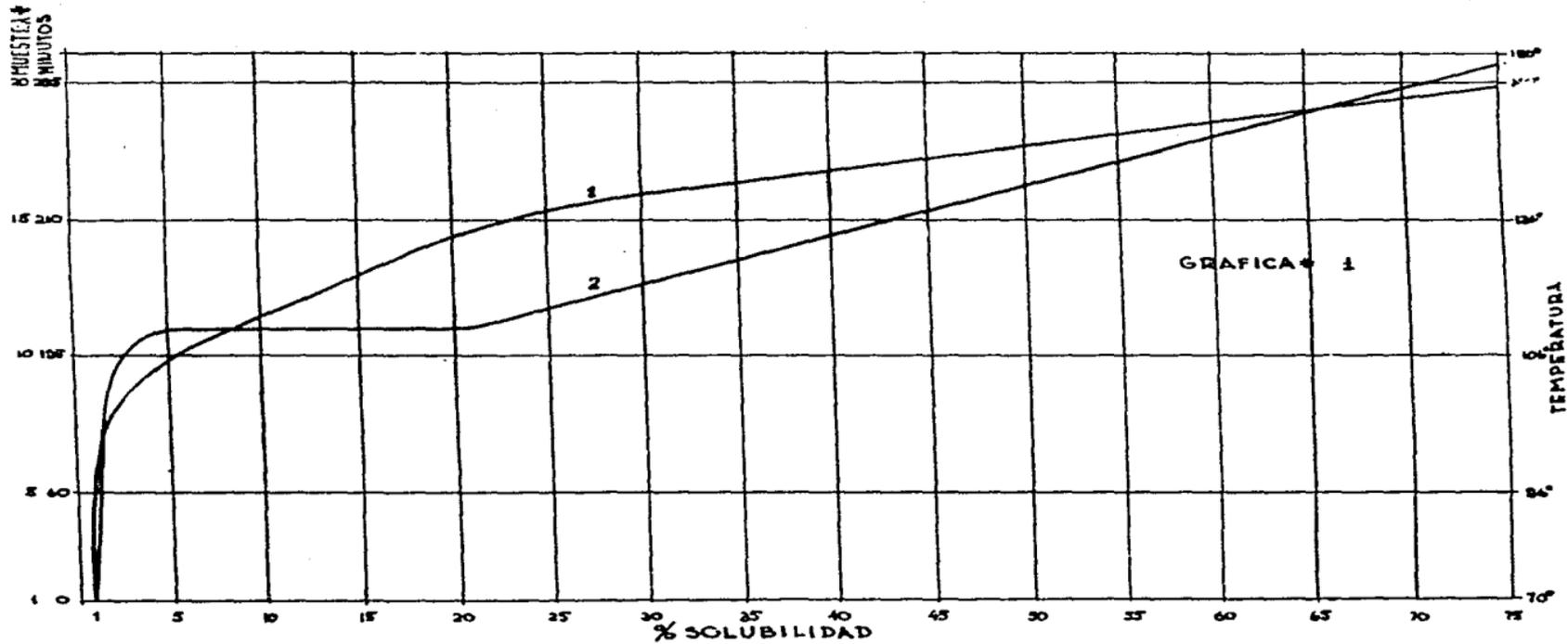
Para la determinación de las viscosidades se sigue la siguiente técnica: se pesan 20 gramos de la dextrina problema y se vierten en un vaso de precipitados de 250 cc. Se le agregan 200 cc. de agua destilada y se calienta a baño de maría aproximadamente 20 minutos, hasta una temperatura de 80°C. Se observará que la suspensión lechosa en un principio se transforma en transparente. Después se pone en baño frío hasta una temperatura de 30°C., se

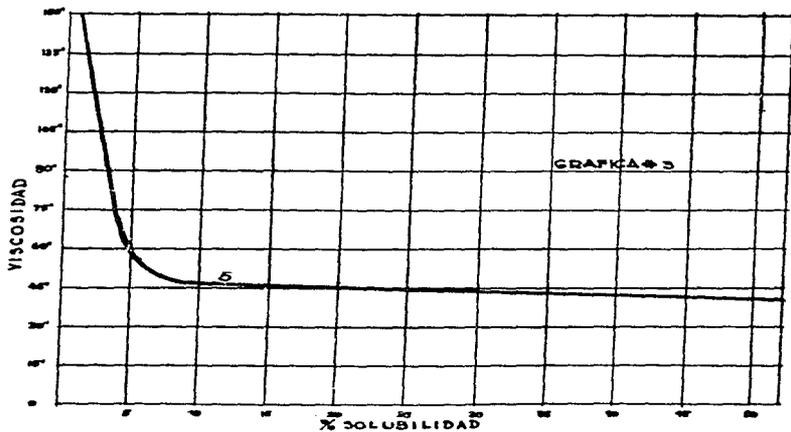
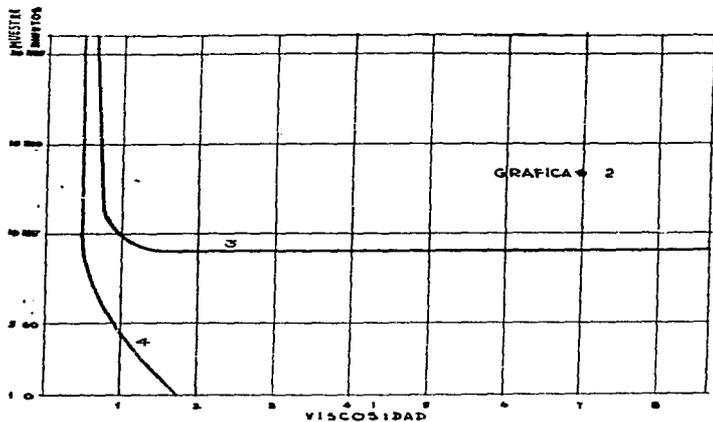
vierte a una pipeta de 100 cc. con doble aforo, uno superior y otro inferior. Esta pipeta es standard y da una viscosidad relativa; para su normalización se usan dextrinas de viscosidad conocida. Una vez llena se deja correr libremente el liquido problema y se observa el tiempo que transcurre en que el menisco cruce los aforos. Esta lectura se toma como medida de la viscosidad. La cantidad de agua puede ser 3 x 1 en caso de que el método anterior no sea lo suficientemente preciso.

Las gráficas que a continuación se observan están tomadas de la siguiente tabla de valores. Mismas que se obtuvieron prácticamente durante la elaboración de una barcada regular de dextrina blanca.

