



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

OBTENCION DE JARABES DE TUNA BLANCA Y
SU USO COMO POTENCIAL ENERGETICO

T E S I S

Que para obtener el Título de
Q U I M I C O

P r e s e n t a

HECTOR ALEJANDRO VELAZQUEZ GARCIA



Director de Tesis: Q. Rafael García Barrera

Asesor: M.C. José Luis Ruiz Guzmán

Cuautitlán Iztañli, Estado de Méx.

1985



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

I.-	Introducción.....	(1)
II.-	Antecedentes.....	(4)
II.1.-	Nomenclatura y clasificación de los azúcares...	(4)
II.2.-	Estereoquímica y notación configuracional de los azúcares.....	(8)
II.3.-	Principales reacciones de los monosacáridos....	(19)
II.3.1.-	Reducción: alditoles.....	(20)
II.3.2.-	Oxidación.....	(20)
II.3.3.-	Formación de osazonas.....	(23)
II.3.4.-	Acidos.....	(25)
II.3.5.-	Enzimas.....	(25)
II.3.6.-	Inversión y azúcar invertido.....	(25)
II.3.7.-	Alcalis.....	(25)
II.3.8.-	Degradación térmica.....	(26)
II.3.9.-	Absorción de humedad.....	(26)
II.3.10.-	Solubilidad.....	(26)
II.3.11.-	Dulzura relativa.....	(27)
II.3.12.-	Humectancia.....	(28)
II.4.-	Fuentes comerciales de sacarosa.....	(29)
II.4.1.-	Miel.....	(29)
II.5.-	Tecnología de azúcares.....	(30)
II.6.-	Conservadores.....	(31)
II.7.-	Aspectos generales de los agentes químicos usa- dos en la obtención del azúcar.....	(32)
II.7.1.-	La cal.....	(32)
II.7.2.-	El azufre.....	(33)

II.7.3.-	Compuestos de magnesio.....	(33)
II.7.4.-	Arcillas.....	(34)
II.7.5.-	Tierra de diatomeas.....	(36)
II.7.6.-	El proceso de clarificación.....	(37)
II.7.7.-	Etapas de la clarificación.....	(38)
III.-	Desarrollo experimental.....	(41)
III.1.-	Obtención del jugo.....	(42)
III.2.-	Eliminación de los sólidos suspendidos (semi- llas y materia fibrosa).....	(43)
III.3.-	Elección del clarificante.....	(43)
III.4.-	Eliminación del clarificante.....	(45)
III.5.-	Detección y/o eliminación de la presencia de -- pectinas.....	(46)
III.6.	Ajuste de pH.....	(47)
III.7.-	Experimento # 1 "Clarificación con acetato de - plomo básico".....	(48)
III.8.-	Experimento # 2 "Clarificación con sulfato de - zinc al 10%".....	(51)
III.9.-	Evaluación química.....	(53)
III.9.1.-	Determinación de cenizas sulfatadas.....	(53)
III.9.2.-	Determinación de azúcares reductores y totales. (55)	(55)
III.10.-	Análisis sensorial.....	(66)
III.10.1.-	Evaluación del color.....	(72)
III.10.2.-	Evaluación del sabor.....	(72)
III.10.3.-	Evaluación del olor.....	(73)
III.11.-	Discusión de resultados químicos.....	(73)
III.12.-	Análisis económico.....	(75)

III.13.-	Aplicaciones.....	(83)
IV.-	Conclusiones.....	(85)
	Apéndice A.....	(87)
	Apéndice B.....	(89)
	Bibliografía.....	(97)

I.- INTRODUCCION

Históricamente, uno de los mayores problemas de los países en vías de desarrollo es el escaso o a veces nulo aprovechamiento de sus recursos naturales, tal es el caso de México, país que cuenta con un gran potencial de éstos, pero que debido a diversos factores no han sido explotados en forma racional e integral. Esta problemática ha tenido como consecuencia que algunos de estos recursos, siendo susceptibles de un mayor beneficio, se canalicen en el mejor de los casos, para satisfacer la demanda del mercado interno exclusivamente, o bien por falta de recursos económicos o tecnológicos se exporten como materia prima, teniéndose que importarlos posteriormente como producto terminado generando ésto situaciones adversas para la economía del país.

Un caso no típico pero sí evidente es el de los frutos, recurso del que México posee un importante potencial debido a la gran variedad que de éstos se cosechan en las diversas regiones del país. En este caso nos referiremos específicamente a la tuna (*Opuntia spp.*), fruto tradicional en cuya temporada forma parte al igual que otros, de la dieta del mexicano por su relativo bajo costo y abundancia.

Existen muchas variedades de este fruto, pero estudios recientes han demostrado que aún no existe una clasificación taxonómica completa de todas y cada una de las que crecen

en el país, y menos aún un estudio que con base en esta clasificación aporte información sobre los principales constituyentes de este fruto en dichas variedades.

Como es bien sabido, la tuna se da en una amplia superficie de nuestro territorio y tradicionalmente no ha requerido de un cultivo intensivo para su explotación dadas las características de esta planta, por lo que su comercialización está sujeta solamente a los aspectos de superficie sembrada y a los **factores**: meteorológicos.

Las variedades más conocidas y consumidas dadas sus propiedades organolépticas son la llamada "tuna blanca" y la "tuna cardona", siendo la primera objeto de este estudio.

El tema de tesis es parte del proyecto general: "La tuna: un potencial alimentario y energético; base para el desarrollo agroindustrial de las zonas semiáridas del país"; cuyo alcance y objetivo es:

Elaborar y diseñar alternativas tecnológicas en la conservación y procesamiento de la tuna para contribuir al mejoramiento de su valor agregado y proporcionar un producto energético (jarabe), accesible a la alimentación de la población rural, así como un insumo para la industria alimentaria.

El objetivo de este trabajo es efectuar algunas alter

nativas de procesos de clarificación y valorar la viabilidad económica que permita considerar a este fruto como un potencial energético, dado a su contenido de azúcares, (contenido que análogamente podría equipararse al de la caña de azúcar). De los resultados obtenidos se podrá inferir y aún proponer el uso de éste como una vía alterna para la obtención de azúcares cuya aplicación a nivel industrial podría ser amplia, ya que se sabe son una mezcla de glucosa y fructosa.

II.- ANTECEDENTES

II.1.- Nomenclatura y clasificación de los azúcares.

El término carbohidrato se ha utilizado de manera muy vaga para caracterizar un grupo muy general de productos naturales relacionados con los azúcares simples. Este nombre se empleo inicialmente ya que este tipo de compuestos poseen fórmulas moleculares que parecen ser "hidratos de carbono", esto es, $C_n(H_2O)_n$, aunque las investigaciones estructurales subsecuentes demostraron que esta definición era errónea, se mantuvo el uso de esta denominación genérica.

En algunos carbohidratos sin embargo, esta proporción no existe como tal, por ejemplo, en la desoxirribosa, $C_5H_{10}O_4$, y en la ramnosa, $CH_3.C_5H_7O_5$, que es una metil pentosa. Algunas sustancias orgánicas contienen carbono, hidrógeno y oxígeno, con la proporción 2:1 en los últimos, pero no son considerados como carbohidratos, por ejemplo, el ácido láctico, el inositol y el ácido acético.

Los carbohidratos constituyen un grupo importante de compuestos orgánicos que se encuentran en la naturaleza y están profusamente distribuidos entre las plantas, cuyo proceso de fotosíntesis requiere catalizarse por la clorofila y de energía en forma de luz, ya que a partir de compuestos sencillos como dióxido de carbono y agua se combinan para formar el azúcar ((+)-glucosa) en éstas. Así miles de moléculas de glucosa se

combinan para formar moléculas más grandes de celulosa, que es el principal material estructural de la planta, y también combinarse, de manera diferente, para formar moléculas de almidón, el cual se almacena en las semillas para servir como alimento para una nueva planta en desarrollo.

En animales superiores, la glucosa simple es un constituyente esencial de la sangre y se presenta en forma polimérica como glucógeno (almidón animal) en el hígado y los músculos.

Los carbohidratos se denominan también sacáridos, son aldehidos polihidroxilados, cetonas polihidroxiladas, o compuestos que pueden hidrolizarse y dar lugar a ellos. Cuando un carbohidrato no puede hidrolizarse a un compuesto más sencillo, se llamará monosacárido; en cambio, si puede hidrolizarse y dar dos moléculas de monosacárido se denomina disacárido; si lo hace a tres moléculas, trisacárido; y así sucesivamente. El vocablo oligosacárido es un término general que se aplica a los polímeros del azúcar que contienen hasta ocho unidades de glucosa, y polisacáridos son aquellos que tienen más de ocho unidades.

Los azúcares cristalizables que se encuentran comúnmente en productos alimenticios pertenecen a la clase de mono- y disacáridos. Algunos de estos monosacáridos y sus derivados forman los monómeros básicos de los que están formados los

polímeros de carbohidratos tales como el almidón, la pectina y la celulosa.

Como sucede casi siempre en los productos naturales - los carbohidratos presentan una forma ópticamente activa, y sólo se encuentra un enantiómero en la naturaleza.

Los monosacáridos se pueden clasificar a su vez, en función de la naturaleza del grupo carbonilo, aldehído o cetona y con base en el número de carbonos de la cadena. En la naturaleza, los monosacáridos más comunes son las pentosas y hexosas.

La siguiente tabla nos muestra algunos ejemplos de esta clasificación:

a.- Monosacáridos:

1.- Triosas

i.- Gliceraldehído

2.- Tetrosas

i.- Eritrosa

ii.- Treosa

3.- Pentosas

i.- Arabinosa

ii.- Xilosa

iii.- Ribosa

iv.- Desoxirribosa

v.- Ramnosa

4.- Hexosas

- i.- Dextrosa (D-glucosa)
- ii.- Levulosa (D-fructosa)
- iii.- Galactosa
- iv.- Manosa
- v.- Sorbosa
- vi.- Gulosa

b.- Disacáridos:

- i.- Sacarosa
- ii.- Lactosa
- iii.- Maltosa

c.- Trisacáridos:

- i.- Rafinosa
- ii.- Melezitosa

d.- Polisacáridos:

- 1.- Dextrinas
 - i.- Amilodextrinas
 - ii.- Maltodextrinas
- 2.- Almidones y Glucógeno
 - i.- Almidón
 - ii.- Inulina
 - iii.- Glucógeno
- 3.- Varios
 - i.- Gomas
 - ii.- Pectinas
 - iii.- Hemicelulosas

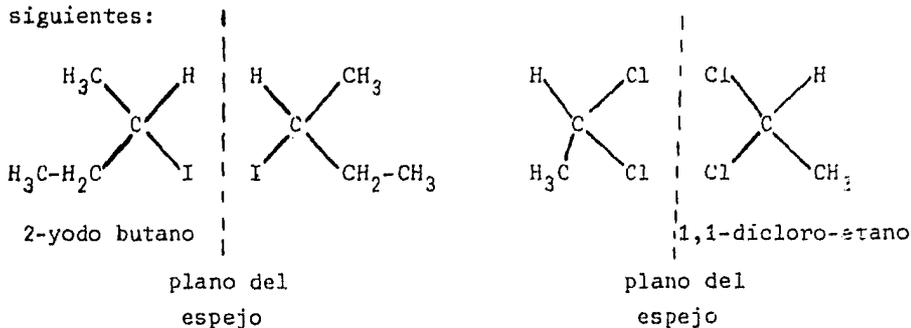
iv.- Celulosa

II.2.- Estereoquímica y notación configuracional de los azúcares.- El isomerismo es la existencia de dos o más compuestos que poseen la misma fórmula molecular.- Los isómeros, - por tanto, se definen como aquellos compuestos que tienen fórmulas idénticas; pero cuya naturaleza o secuencia de enlace en -- sus átomos o la disposición de los mismos difiere en el espacio. En general, los isómeros poseen propiedades físicas y químicas distintas.

Existen también isómeros conformacionales que son -- aquellos cuya estructura espacial puede interconvertirse, tal -- es la situación de los azúcares, como se verá más adelante.

Cuando dos objetos son imágenes especulares uno del -- otro se dice que son quirales, no se pueden superponer, como es el caso de las manos. Cuando las imágenes pueden coincidir en el espacio se denominan aquirales.