T A B L A

MUESTRA No.	HORAS DE TRATAMIENTO	TEMPERATURA °C.	VISCOSIDAD RELATIVA 1x10 (50°C)	VISCOSIDAD RELATIVA 1x3 (30°C)	SOLUBILIDAD %
1	0 h 00 m	70	1'41"	Inf.	0.86
2	0 15	70	1'30"	"	0.87
3	0 30	70	1'22"	"	0.88
4	0 45	73	58"	"	0.90
5	1 00	76	53.8"	"	1.02
6	1 15	84	46.5"	"	1.14
7	1 30	94	38.5"	"	1.43
8	1 45	102	32.5"	"	1.90
9	2 00	108	29.5"	1'30"	3.10
10	2 15	110	28.5"	56"	5.43
11	2 30	110	27.5"	47"	8.30
12	2 45	110	Viscosidad	47"	12.28
13	3 00	110	agua	47"	14.88
14	3 15	110	50°C.	46"	18.23
15	3 30	110	26"	46"	21.88
16	3 45	118		44"	29.23
17	4 00	128		42"	48.71
18	4 15	136		40"	58.50
19	4 30	142		39"	67.20
20	4 45	150		38"	75.92





DISCUSION DE LAS GRAFICAS.—En la gráfica No. 1, curva No. 1, observamos el incremento de la solubilidad de una dextrina blanca conforme aumenta el tiempo de transformación.

Vemos que de la muestra No. 1 a la No. 8 hay un incremento en la solubilidad del 1% aproximadamente, en un tiempo de transformación de una hora y 3/4 o sean 105 minutos. Conforme aumenta el número de minutos de transformación, observamos cómo la curva de las solubilidades aumenta considerablemente, y en una proporción superior a la que conservaba en las primeras muestras se nota que la solubilidad llega a un 75.75% en un tiempo de transformación de 4 horas 45 minutos, y que si se aumentara sobrepasaría el límite de solubilidad de una dextrina blanca y entraría de lleno en el campo de las dextrinas amarillas.

Esta curva refleja claramente la forma en que el almidón se va transformando en dextrina, y cómo, conforme aumenta el tiempo, la solubilidad va aumentando.

En la misma gráfica la curva No. 2 nos refiere el incremento de la solubilidad de la dextrina con respecto a la temperatura.

Vemos que desde que el almidón se vierte al cocedor hasta que alcanza una temperatura de 100° no existe una transformación apreciable, pues la solubilidad incrementa muy lentamente, pero entre los 100" y los 110" experimenta una fuerte transformación variando considerablemente su solubilidad. Al aumentar la temperatura la solubilidad sigue aumentando y llega a su máximo cuando la temperatura también llega a su máximo.

Esta gráfica nos enseña un claro estudio de la transformación que va sufriendo el almidón hasta convertirse en dextrina y el aumento de su solubilidad con respecto a tiempo de transformación y temperatura.

La gráfica número dos es un estudio de las variaciones que va sufriendo un almidón en su viscosidad al transformarse en dextrina. En esta gráfica encontramos dos curvas: la 3 y la 4. La primera de ellas, es decir, la curva número 3, representa el camino seguido por la viscosidad con respecto a los minutos de transformación. Esta viscosidad fué tomada a 30°C. y con una dilución 1 x 3. Encontramos que de la muestra número 1 a la muestra 8 el resultado fué considerado infinito pues no fluyó a través del viscosímetro empleado. De la 8 en adelante, el tiempo que tarda en fluir va disminuyendo hasta hacerse casi asintótico con el eje representante de los tiempos de transformación, y se hace casi

paralelo a la curva representativa de la viscosidad del agua, es decir, que existe una variación apreciable de viscosidad en un pequeño trecho de 30 minutos de transformación, pues de ser una pasta que no fluye pasa a ser un líquido muy fluido.

En la curva número cuatro, la viscosidad fué tomada a 50°C y a una dilución de una parte de polvo por 10 de agua. En ella vemos que la viscosidad va disminuyendo paulatinamente, y en la muestra número doce, se hace muy próxima a la viscosidad del agua.

La gráfica número tres contiene únicamente una curva, la número 5. Ella nos relaciona porcientos de solubilidad con viscosidades. Es de poco uso práctico y únicamente se construyó para complemento de estudio, pues dado que viscosidad y solubilidad son siempre dos variables, esta curva no es de uso práctico. Puede tener aplicación en el caso de que se conozca una viscosidad producto de una mezcla de varias dextrinas y se desee saber cuál es aproximadamente su solubilidad.

DEXTRINAS AMARILLAS.—Son almidones modificados, solubles en agua, como su nombre lo indica, de color amarillo y con el yodo dan reacción característica de color rojo. Aunque existe una gran gama de variedades de dextrinas amarillas, comercialmente se usan dos, una de color ligeramente amarillo y la otra de color amarillo intenso, como es de suponer la segunda de ellas es más soluble que la primera, pero a su vez, de cualidades más adhesivas.

Para la obtención de las dextrinas amarillas se sigue un método similar al descrito para la obtención de las dextrinas blancas, es decir, se acidifica el almidón y se deja reposar durante 24 horas. Después de este tiempo se vierte al cocedor y se calienta poco a poco durante aproximadamente siete horas, después de las cuales la conversión del almidón en dextrina se aproxima al 100%. Como decía en las primeras partes, se puede sacar la barcada cuando ha adquirido un color ligeramente amarillo o bien cuando este color llega a ser más intenso que en el primero de los casos, podemos decir que son estos los dos tipos esenciales de dextrinas amarillas, el primero es entre 90 y 95% soluble y el segundo llega a ser un 100% soluble. Además podemos agregar que el último admite menos agua que el primero, pero es a su vez una materia prima necesaria para muchos tipos de pegamentos.

El punto final de las dextrinas amarillas se lleva a cabo com-

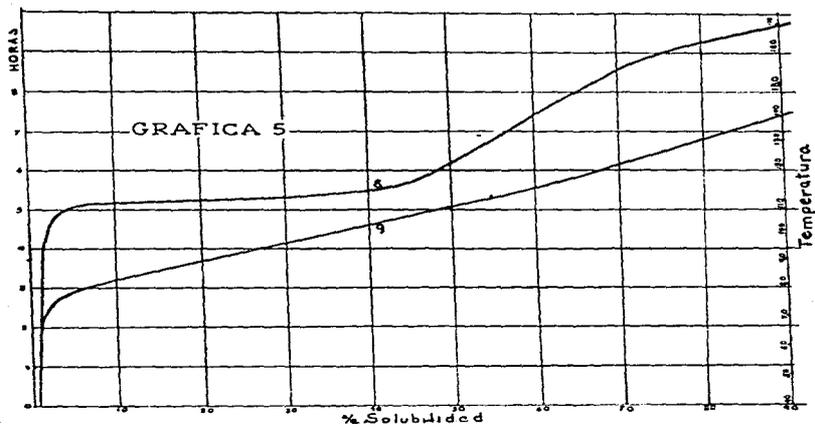
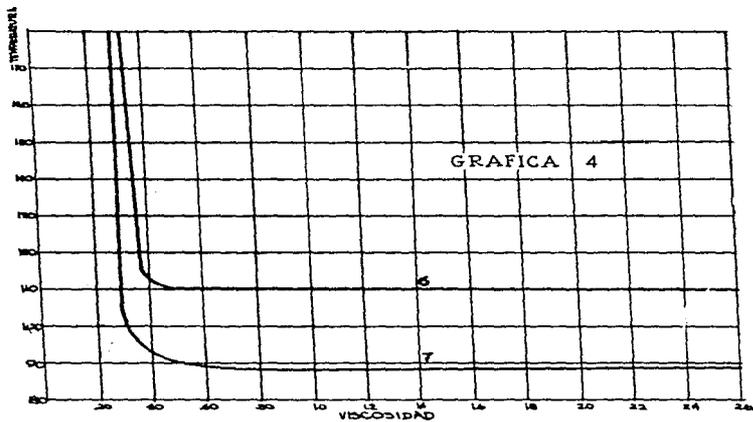
parándolas en color con dextrinas tipos de solubilidades conocidas.

El rendimiento es inferior al de las dextrinas blancas, pues su tiempo de conversión es mayor.

Las gráficas que a continuación se observan, fueron tomadas de la siguiente tabla:

T A B L A

MUESTRA No.	TEMPERATURA A QUE SE TOMO LA MUESTRA	TOMO DE	HORAS DE TRATAMIENTO	SOLUBILIDAD %	VISCOSIDAD RELATIVA 1×10 (50°C)	VISCOSIDAD RELATIVA 1×3 (30°C)
1	40°	0	h 00 m	0.58	Inf.	Inf.
2	43	0	15	0.58	"	"
3	48	0	30	0.58	"	"
4	54	0	45	0.60	"	"
5	62	1	00	0.61	"	"
6	66	1	15	0.64	"	"
7	73	1	30	0.68	"	"
8	78	1	45	0.70	"	"
9	88	2	00	0.76	1' 5"	"
10	92	2	15	0.98	0'41"	"
11	98	2	30	1.74	0'32"	"
12	105	2	45	2.69	0'29"	"
13	107	3	00	6.08	0'29"	1' 5"
14	109	3	15	10.31		0'50"
15	110	3	30	15.34	Viscosidad	0'43"
16	110	3	45	21.16		0.42"
17	110	4	00	27.09	agua 50°C.	0'42"
18	112	4	15	32.81		0'40"
19	115	4	30	38.34	0'26"	0'38"
20	115	4	45	43.62		0'37"
21	123	5	00	48.83		0'37"
22	130	5	15	54.37		0'36"
23	138	5	30	60.61		0'36"
24	145	5	45	64.35		0'36"
25	152	6	00	67.42		0'35"
26	156	6	15	71.66		0'34"
27	160	6	30	76.02		0'34"
28	164	6	45	80.15		0'33"
29	170	7	00	83.44		0'33"
30	170	7	15	86.83		0'33"
31	170	7	30	91.36		0'33"



DISCUSION DE LAS GRAFICAS.—En la gráfica número 4, curva número seis, se observa que la viscosidad tiene una rápida variación, pues siendo de consistencia no fluida hasta los 105°, es decir, en cerca de tres horas de tratamiento, se convierte a los 120°, es decir a las cinco horas de tratamiento, en un líquido cuya viscosidad se hace casi constante. Esto significa que determinando la viscosidad de la dextrina según el método descrito anteriormente y usando una dilución de tres partes de agua por una de polvo y a la temperatura de 30°C., se tiene únicamente un margen muy pequeño, en el que la viscosidad es una variable prácticamente aprovechable.

En la curva número siete se ha usado el mismo método que en el caso anterior, solo que con una dilución de una parte de polvo por diez de agua a la temperatura de 50°C. Aquí se observa un pequeño trecho en que la variación de viscosidades es prácticamente aprovechable; antes de dos horas de conversión (88°C.) la masa no fluye, después de esta temperatura la determinación de las viscosidades es factible y deja de ser interesante cuando el tiempo de conversión es de tres horas, es decir, una hora después, pues el líquido se vuelve de viscosidad casi constante.

En resumen, aprovechando diferentes diluciones y temperaturas, podemos establecer una serie de curvas en las que sea posible estudiar la variación de viscosidades durante toda la transformación del almidón en dextrina.

En la gráfica número cinco, curva número ocho, se observa claramente el incremento que la dextrina va sufriendo en su solubilidad con respecto a la temperatura; al principio la variación de solubilidad es muy pequeña, pero cuando la temperatura está cerca de los 107°C. se experimenta una transformación rápida que termina cuando la temperatura es de 112°C. Posteriormente el incremento de solubilidad se hace proporcional al incremento de las temperaturas terminando ambos cuando la temperatura es de aproximadamente 170° y la solubilidad de aproximadamente 95%.

La curva No. 9 en la misma gráfica expresa el incremento de solubilidad con respecto al tiempo de transformación.

En resumen, usando estas gráficas podemos calcular aproximadamente qué tiempo de conversión y qué temperatura necesitaremos para obtener una dextrina de una solubilidad deseada.

GOMA BRITANICA.—Se le ha dado este nombre a aquellas dextrinas obtenidas generalmente por tratamiento del almidón por

calor. Algunas veces se suele agregar pequeñas cantidades de ácidos minerales para disminuir la viscosidad del producto. Otras veces es una sal alcalina, comúnmente se emplea el carbonato de sodio, la que en pequeñas cantidades se agrega para neutralizar la poca cantidad de acidez que pueda contener el almidón, de esta manera obtendremos una goma británica muy viscosa y por lo tanto que necesita gran cantidad de agua para disolverse, haciendo que el producto resultante sea muy económico.

La obtención de la goma británica se hace de la siguiente manera: Se pesa una determinada cantidad de almidón y se le agrega la cantidad de neutralizante (carbonato de sodio) calculada. Se calienta en un tostador gradualmente hasta que toda la humedad se ha evaporado. Esto se logra más rápidamente manteniendo la paila destapada. Después de esta operación se tapa y se eleva la temperatura paulatinamente hasta cerca de 200°C. En estas condiciones se mantiene hasta que las pruebas y el color nos indiquen que ha llegado el momento de sacarla. La operación completa dura aproximadamente ocho horas. Para observar si el producto está listo, en un tubo de ensaye se ponen dos gramos de la muestra, sobre él se ponen cuatro partes de agua aproximadamente; se tapa el tubo con el dedo pulgar y se agita fuertemente durante un minuto.

Cuando el producto aun no está listo, se observará primeramente que la mezcla es opaca y blancuzca. Dejando reposar el tubo se nota, después de unos minutos, que se ha formado una capa inferior (sedimento) de color blanco y una capa superior transparente. Conforme avanza el proceso y se aproxima al final, el sedimento va desapareciendo y la capa superior adquiere tonalidades más oscuras.

El producto se considera terminado cuando no existe capa inferior de sedimentación, sino que todo es una solución de color café obscuro.

Estas pruebas se llevan a cabo cada tres minutos aproximadamente.

CONTROL DE DEXTRINA.—Ver capítulo VI.