Ejemplos de compuestos quirales y aquirales son los -- siguientes:



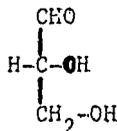
También se dice que un centro es quiral cuando todos sus sustituyentes son diferentes entre sí.

Las imágenes especulares de dos compuestos se conocen como enantiómeros.

Este tipo de isomerismo se llama estereoisomerismo y estos son compuestos que poseen la misma secuencia de enlaces covalentes y difieren en la disposición relativa de sus átomos en el espacio.

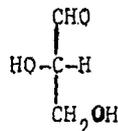
Como sucede casi siempre en los productos naturales - los carbohidratos se presentan en una forma ópticamente activa, y sólo se encuentra un enantiómero en la naturaleza.

El polihidroxialdehído más simple es el compuesto - - 2,3-dihidroxiopropanal, o gliceraldehído. Esta molécula al contar con un centro asimétrico posee dos enantiómeros. A continuación se muestran éstos:



D-(+)-gliceraldehído

R-(+)-gliceraldehído

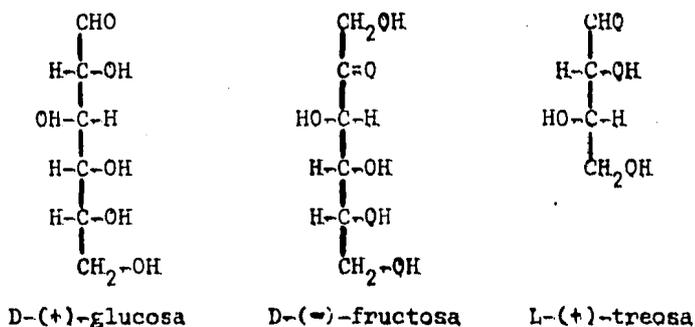


L-(-)-gliceraldehído

S-(-)-gliceraldehído

El enantiómero del lado izquierdo (proyección de Fischer) se distingue del otro llamándolo (+)-gliceraldehído, lo cual significa "el enantiómero dextrorrotatorio del gliceraldehído", cuya descripción específica en cuanto a estereoquímica absoluta sería R-(+)-gliceraldehído.

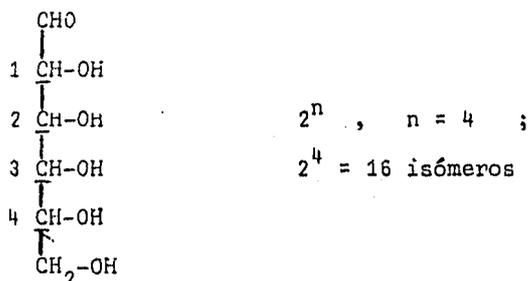
En el campo de los carbohidratos, se acostumbra utilizar un sistema de notación configuracional en el que este enantiómero es D-(+)-gliceraldehído. Según este sistema, todos los D-azúcares tienen la misma estereoquímica que el D-(+)-gliceraldehído en el carbono asimétrico más distante del grupo carbonilo. Los azúcares que manifiestan una estereoquímica opuesta en el centro son miembros de la familia L, de donde, la glucosa natural es la D-(+)-glucosa, la fructosa es D-(-)-fructosa y la treosa es L-(+)-treosa.



Cuando un compuesto tiene n centros asimétricos, le corresponden 2^n isómeros ópticos posibles, de donde hay 2 aldotriosas, 4 aldotetrosas, 8 aldopentosas y 16 aldohexosas. La

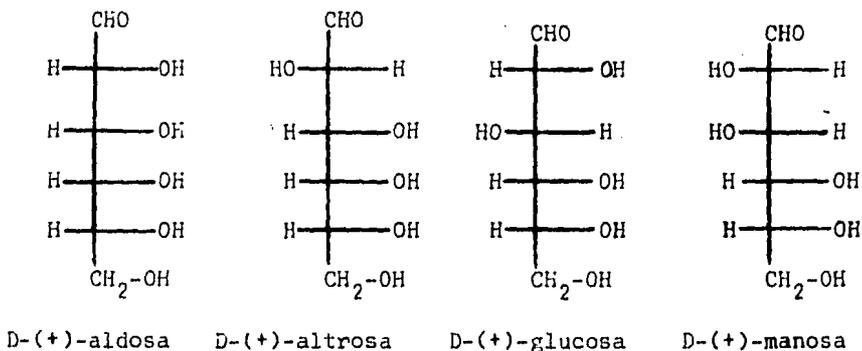
mitad de ellos serán de la familia D y la otra mitad pertenece a la familia L.

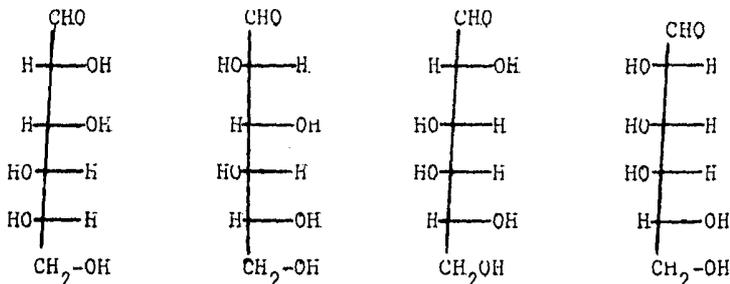
Así en el caso de la aldohexosa, con 4 centros asimétricos, el número de isómeros es:



En este caso, para evitar los nombres demasiado elaborados, cada isómero tiene un nombre trivial, es decir, D-(+)-glucosa es 2R,3S,4R,5R,6-pentahidroxihexanal.

La familia completa de estas aldohexosas, (configuración D), es la siguiente:





D -(-)- gulosa D-(-)-idosa D-(+)-galactosa D-(+)-talosa

Los ocho restantes, (configuración L), correspondería a las imágenes especulares de las mismas.

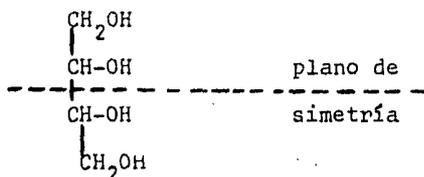
En la proyección Fischer, un átomo asimétrico se representa mediante el punto de intersección de las dos líneas de una cruz. Las líneas horizontales que se extienden hacia la izquierda y la derecha de este punto, representan los enlaces que salen, por decirlo así, del plano del papel. Las dos líneas verticales que se extienden hacia la parte superior e inferior representan los enlaces que se alejan perpendicularmente del plano de éste. Ejemplo:



D-(+)-gliceraldehído

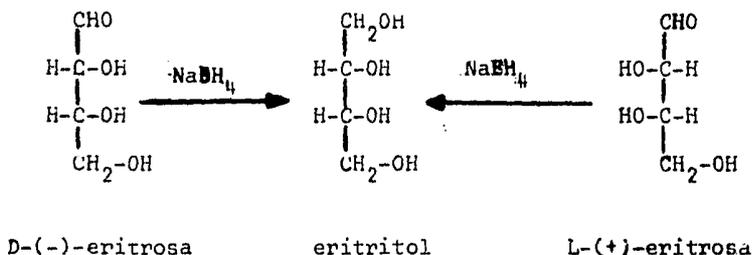
d-(+)-gliceraldehído

Cuando una molécula cuenta con dos o más átomos asimétricos puede ser aquiral si tiene un plano de simetría. Este tipo de compuestos se identifican con el prefijo meso.



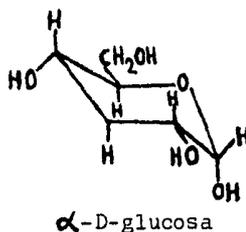
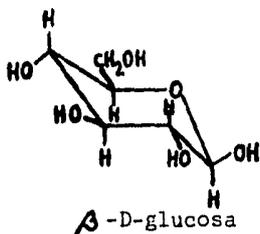
eritritol

En la química de los carbohidratos sucede a menudo -- que un compuesto quiral sufre una reacción dando un producto meso. Por ejemplo, analizando la reducción de la aldotetrosa -- D-(-)-eritrosa por acción del borohidruro de sodio. El producto es meso 1,2,3,4-butanotetrol (eritritol). El mismo compuesto podría obtenerse reduciendo la L-(+)-eritrosa.

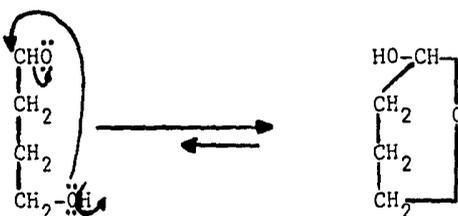


Los azúcares existen también en forma cíclica, ya sea en anillos de cinco o seis miembros, como en la mayoría de

los azúcares simples. Cuando esto ocurre el carbono del anti--guo aldehído se hace asimétrico, ocasionando que se tengan dos--formas cíclicas de la glucosa.



Se sabe que compuestos del tipo 4- y 5-hidroxialdehidos y cetonas existen principalmente en esta forma. Ejemplo:

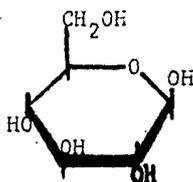


4-hidroxiopropanal

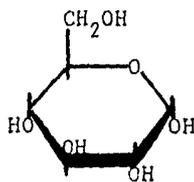
hemiacetal cíclico

Haworth introdujo el uso de otra fórmula de proyec--ción para simplificar los dibujos complicados que en ocasiones--resultan. En una proyección de Haworth, el anillo del azúcar --se escribe como hexágono plano situando el oxígeno en el vérti--ce superior derecho. Los sustituyentes se indican por medio de rectas que atraviezan cada vértice. Los grupos OH que se proyec--tan a la izquierda en el sistema de Fischer, lo hacen en sen--tido ascendente en la proyección de Haworth. El OH del carbono

anomérico se coloca en la parte superior del anómero β , y en la inferior del anómero α , y se acostumbra omitir los hidrógenos-enlazados al anillo.



β -D-glucosa



α -D-glucosa

La forma cíclica de seis miembros de un azúcar se llama piranosa, nombre que proviene del compuesto heterocíclico simple que contiene un anillo de esta índole, el pirano. Por ende, la β -D-glucosa es una forma de piranosa y se describe totalmente con el nombre β -D-glucopiranosas. Cuando los azúcares existen en la forma cíclica de cinco miembros, generalmente no es así, se llaman furanosas, su nombre se deriva del heterociclo furano.

La β -D-glucosa pura posee una rotación óptica $(\alpha)_D = +18.7^\circ$ y el anómero $\alpha(\alpha)_D = 112^\circ$. Estos dos anómeros se han aislado en estados cristalinos puros. Si cualquiera de estos anómeros puros se disuelven en agua, la rotación óptica de la solución cambia gradualmente hasta que llega a un valor constante de $+52.5^\circ$. Este fenómeno se debe a la interconversión de dos anómeros en solución y se conoce con el nombre de mutarrota

ción. En equilibrio, la solución contiene 63.6% del anómero β que es más estable, y 36.4% del anómero α .

Los azúcares se clasifican químicamente en dos grupos, los azúcares reductores y los azúcares no reductores. Se dice que un azúcar es reductor cuando tiene su grupo hidroxilo del carbono libre, el cual se ve oxidado por la acción de soluciones alcalinas de cobre, plata, mercurio y bismuto.

Los azúcares monoméricos son, por tanto, azúcares reductores; mientras que, no todos los sacáridos formados por dos o más azúcares lo son. Esto último dependerá de la unión entre uno y otro(s) monómero(s).

La sacarosa es un disacárido difundido en la naturaleza, el cual es un azúcar no reductor.

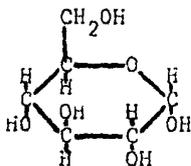
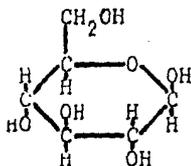
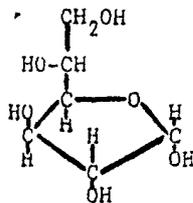
Se describirán a continuación algunas de las características más importantes de la glucosa y la fructosa y su constitución como el disacárido sacarosa.