CAPITULO V

PEGAMENTOS

INTRODUCCION.—El uso de los pegamentos empezó con los primeros trabajos del hombre. La saliva, las resinas, el barro, la cera de abejas silvestres, fueron los primeros pegamentos usados por el hombre. Más tarde se usaron compuestos más complejos. Cuando se excavaron los templos de Babilonia se encontraron estatuas con ojos de márfil, fabricadas hace seis mil años, pegadas con cementos bituminosos que se fabricaban desde aquella época. Posteriormente, hace dos mil años, se usaron pegamentos a base de clara de huevo y cal para decorar pequeñas cajas de madera con monedas romanas. Hasta hoy estas monedas están firmemente pegadas a la madera. En aquellos tiempos se usaban principalmente gomas animales tratadas con cal, mismas que fueron la base de nuestras modernas gomas de caseína.

De eso a nuestra época se han desarrollado ininidad de adhesivos para usos completamente diferentes, y que en la actualidad suman algunos miles.

La primera planta comercial para la fabricación de pegamentos fué puesta en Holanda en 1690. En los Estados Unidos hasta 1809 fué establecida la primera de este género.

Se da el nombre de pegamento a aquella substancia capaz de adherirse o pegarse a una superficie, con objeto de que ésta pueda a su vez adherirse a otra. También podríamos definir un pegamento como aquella substancia que en una capa intermedia produce una unión entre dos superficies. Estas definiciones no son del extremo precisas, pues existen substancias que no entran en ella y que sin embargo son consideradas como tales; por ejemplo, pegamentos para formar bloques de papel, etc. y por otro lado hay substancias que cumplen los postulados de la definición y que sin embargo no son catalogados como pegamentos. Ejemplo, soldaduras que unen dos superficies metálicas.

Los pegamentos tienen grandes aplicaciones en la industria y sus características varían dentro de límites muy amplios. Fre-

cuentemente substancias puras se usan como pegamentos. En otros casos es necesario agregar algunos agentes quimicos para modificar las propiedades de los pegamentos base. Estos agentes pueden implantar plasticidad, rigidez insolubilidad, viscosidad, etc., al pegamento base y de acuerdo con los usos a que éste se destine.

Las palabras goma, adhesivo o pegamento son sinónimas, aunque en algunos casos se emplean diferentemente. Así en algunos lugares llaman goma a los pegamentos en polvo, solubles en agua fria o caliente, y que necesitan una preparación posterior para su uso. El término pegamento, generalmente se usa para designar aquellas substancias adhesivas, preparadas para su uso y vendidas generalmente en forma líquida o de pasta. Y el término adhesivo, generalmente es aplicado para pegamentos más especiales como son resinas sintéticas, o aquellas que tienen como base urea, formaldehído, melamina, etc.

CLASIFICACION.—Los pegamentos pueden dividirse en muy diversos grupos, de acuerdo con sus propiedades, así podemos decir que hay pegamentos en frio o en caliente, en polvo, en pasta, líquidos, etc. Pero la clasificación hasta ahora más aceptada es aquella que divide los diferentes tipos de adhesivos de acuerdo con el origen que tengan. Partiendo de esa base podemos dividirlos en:

Adhesivos de origen animal

Adhesivos de origen vegetal

Adhesivos sintéticos.

ADHESIVOS DE ORIGEN ANIMAL.—Dentro de esta primera clasificación podemos encontrar diversos tipos de pegamentos provenientes de diversos recursos. Así entre los adhesivos de origen animal, encontramos: 1.—Gomas animales que son extractos acuosos de huesos, cueros o cuernos d animales. En estado caliente constituyen líquidos que, al enfriarse, forman geles que pueden secarse y transformarse en sólidos transparentes. Cuando se disuelven en agua se transforman en excelentes pegamentos. Estas gomas animales pueden modificarse por la adición de varias substancias dando pegamentos aplicables en frio, que son más comúnmente usados en la industria, o pegamentos que tienen propiedades más adhesivas y que dan películas más uniformes y flexibles que la goma base. 2.—Gomas de pescado, que son obtenidas de desperdicios de pescados (pieles y huesos). Estas gomas son muy

similares a las anteriores. 3.—Pegamentos de caseína, que son obtenidos de la caseína precipitada de la leche. El precipitado se seca y se muele a la fineza deseada. Se trata con agentes modificadores que generalmente son sales alcalinas mezcladas con el agua, dando una pasta más o menos estable. La estabilización se puede aumentar con la adición de algunos agentes, como el nitrobenzeno. Son usadas generalmente en la industria maderera.

ADHESIVOS DE ORIGEN VEGETAL.—Entre esta clasificación podemos encontrar resinas naturales que se extraen de algunos árboles, generalmente de la acacia. La goma arábiga es la más conocida. Sus soluciones acuosas se usan como pegamentos para muchos usos, pero la calidad de las uniones obtenidas con estas gomas no se puede comparar con las obtenidas con las gomas animales. Las gomas vegetales pueden ser modificadas principalmente con la adición de agentes plastificantes. 2.—Pegamentos derivados de la celulosa. Se obtienen disolviendo acetato o nitrato de celulosa en solventes adecuados. Se usan en la industria del calzado, substituyendo a los de hule. 3.—Pegamentos de dextrinas. Estos se obtienen tratando las dextrinas con agentes plastificantes, suavizantes o secantes. Se usan principalmente en industrias de papel. 4.—Pegamentos de hule o latex. Se obtienen de la savia lechosa del árbol del hule, del guayule, etc. Generalmente se preparan agregando algunos agentes modificadores.

ADHESIVOS SINTETICOS.—Los pegamentos sintéticos a base de urea, formaldehido, fenolformaldehido, etc., se usan frecuentemente en la industria maderera. Su uso primordial está en la fabricación de maderas combinadas (triplay), material que es de gran uso en la fabricación de aviones, botes, puertas y objetos similares. Estos pegamentos no sólo tienen en la industria del triplay la misión de unir las capas de la madera, sino imparten al producto final, dureza, resistencia y durabilidad.

Además de las clasificaciones anteriores, existe otra que los divide de acuerdo con el uso a que se destine. Así encontramos:

- 1.—Pegamentos para metales.
- 2.—Pegamentos para madera.
- 3.—Pegamentos para papel.
- 4.—Pegamentos para la industria textil.

Pero debemos considerar como la más completa a aquella que los clasifica de acuerdo con los recursos de donde provienen.

FUERZA ADHESIVA.—Se han dado muchas explicaciones acerca del poder de adhesión de los pegamentos pero hasta ahora los químicos y físicos no han podido explicar satisfactoriamente este fenómeno. Los primeros adhesivos fueron gelatinosos y por un tiempo se creyó que sólo los geles podían tener propiedades adhesivas. De acuerdo con una teoría los pegamentos eran sustancias que llenaban los intersticios y poros de las superficies engomadas. Esto explica por qué las superficies ásperas eran más fácilmente engomables que las lisas, pero no siempre ocurre así, como podemos observar en el caso del vidrio.

La acción adhesiva actualmente se explica por el fenómeno de atracción y repulsión entre las moléculas, MacBail y Lee encontraron que una unión se puede hacer con cualquier material que pueda humedecer dos superficies y posteriormente solidificarse. Se pueden hacer excelentes uniones con azufre, ácido oleico y otros muchos productos químicos.