La dextrosa es un azúcar hexosa cuyo nombre de la clasificación es D-glucosa. Está ampliamente distribuida presentándose no combinada en la sangre de animales y en los jugos de plantas. La estructura química de la dextrosa es muy compleja porque puede estar en forma de amileno (pirano), butileno (furan), anillos oxidados de propileno y etileno los que pueden --

existir en configuración α y β . En soluciones recientemente preparadas de α -glucosa la forma α de un anillo predominante existe solo y el azúcar exhibe una rotación específica de $+112^\circ$.

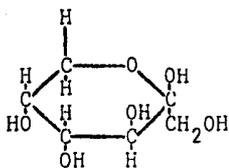
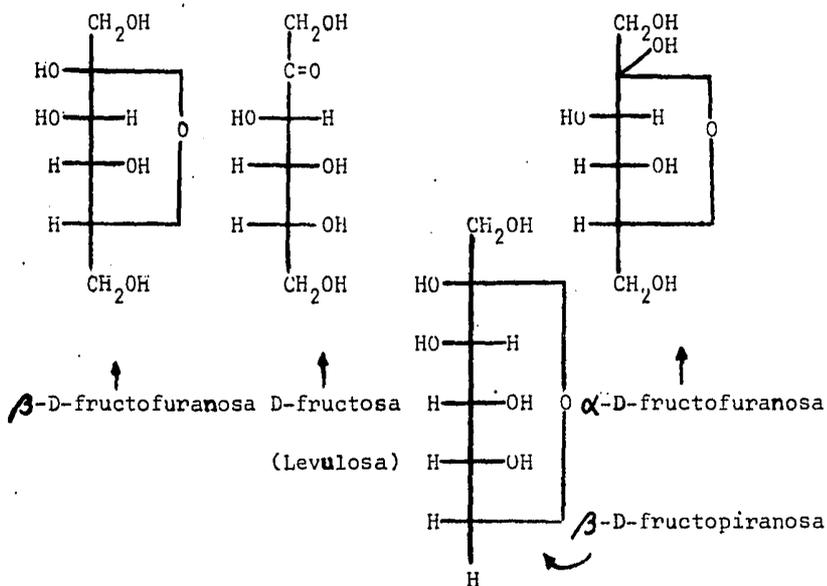
La glucosa es uno de los productos finales de la hidrólisis de algunos polisacáridos. El almidón, las dextrinas, la rafinosa, sacarosa, maltosa y lactosa están compuestos total o parcialmente por residuos de dextrosa. También puede obtenerse de un grupo de sustancias llamadas glucósidos. La glucosa es un azúcar reductor y por ello puede identificarse por pruebas para azúcares reductores.

Inicialmente se consideraba que la forma más estable de la α o β -glucosa contenía el óxido de propileno. El trabajo de Haworth y sus colaboradores mostró que la dextrosa más estable contiene un óxido de amileno o estructura piranosa y la glucosa menos estable contiene el óxido de butileno, estructura que al principio se describió como la dextrosa estable. Haworth denominó esas formas de dextrosa como α y β -glucopiranosas y α y β -glucofuranosas, indicando así la relación entre estos azúcares y los anillos pirano y furano.

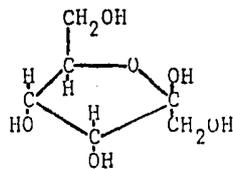
 α -D-glucopiranosas β -D-glucopiranosas

Glucofuranosa

La levulosa es un azúcar ceto-hexosa cuyo nombre de -- clasificación es D-fructosa. Este azúcar es levorrotatorio y - tiene una rotación específica de -92.4° . Se encontró en muchos jugos de planta, probablemente como un producto de hidrólisis - de sacarosa. Es el único azúcar cetosa presente en alimentos.- En la terminología Haworth sus formas son fructofuranosa y frug tpiranosa respectivamente.

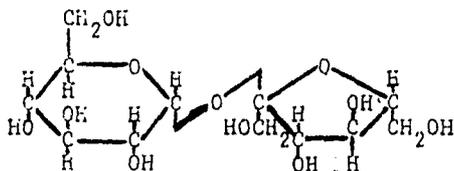


α-D-fructopiranososa



β-D-fructofuranosa

La sacarosa se produce comercialmente a partir de la caña de azúcar y la remolacha.



α -glucopiranososa

β -fructofuranosa

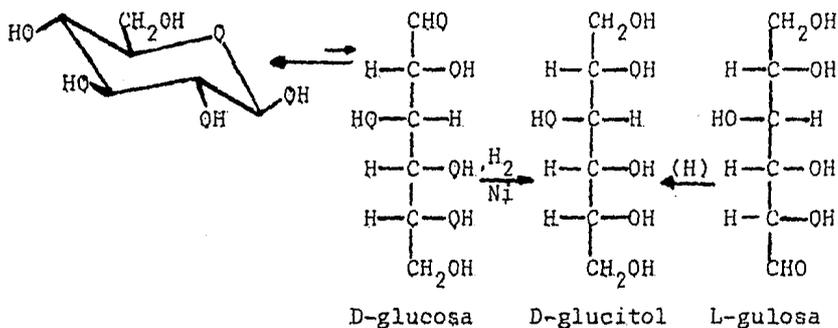
II.3.- Principales reacciones de los monosacáridos. - -

De entre las más importantes reacciones químicas que presentan los monosacáridos se encuentran las siguientes:

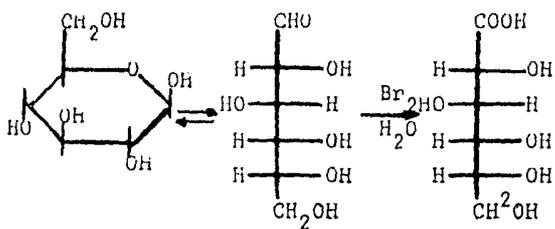
- a.- Formación de éteres.
- b.- Formación de acetales y cetales cíclicos.
- c.- Esterificación.
- d.- Reducción: alditoles.
- e.- Oxidación.
- f.- Formación de osazonas.
- g.- Síntesis de Kiliani-Fischer.
- n.- Degradación de Ruff.
- i.- Formación de glúcósidos.

A continuación se verán, de las anteriormente enlistadas, las reacciones de mayor interés para este estudio, así como las más comunes en productos alimenticios.

II.3.1- Reducción: alditoles.- Mediante la aplicación de diversos métodos, los monosacáridos se reducen a los polialcoholes correspondientes que constituyen una clase denominada -alditoles. La reducción de la D-glucosa da D-glucitol (D-sorbitol), que se encuentra asimismo en la naturaleza. Se puede obtener el mismo compuesto reduciendo la L-glucosa. La reducción ocurre quizá en la pequeña cantidad de la forma de cadena abierta que está presente en equilibrio con la forma cíclica. A medida que la forma de cadena abierta se va sustrayendo con este método, el equilibrio varía continuamente hasta que se reduce todo el azúcar.

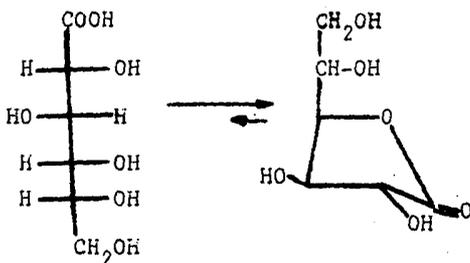


II.3.2.- Oxidación: ácidos aldónico y sacárico.- Los azúcares se oxidan siguiendo diferentes métodos. En las aldosas, el grupo más susceptible es el aldehído y, para fines de preparación, el sistema más conveniente utiliza bromo en una solución tamponada a un pH de 5 a 6. Los rendimientos son del orden del 50-70%. Con la glucosa se ha alcanzado hasta el 95%.

 β -D-glucosa

ác. D-glucónico

En vista de que son ácidos 4-hidroxialcanóicos, estos ácidos alcanóicos se lactonizan con extrema facilidad. La forma más estable de la lactona es un anillo de 5 miembros.

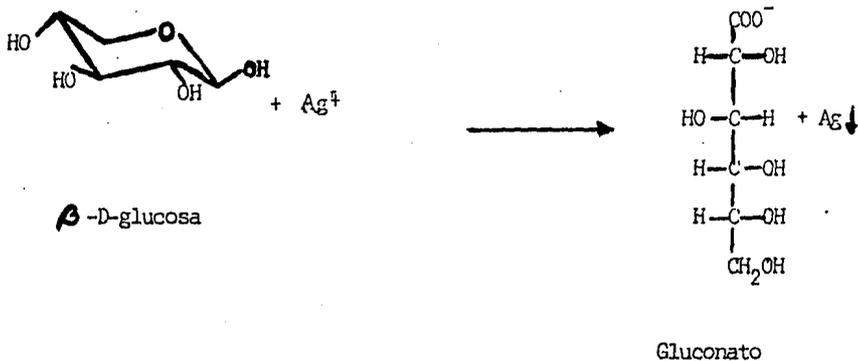
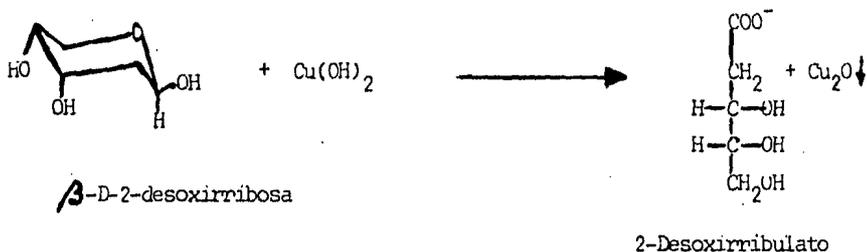


ác. D-glucónico

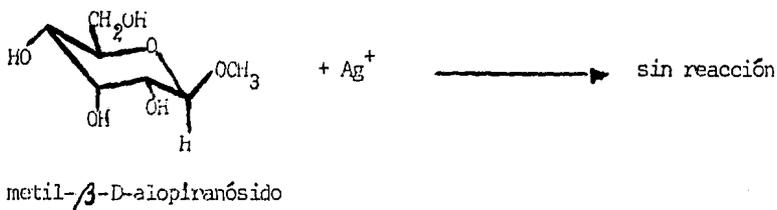
ác. D-glucónico γ -lactona

La fácil oxidación de las aldosas proporciona una base para establecer un método analítico que se ha utilizado ampliamente en la química de los azúcares. Dos ejemplos de ellos son la prueba de Fehling, que emplea ión cúprico como oxidante, y la prueba de Tollens donde el oxidante es el ión plata. En la reacción de Fehling, la presencia de un grupo aldehído potencial se demuestra gracias a la formación de óxido cúprico en un preci

pitado color rojo ladrillo. En la prueba de Toliens, el ión plata se reduce a plata metálica que se deposita en forma de espejo al interior del tubo de ensayo.

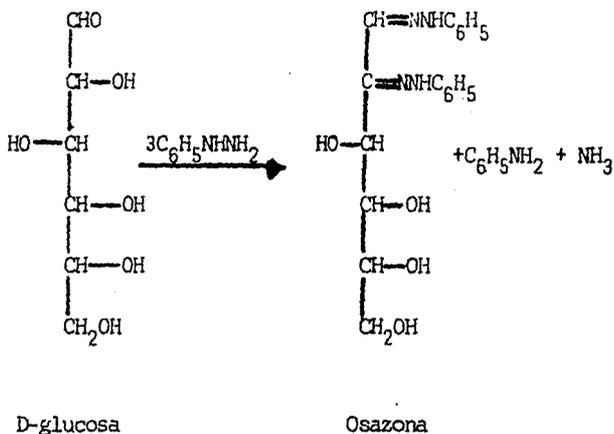


Si el azúcar se encuentra en forma de glucósido (éter con carbono-anomérico producido por la disolución de una aldosa en alcohol y ácido mineral), entonces el carbono anomérico se protege en condiciones básicas y el azúcar es estable en esas condiciones de oxidación leve.



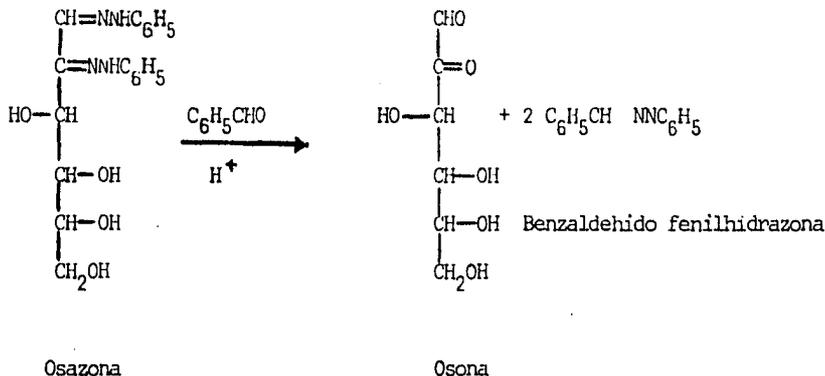
Esta es una prueba típica de un azúcar no reductor.