Existen muchos factores que influyen en la acción adhesiva, los cuales pueden ser agrupados en físicos o químicos. Entre los primeros encontramos:

- a).—Tensión superficial del adhesivo.
 - b).—La suavidad y porosidad de las superficies por pegar.
 - c).—Propiedades físicas del filamento de goma.
 - d).—Grueso relativo de la película de pegamento y viscosidad de la misma.
 - e).—Método de aplicación del pegamento.
- Los factores químicos son:
- a).—Polaridad de la superficie que rodea al pegamento.
 - b).—Proceso de polimerización, formación de sub-productos e influencia del peso molecular.
 - c).—Naturaleza de los grupos laterales sobre las cadenas polímeras.
 - d).—Algunas veces son adsorbidas delgadas películas de vapores o gases sobre la superficie de sólidos y son adsorbidas por las películas del pegamento.
 - f).—Evaporación o difusión de productos volátiles de las películas de adhesivo.
 - g).—pH de la goma.

IDENTIFICACION DE PEGAMENTOS.—Para el estudio inicial de un pegamento, Lehman ha propuesto la identificación de la base del adhesivo de la siguiente manera:

1).—Los pegamentos cuya base es almidón o dextrina darán la reacción del yodo.

2).—Las gomas animales dan coloración que varía del rojo al violeta en soluciones alcalinas de sulfato de cobre y precipitan con taninos.

3).—Los adhesivos que tienen caseína como base, se caracterizan por su contenido de fósforo y precipitan con la reacción típica de sus constituyentes.

GOMAS ANIMALES.—Entre los pegamentos más conocidos y los que primero se usaron, están las gomas preparadas de recursos animales. Su origen probablemente data de tiempos prehistóricos, cuando el hombre hirvió desperdicios de los animales que él cazaba y encontró que se gelatinizaban en el recipiente después que se enfriaban.

De aquí en adelante se fueron usando más y más estos pegamentos y actualmente son indispensables en la industria y de una producción que fluctúa en los Estados Unidos entre 90 y 100 millones de libras al año.

Las gomas animales comprenden todas las gomas preparadas de cuero y huesos de ganado, ovejas, puercos, caballos, etc.

Estos productos se dividen en tres clases principales: Gomas provenientes de cuero, gomas de huesos y gomas de huesos frescos.

La primera de ellas es la más adhesiva, y la última la menos adhesiva. La mayoría de estas gomas son subproductos de la industria empacadora. Generalmente se expenden en polvo, en granos, en escamas o en panes, pero estas condiciones no modifican la estructura de la goma.

La mayoría de estas gomas animales se emplean en la industria de la madera, excepto cuando se requiere un pegamento a prueba de agua. Actualmente las resinas sintéticas han desplazado a estas gomas en el campo de la industria maderera.

Debido a la gran diversidad de recursos de donde se obtienen y la gran diferencia entre ellas, la Asociación de Manufactureros de Gomas Animales de los Estados Unidos, ha sacado una tabla de características para cada una de ellas.

T A B L A

TIPO	FUERZA GELATINIFICANTE EN GRAMOS	VISCOSIDAD MILIPOISES	Características Típicas.
1	18	22	Goma de hueso pura o mezclada
2	36	25	con goma de cuero.
3	58	30	" " " " "
4	82	36	" " " " "
5	108	44	" " " " "
6	135	52	" " " " "
7	164	61	Usada generalmente para largos
8	192	69	periodos de ensamble
9	222	77	" " " " "
10	251	85	Usada generalmente para ensam-
11	283	94	bles rápidos
12	315	104	" " " " "
13	347	114	Usada en climas calientes y
14	379	125	húmedos.
15	411	136	" " " " "
16	444	149	" " " " "
17	477	162	" " " " "
18	512	177	" " " " "

Viscosidad.—Medida en una pipeta tipo con capilar calibrado.

Fuerza gelatinificante.—Peso en gramos para sumergir un peso calibrado de 12.7 mm. de diámetro a una profundidad de 4 mm. en una mezcla standard.

MANUFACTURA DE LAS GOMAS ANIMALES.—El proceso para la obtención de los diferentes tipos de goma animal varía en el tratamiento inicial de las materias primas.

En la manufactura de goma de cuero, los cueros se sumergen en solución de cal, para disolver y remover las substancias mucilaginosas y albuminoideas.

Este proceso requiere de uno a tres meses. La cal hace que la grasa sea inactiva por saponificación.

El control de la concentración, temperatura, tiempo y presión es muy importante durante el tratamiento y acondicionamiento de la materia prima. Después de un cierto período de tiempo, los álcalis y los otros productos químicos deben ser removidos completamente con lavados de agua pura y limpia. Algunos fabricantes agregan pequeñas cantidades de ácido débil para neutralizar los productos alcalinos y reducir el período de lavado, que puede llegar a ser de varias semanas.

Después del lavado la materia prima está lista. La extracción es hecha solamente por la acción del agua y del calor; la goma disuelta se pone en pailas de concentración, las que contienen serpentes con vapor que calientan suavemente por algunas horas.

Mientras la concentración continúa, el líquido se prueba y cuando tiene de 4 a 5% de goma, se envía a otras pailas, en donde se agrega más agua y el proceso se repite a mayor temperatura. Este procedimiento se sigue en igual forma de cuatro a cinco veces, cada vez elevando más la temperatura, hasta alcanzar el punto de ebullición.

Las mejores calidades de goma se obtienen durante la primera extracción.

El siguiente paso en la manufactura de estas gomas, es la eliminación de la mayor parte de agua que contiene, por evaporación al vacío y a baja temperatura.

Después de que el agua se ha evaporado, el líquido se enfría y se hace correr a través de bandas transportadoras que hacen pasar el producto a través de cajas refrigerantes. Después que salen de ellas, la goma se ha gelatinificado y se raspa y pone en unos recipientes de tela de alambre.

Posteriormente se aplica, aire seco que hace que el producto se rompa formando escamas, gránulos o polvo.

En la fabricación de la goma de huesos estos son pulverizados y puestos en tanques de acero donde se extrae la grasa con ayuda de solventes.

Después se elimina el solvente y los huesos se ponen en barriles rotatorios con ácidos diluidos para quitar las sales que éstos contienen y después del lavado quedan listos para el proceso de extracción, que es similar al descrito con antelación.

El proceso para la manufactura de la goma de hueso fresco es similar a la anterior, exceptuando que no se hace la extracción de la grasa por solventes.

GOMAS DE PESCADO.—Un gran número de gomas usadas comercialmente en pequeñas cantidades, están hechas con materia de origen marino: cabezas, huesos, pellejos de pescado. Como la goma animal, la goma de pescado es preparada mediante el cocimiento de las materias primas con agua caliente, seguidas con el filtrado y evaporación del exceso de agua hasta la concentración deseada, y finalmente, agregándole varios agentes deodorizantes.