II.3.3.- Formación de osazonas.- Como los aldehidos, las aldosas -- reaccionan con fenilhidrazina para formar fenilhidrazonas. Si se usa un -- exceso de fenilhidrazina, la reacción llega hasta la formación de osazonas, -- las cuales contienen residuos de fenilhidrazina por molécula; una tercera -- molécula del reactivo se convierte en anilina y amoníaco.

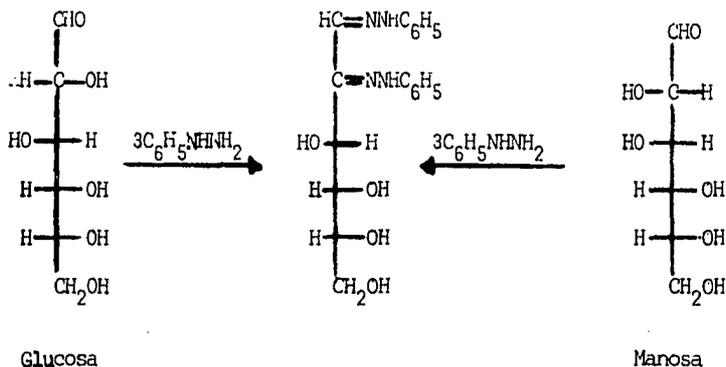


La formación de osazonas no está limitada a carbohidratos, es típico de α -hidroxialdehidos y α -hidroxicetonas en general.

La remoción de los grupos fenilhidrazina proporciona compuestos dicarbonilo conocidos como osonas.



Fischer encontró que la formación de osazonas no solo era útil en la identificación de carbohidratos, sino además, y esto era mucho más importante, en la determinación de sus configuraciones. Por ejemplo, las dos aldohexosas diastereoméricas (+)-glucosa y (+)-manosa produce la misma osazona. La formación de osazonas destruye la configuración del carbono # 2 de una aldosa, pero no afecta la configuración del resto de la molécula.



De lo anterior se puede observar que la (+)-glucosa y la (+)-manosa difieren sólo en la configuración del carbono # 2, en tanto que los carbonos-

3, 4 y 5 tienen la misma configuración. Un par de aldosas diastereoméricas que difieren sólo en la configuración del carbono # 2 se llaman epímeros.

II.3.4.- Ácidos.- Los ácidos fuertemente concentrados descomponen los azúcares, produciendo sustancias húmicas. El efecto de los ácidos débiles depende del tamaño de la molécula del carbohidrato, el tipo y fuerza del ácido, y la temperatura y duración del calentamiento de los disacáridos, la sacarosa se hidroliza muy fácilmente, la maltosa menos fácilmente, y la lactosa solo ligeramente. El almidón se hidroliza rápidamente por ácidos minerales diluidos.

II.3.5.- Enzimas.- Las enzimas también hidrolizan oligo- y polisacáridos. Debido a que el calor inactiva a éstos, la reacción debe ocurrir a baja temperatura. La enzima invertasa provoca la hidrólisis de la sacarosa, la maltasa hidroliza a la maltosa, y la lactasa a la lactosa.

II.3.6.- Inversión y azúcar invertido.- Frecuentemente la hidrólisis de la sacarosa se menciona como inversión. Si un haz de luz pasa a través de una solución de sacarosa en un polarímetro, la luz se desvía a la derecha, de tal manera que la sacarosa es dextrorrotatoria. La glucosa es también dextrorrotatoria, pero la fructosa es levorrotatoria (desvía la luz hacia la izquierda). La fructosa tiene un poder rotatorio más fuerte que la glucosa, de manera tal que la mezcla resultante de la hidrólisis de la sacarosa es levorrotatoria, la rotación se ha invertido, y la mezcla se denomina azúcar invertida.

II.3.7.- Alcalis.- Los carbohidratos son rápidamente atacados por-

álcalis. En ocasiones una sal ligeramente alcalina tal como NaHCO_3 , o las sales alcalinas en agua regia, causan descomposición de ellas.

Un agente alcalino que actúe sobre la glucosa produce primero una formación amarilla que se hace más intensa hasta volverse café. Esta descomposición se llama caramelización. Con una ligera caramelización el sabor cambia y puede ser no muy agradable, se hace más fuerte y picante.

II.3.8.- Degradación térmica.- Los carbohidratos se rompen rápidamente por las temperaturas alcanzadas en ciertos procedimientos de preparación, tal como la temperatura de superficie externa en el congelamiento, o el calentamiento de azúcar seco que lo carameliza. Algunos de los productos formados influyen en el color y/o sabor del alimento.

II.3.9.- Absorción de humedad.- Los azúcares son higroscópicos, es decir, tienden a absorber humedad del medio ambiente. Esto puede ocasionar la formación de terrones de la masa entera. Los azúcares blancos se almacenan muy bien a humedades relativas abajo del 60% y a temperaturas inferiores de 38°C.

Los azúcares que tienen el mayor poder absorbido de una atmósfera saturada son las sustancias que contienen fructosa; azúcar invertido, miel y melazas.

II.3.10.- Solubilidad.- La diferencia en la solubilidad de los azúcares es uno de los factores que influyen su uso en los productos alimenticios. Es obvio que un azúcar de baja solubilidad no puede usarse para-

productos concentrados de azúcar como geles , dulces y caramelos.

A temperatura ambiental la fructosa tiene la mayor solubilidad de los azúcares usados en alimentos, seguida por la sacarosa, glucosa, maltosa y lactosa en orden de solubilidad decreciente.