Las gomas de pescado son usadas en gran cantidad en el grabado fotográfico, para etiquetas engomadas y sobre todo para trabajos de madera.

Las materias primas para la fabricación de las colas de pescado son obtenidas en su mayor parte del bacalao, robalo, merluza y abadejo, produciendo una goma de calidad superior particularmente cuando se extrae del pellejo.

PEGAMENTOS DE CASEINA.—De los pegamentos fabricados a base de sustancias proteicas, fueron los de caseina los que comercialmente se usaron primero. Las primeras fábricas de ellos se construyeron en Suiza y Alemania durante la primera parte del siglo XIX. El campo principal de estos pegamentos era la manufactura de triplé y muebles de madera. Con la aparición de las resinas sintéticas las aplicaciones se redujeron, pero aún hay muchos casos en que los pegamentos de caseina no han podido ser desplazados.

La caseina, usada por los fabricantes de pegamentos, es precipitada de la leche, lavada y secada posteriormente, y finalmente tamizada por una malla del 20 o más fina.

Los pegamentos de caseina se usan cuando se desea una goma fuerte y a prueba de agua, pero tienen el inconveniente de que tienen un corto tiempo de vida. Generalmente se expenden en polvo y se preparan poco antes de ser usados.

La caseina es insoluble en agua y se pone en solución por la adición de álcalis o sales alcalinas. Si agregamos a la suspensión de caseina en agua una cantidad adecuada de hidróxido de sodio obtendremos una goma con bastante fuerza adhesiva pero sin resistencia al agua. Por otro, si se combina la fórmula usando hidróxido de sodio obtendremos una goma con bastante fuerza adhesiva pero sin resistencia al agua. Por otro, si se combina la fórmula usando hidróxido de sodio e hidróxido de calcio, obtendremos una goma de buena resistencia al agua y limitada estabilidad. LLama-

mos estabilidad en un pegamento de caseína al tiempo que dura después de preparado sin que se gelifique, es decir, el tiempo que se pueda usar con seguridad.

Si en la goma de caseína usamos hidróxido de calcio y silicato de sodio, este último aumentará la estabilidad del producto, obteniendo uno de buena adhesividad, resistente al agua y además de excelente estabilidad.

La adición de pequeñas cantidades de sales de cobre hacen que la goma adquiera resistencia al agua. Además hace que su estabilidad aumente en lugares calientes y húmedos, y la preserva evitando que se multipliquen muchos organismos.

Cuando se usa hidróxido de amonio en vez de hidróxido de sodio, se tiene que agregar mayor cantidad de agua para obtener la misma viscosidad; generalmente la estabilidad de la goma se reduce.

Posteriormente se han propuesto muchísimos productos químicos para implantar plasticidad, mayor estabilidad, mayor resistencia al agua, mayor fuerza, y preservar del ataque de hongos y bacterias, etc.

RESINAS NATURALES.—Muchos pegamentos se derivan de recursos naturales como son las resinas de algunos árboles o resinas provenientes de insectos parásitos. Algunos de estos productos son naturalmente pegajosos.

El producto más importante de este grupo es la goma arábiga o goma de la acacia, como también se le llama. Químicamente se le puede comparar con el almidón. Como él, tiene una molécula larga y complicada que está constituida de pequeñas unidades pero diferentes a las del almidón. Cuando esta molécula se calienta con agua, tiende a romperse.

Esta ruptura da por resultado una disminución en la viscosidad de la solución y en la fuerza adhesiva.

Las gomas que tienen por base resinas naturales (goma arábiga) son fáciles de preparar. Son de color claro, sin olor, estables y muy usadas en la industria papelerá. Actualmente los pegamentos preparados con dextrinas han substituído en mucho a estas gomas.

La fuerza adhesiva de estos productos puede ser mejorada con la adición de productos químicos como hidróxido de calcio, sulfato de aluminio, hidróxido de potasio, etc.

La glicerina da flexibilidad a estos pegamentos; algunas ve-

ces, en vez de glicerina, se usa dietilén glicol, etilén glicol, etc.

Generalmente se emplea agua en la disolución de la goma arábiga y para reducir el costo se usan substancias que aumentan la viscosidad del producto, como por ejemplo: goma tragacanto, gelatina o metilcelulosa.

PEGAMENTOS DERIVADOS DE LA CELULOSA.—Los constituyentes más comunes de una solución de celulosa usada para pegamento son: un éster de celulosa, una resina, un solvente, un diluyente y un agente plastificante. Estos pegamentos generalmente se usan cuando se necesita una unión muy fuerte, flexible y a prueba de agua.

Debido al desenvolvimiento comercial del nitrato de celulosa, esta rama de los adhesivos ha tenido un incremento notable. El acetato de celulosa no están comúnmente usados como el anterior, debido a su costo, que es mayor.

La adición de resinas tiene por objeto disminuir el costo de la goma, aumentar la viscosidad del producto, impartir dureza, lustre y adhesividad.

Respecto a los solventes, diluyentes y agentes plastificantes, se puede decir que los primeros tienen por objeto disolver el éster de celulosa; los segundos no siempre la disuelven, pero si hacen que el producto se abarete y los terceros generalmente son substancias de elevado punto de ebullición, prácticamente no se evaporan y permanecen en la goma después que los solventes y diluyentes se han evaporado, y dan a la película de pegamento propiedades plásticas, elásticas y de gran adhesividad.

PEGAMENTOS DE DEXTRINA.—Cuando se desean pegamentos baratos y de secado rápido, sobre todo para cartón o papel, los industriales acuden a los pegamentos fabricados con dextrinas.

Si disolvemos una determinada cantidad de dextrina en agua, observaremos que se forma un líquido transparente, pegajoso, que tiene facilidad de extenderse, de reacción ácida, etc.

El carácter ácido del líquido formado se debe a que las dextrinas usadas en estos productos generalmente se obtienen por tratamiento del almidón con ácidos minerales y calor.

Si se reduce la cantidad de agua usada en la disolución de la dextrina y calentamos el producto hasta que se obtenga una pasta uniforme, observaremos un producto con estas características: transparencia, adhesividad, color amarillo claro, reacción ligera-

mente ácida. En esta forma es posible de usar en muchas industrias, pero su costo no es lo barato que se desea; por eso, cuando se desea obtener un producto con mayor viscosidad y poder adhesivo, recurrimos a los pegamentos del lado alcalino.

Si se agrega a la pasta anterior un álcali o una sal fuertemente alcalina, se observará que la viscosidad del líquido aumenta considerablemente, aumentando también su poder de adhesividad.

Al mismo tiempo que aumentan estas variables, el calor se hace más oscuro y su poder de extensión sobre una superficie disminuye, observándose en pegamentos muy alcalinos el curioso fenómeno de que la película de pegamento se "corta", reuniéndose la goma en determinados lugares. Si el pegamento no es líquido para que pueda correr, entonces se "arrolla" cuando se trata de extender.

El pegamento alcalino tiene la gran ventaja de que al aumentar la viscosidad aumenta la cantidad de agua que necesitamos agregar para hacerlo fluido, y por lo tanto, su costo es menor.

En estos pegamentos se suele usar diferentes tipos de dextrina, ya sea de diferentes recursos naturales (maíz, tapioca papa, etc.) o bien dentro de un mismo tipo, dextrinas con diferentes solubilidades.

Los pegamentos que usan dextrinas más solubles requieren menor cantidad de agua aquellos en que se usan dextrinas menos solubles.

El disolvente usado en estas gomas es generalmente el agua, por ser el más barato y más práctico. Aunque en algunos productos especiales el agua es substituida por solventes más volátiles con objeto de obtener pegamentos de secado más rápido.

Los productos alcalinizantes usados son generalmente el hidróxido de sodio y el bórax. Ambos se suelen emplear en soluciones más o menos concentradas, pues dado que aumentan la viscosidad, sería riesgoso agregarlos en polvo, pues formarían grupos que posteriormente son difíciles de disolver.

El empleo de estos productos alcalinizantes puede ser separadamente o mezclados. El bórax aumenta el color ligeramente; en cambio, la sosa hace que éste se oscurezca considerablemente.

Para disminuir ligeramente el color de estos pegamentos, se suele usar bisulfito de sodio que al mismo tiempo es un agente deodorizante.

Cuando las dextrinas usadas son blancas y poco solubles en agua, la cantidad de agua que el producto puede aceptar es mayor haciéndolo más barato.

Algunas veces se usan mezclas en diversas proporciones de dextrinas amarillas y blancas para obtener productos más económicos sin que pierdan sus cualidades requeridas.

Cuando se desea prolongar el secado de las películas de pegamentos se suelen usar agentes higroscópicos o productos muy poco volátiles.

Para evitar descomposiciones en los pegamentos preparados se usan preservativos. El más común de ellos es el fenol; también es muy usado el formol.

Dentro de esta misma sección podemos agregar aquellos pegamentos preparados a base de Goma Británica.

Dado que este producto se caracteriza por necesitar gran cantidad de agua en su disolución, los pegamentos preparados con esta base serán muy económicos. Si agregamos agentes alcalinizantes en polvo, como bórax, a la goma británica, obtendremos un pegamento en polvo soluble en agua y capaz de aceptar hasta cuatro veces su peso de agua.

El pegamento preparado en estas condiciones es de muy buena adhesividad, económico y fácil de preparar, pues no requiere ningún cocimiento.

Otras veces se preparan gomas líquidas con esta base, en las cuales se usan soluciones de hidróxido de sodio en la alcalinización.

PEGAMENTOS A BASE DE ALMIDÓN.—Estos adhesivos están considerados entre los de mayor uso comercial, debido a su bajo costo. Tienen muchos y muy variados usos y en su manufactura se emplean almidones de diferentes recursos, como son: de maíz, de tapioca, de papa, de sanú, etc. En la preparación de estos pegamentos se usan principalmente cuatro componentes: la base, el solvente (generalmente agua); agentes modificantes (resinas sintéticas solubles en agua, bórax, formaldehído, agentes humidificantes, etc.); plastificantes, que imparten plasticidad a la película del adhesivo.

Podemos clasificar estos pegamentos de la siguiente manera.

- 1.—Dispersiones de almidón con álcalis.
- 2.—Dispersión de almidón con ácidos.
- 3.—Dispersión de almidón con sales.

4.—Dispersión de almidón con agentes oxidantes.

En el primero de los casos el almidón base del pegamento se mezcla con agua agitando hasta aque no se forme ningún grumo; posteriormente y en frío, se agrega la solución de sosa cáustica en agua, lentamente y procurando que la solución se mantenga entre los 15°C y 20°C. Se forma en un principio una masa opaca muy espesa; posteriormente se vuelve perfectamente homogénea, transparente y muy viscosa. Después de este primer paso se le agrega una solución diluida de bórax y posteriormente una de ácido clorhídrico que disminuirá la alcalinidad. El pegamento se considera terminado cuando es ligeramente alcalino.

En otros casos el almidón que se usa como base es previamente tratado. Se pone en una paila y se le agrega una cantidad igual de agua, se agita hasta formar una mezcla uniforme y se le agrega 2 a 3% de ácido sulfúrico. Se mezcla y se deja reposar durante varias horas; posteriormente se neutraliza y se saca. El almidón en estas condiciones tiene un poder de absorción de agua mucha menor. Para su aplicación en pegamentos se disuelve en agua y se le agrega una solución de hidróxido de sodio en agua.

En otros casos se usan productos como silicato de sodio. Los pegamentos en que se emplea este producto son baratos, bastante adhesivos y secan rápido.

También se suele usar el cloruro de calcio, agregado a una suspensión de almidón en agua. El pegamento así obtenido es transparente, denso y de consistencia siruposa. El cloruro de calcio se emplea en estos casos, pues de los productos higroscópicos es el más barato y más efectivo.

Los pegamentos antes descritos son preparados en frío. Fórmulas similares se aplican en la preparación de pegamentos en caliente. El calor acelera los procesos y hace las suspensiones más viscosas y homogéneas.

Otro tipo de pegamentos son los preparados usando agentes oxidantes como el peróxido de sodio, el peróxido de bario o el de hidrógeno. Los pegamentos obtenidos por estos métodos son considerablemente más claros y de secado más rápido.

Estos pegamentos preparados por la acción de agentes oxidantes son usados no sólo como pegamentos comunes y corrientes, sino también para la industria textil.

Como preservativos se suelen usar soluciones de formaldehído, por ser este producto barato, fácil de manejar y hace que el producto se mantenga inalterable por mucho tiempo.

CAPÍTULO VI

PARTE EXPERIMENTAL Y CUADRO ANALITICO

1.—ANÁLISIS DEL TUBERCULO DE YUCA.

Humedad	66	%
Materia seca	34	%
Análisis materia seca.		
Humedad	7.46	%
Cenizas	2.34	%
Grasas	0.30	%
Fibra cruda	4.70	%
Proteína	5.94	%
Carbohidratos (por dif.)	79.26	%

2.—ANÁLISIS DEL RESIDUO O BAGAZO DESPUES DE LA EX- TRACCION INDUSTRIAL DEL ALMIDON

Humedad	12.08	%
Proteína	2.07	%
Grasa	0.03	%
Fibra cruda	15.86	%
Cenizas	2.17	%
Carbohidratos (por dif.)	67.79	%

3.—ANÁLISIS DE LAS HOJAS.

Agua	72.25	%
Materia seca	27.75	%
Análisis materia seca.		
Agua	3.60	%
Proteína	31.81	%
Grasa	10.32	%
Fibra	23.16	%
Cenizas	11.05	%
Carbohidratos (por dif.)	20.06	%

ESTUDIO COMPARATIVO DE DIVERSOS ALMIDONES

	MAIZ	TAPIOCA	PAPA
SOLUBILIDAD EN %	0.5-1.0	2.0-2.5	1.5-2.0
pH	6.7	5.5	7.6
TEMPERATURA DE GELATINIZACION °C	72	75	70
GELATINIZACION	Muy elevada	Baja	Media

ESTADO COMPARATIVO DE DIVERSAS DEXTRINAS

	MAIZ	TAPIOCA	PAPA
SOLUBILIDAD EN %	95-100	95-100	95-100
VISCOSIDAD RELATIVA (1 x 1) a 30°C	1 min 3.2"	1 min 9.2"	2 min 14.5"

BIBLIOGRAFIA

R. S. Cunliffe.

YUCA.

Sria. de Agricultura, Comercio y Trabajo.

Estación Experimental Agronómica.

Santiago de las Vegas, Rep. de Cuba.

Patricio Cardin,

INSECTOS Y ENFERMEDADES DE LA YUCA EN CUBA.

Sria. de Agricultura, Comercio y Trabajo.

Estación Experimental Agronómica.

Santiago de las Vegas, Rep. de Cuba.

León Colson y León Chatel,

AGRICULTURE ET INDUSTRIE DU MANIOC.

Agustin Challamel.

Paris.

S. M. Traey,

CASSAVA.

U.S. Department of Agriculture.

Washington.

Carlos Teixeira Mendes,

NOTAS PRACTICAS SOBRE A CULTURA DA MANDIOCA.

Sria. de Agricultura, Industria.

y Comercio do Estado de Sao Paulo.

N. Athanassof,

CONTRIBUICAO PARA O ESTUDO DAS RAMAS

DE MANDIOCA COMMUN COMO FORRAGEM NA

ALIMENTACAO DO GADO LEITEIRO.

Walton.

A COMPREHENSIVE SURVEY OF STARCH CHEMISTRY.

The Chemical Catalogue Co.

Francisco Balaguer.

ALMIDONES, FECULAS Y SUS DERIVADOS.

Luis Santos,

Carretas 9, Madrid.

Félix Rehwald,
STARCH MAKING.
Scott, Greenwood and Son.
Londres.

Lewis Eynon and J. Henry Lane,
STARCH.
W. Heffer and Sons Ltd.
Cambridge.

Ralph W. Kerr,
CHEMISTRY AND INDUSTRY OF STARCH.
Academic Press Inc.
Nueva York.

Fieser and Fieser.
QUIMICA ORGANICA.
Editorial Atlante.
México, D. F.

METHODS OF ANALYSIS OF
THE A. O. A. C.
Washington.

Harold A. Auden.
STARCH AND STARCH PRODUCTS.
Sir Isaac Pitman and Sons.
London.

Roger Dulac.
INDUSTRIAL COLD ADHESIVES.
J. B. Lippincott Co.
Filadelfia.

John Delmonte.
THE TECNOLOGY OF ADHESIVES.
Reinhold Publishing Corp.
Nueva York.

Félix Braude.
ADHESIVES.
Chemical Publishing Co.
Brooklyn, N. Y.

SUMARIO

PROLOGO	9
---------------	---

CAPITULO I

LA PLANTA

INTRODUCCION	11
DESCRIPCION	12
VARIEDADES	12
CULTIVO	13
ENFERMEDADES Y PLAGAS	15
USOS	17
CARACTERISTICAS ANALITICAS	19

CAPITULO II

EL ALMIDON

HISTORIA	33
GENERALIDADES Y FORMACION	33
ESTUDIO DE LOS GRANOS	35
PROPIEDADES FISICAS DE LOS GRANOS	36
FORMAS CRISTALINAS	36
GELATINIZACION	37
SOLUBILIDAD	38
ROTACION OPTICA	39
FRACCIONACION DEL ALMIDON Y PROPIEDADES DE LAS FRACCIO- NACIONES	39
FRACCIONACION POR MEDIO DEL AGUA CALIENTE	39
PRECIPITACION POR BUTANOL	40
ABSORCION POR CELULOSA	41
REACCION DEL YODO CON EL ALMIDON	41
PROPIEDADES GENERALES DE LAS FRACCIONES DE ALMIDON	41
VISCOSIDAD DE PASTAS CALIENTES	43
PRUEBA DE LA VISCOSIDAD PARA PASTAS CALIENTES SEGUN SCOTT	44
DETERMINACION DEL CUERPO EN LAS PLANTAS FRIAS SEGUN STORMER	45
FLUidez ALCALINA	45
PROPIEDADES GELIFICANTES	45
PLASTICIDAD DE LAS PASTAS Y FIBRA EN LAS PASTAS	45
CINEROSIS O RETENCION DEL AGUA EN EL ALMIDON	46
TEMPERATURA DE GELATINIZACION DEL AGUA EN EL ALMIDON	46
EFFECTO DE COLOIDES PROTECTORES DE LOS SOLES DE ALMIDON	47

CAPITULO III

MANUFACTURA Y USOS DEL ALMIDON DE YUCA

INTRODUCCION	53
DESCRIPCION DE LA PLANTA Y PROCESOS PARA OBTENER ALMIDON DE YUCA	53
LAVADO	54
RALLADO	55
TAMIZADO O LAVADO DE LA PULPA	55
SEPARACION Y PURIFICACION DE LA FECULA	56
PURIFICACION POR LAVADOS Y DECANTACIONES REPETIDAS	58

REFINACION DE LA FECULA GRIS	59
ESCURRIDO DE LA FECULA	59
SECADO	59
MOLIENDA Y ENVASADO	60
USOS	60
CARACTERISTICAS ANALITICAS	61
ESQUEMA DE LA FABRICACION DEL ALMIDON	62

CAPITULO IV

DEXTRINAS

INTRODUCCION	63
DEXTRINAS BLANCAS	64
DISCUSION DE LAS GRAFICAS	69
DEXTRINAS AMARILLAS	70
DISCUSION DE LAS GRAFICAS	73
GOMA BRITANICA	73
CONTROL DE DEXTRINAS	74

CAPITULO V

PEGAMENTOS

INTRODUCCION	75
CLASIFICACION	76
ADHESIVOS DE ORIGEN ANIMAL	76
ADHESIVOS DE ORIGEN VEGETAL	77
ADHESIVOS SINTETICOS	77
FUERZA ADHESIVA	78
IDENTIFICACION DE PEGAMENTOS	78
GOMAS ANIMALES	79
MANUFACTURA DE LAS GOMAS ANIMALES	80
GOMAS DE PESCADO	82
PEGAMENTOS DE CASEINA	82
RESINAS NATURALES	83
PEGAMENTOS DERIVADOS DE LA CELULOSA	84
PEGAMENTOS DE DEXTRINA	84
PEGAMENTOS DE ALMIDON	86

CAPITULO VI

PARTE EXPERIMENTAL Y CUADRO ANALITICO

ANALISIS DEL TUBERCULO	89
ANALISIS DEL RESIDUO	89
ANALISIS DE LAS HOJAS	89
ESTUDIO COMPARATIVO DE DIVERSOS ALMIDONES	90
ESTUDIO COMPARATIVO DE DIVERSAS DEXTRINAS	90
CONTROL DE DEXTRINAS	90