11.3.11.- Dulzura relativa.- La dulzura es una cualidad que se detecta por el gusto (por los sentidos). La dulzura mucho depende de la concentración, dilución de azúcares puros. Estudios realizados en 1947 indicaron la influencia de la temperatura en la sensación de dulzura. La temperatura óptima para la detección de esta se dice está entre 30-35°C.

Quando se compara la dulzura relativa entre varias soluciones de azúcares, se acostumbra utilizar a la sacarosa como estandar. Los azúcares más dulces que la sacarosa se califican más alto que ella y los menos dulces, más bajo que el estandar. Algunos valores típicos se enlistan en la siguiente tabla:

TABLA DE DULZURA RELATIVA

Substancia	Calificación de dulzura
Sacarina	675
Dulcina	265
Ciclamato cálcico	33.8
Fructosa	1.16
Sacarosa	1.0
Glicerol	0.84

Substancia	Calificación de azúcar
α -Glucosa	0.84
α - β -Glucosa (mezcla equimol)	0.79
Galactosa	0.67
D-Manosa	0.59
Maltosa	0.47
Lactosa	0.38

II.3.12.- Humectancia.- Otra propiedad muy importante de los azúcares es su capacidad de humectancia. Este fenómeno se presenta principalmente en carbohidratos de bajo peso molecular que tienden a absorber la humedad de la atmósfera, es decir son higroscópicos como consecuencia los productos que los contienen se vuelven pegajosos y gomosos. Por esta razón, los azúcares como la glucosa, el sorbitol, etc., deben guardarse en recipientes cerrados para evitar su exposición al aire húmedo. Por otra parte, los carbohidratos de alto peso molecular, como las gomas, absorben agua sin ningún efecto higroscópico, y son muy usados para una mejor fijación del agua en diferentes alimentos.

La facilidad de humectancia de los carbohidratos está directamente relacionada con su carácter hidrófilo, debido a que forman puentes de hidrógeno con las moléculas de agua. Los azúcares utilizados en la manufactura de alimentos poseen diferente capacidad de humectancia, que varía con su estructura química, ya que los anómeros de un mismo azúcar, como el caso de la lactosa y la maltosa, tienen distinto poder higroscópico. Las mezclas anómericas de los azúcares como la α y la β -lactosa, pueden formar puentes de -

hidrógeno entre las dos moléculas, reduciendo de esta manera la capacidad de humectancia de la mezcla. El fenómeno de humectancia es indeseable en productos deshidratados como la leche en polvo, en granulados y en reconstituibles, aunque en algunos alimentos es muy importante la presencia de agentes-humectantes para que se conserven con una cierta humedad constante.

II.4.- Fuentes comerciales de sacarosa.- Las fuentes más comerciales de sacarosa son la caña de azúcar y la remolacha. En el estado no refinado difieren entre sí en los tipos de impurezas (no-sacarosa) que contienen. Sin embargo, los azúcares que se venden en el mercado con alrededor del 99.9% de sacarosa pura, y se pueden usar indistintamente o mezclándose aunque sean producidos por caña o remolacha.

II.4.1.- Miel.- La miel es un jarabe natural que varía en la composición y sabor de acuerdo con la fuente que se extrae el néctar, y con los procesos y/o almacenamiento. Los carbohidratos principales son glucosa y fructosa. Un análisis típico indica un contenido de 34% de glucosa, 41% de fructosa, 2.4% de sacarosa y 18.3% de agua. La miel es ligeramente ácida, y su dulzura es difícil de comparar con la de la sacarosa. Esta dulzura varía con la concentración y grado de cristalización.

Frecuentemente se necesita calentar la miel antes de almacenarla para evitar su fermentación y cristalización. La cristalización es causada por la formación de glucosa monohidratada. Si la miel se calienta para disolver cualquier cristal presente, la alta viscosidad previene la granulación.

II.5.- Tecnología de azúcares.- El uso de azúcares en la industria alimentaria es muy amplio ya que tienen ciertas propiedades que son de utilidad para el desarrollo de diferentes productos. Varias de estas propiedades se basan en la tendencia de formar ptes. de hidrógeno con otras moléculas - principalmente con el agua.

Dentro de los azúcares más comúnmente empleados en esta industria - se incluyen la D-glucosa, la D-fructosa, la sacarosa, la sacarosa invertida, la β -maltosa, la α y β -lactosa y algunos derivados como el D-manitol.

La glucosa se vende comercialmente en forma de solución concentrada y se utiliza ampliamente en la industria principalmente en la producción de bebidas. En forma sólida, se usa en diferentes productos enlatados, a los que se les añade para preservar la forma, el color y el sabor de los frutos.

La obtención industrial de glucosa se lleva a cabo a través de una hidrólisis ácida del almidón, de donde resulta un líquido espeso que se neutraliza con carbonato de sodio, y posteriormente se trata con algún material absorbente, como carbón activado, para eliminar impurezas, principalmente las que le imparten color. El jarabe resultante es una mezcla de glucosa - maltosa, dextrinas y almidón, además de cenizas y agua. En algunas ocasiones se añade anhídrido sulfuroso como agente conservador para evitar el crecimiento microbiano. Las condiciones de hidrólisis son controladas muy cuidadosamente para obtener un producto adecuado que reúna ciertas características - funcionales para poderse usar en distintas aplicaciones en la manufactura de alimentos.

II.6.- Conservadores.- Los azúcares también funcionan como conservadores en alimentos ya que aumentan la presión osmótica del sistema, de tal manera que los microorganismos no pueden crecer. Es necesario hacer notar que sólo el azúcar de la fase acuosa es el que reduce la actividad del agua y -- controla el crecimiento microbiano, por lo que es muy importante conocer la -- concentración del azúcar que queda en solución y no la concentración total -- del azúcar añadida al producto. El siguiente cuadro muestra la concentra-- ción de sacarosa requerida para alcanzar un determinado valor de Aa (activi-- dad del agua) que servirá para evitar contaminaciones microbianas.

Aa	Sacarosa (%)
0.995	0.272
0.985	1.030
0.920	3.480
0.850	5.980
0.800	9.850

En el caso de las mermeladas y productos similares, los azúcares -- ayudan al proceso de gelificación de las pectinas, y además causan una deshi-- dratación al absorber agua que trae como consecuencia la inhibición de micro-- organismos. Cabe hacer mención de que es muy importante controlar la concen-- tración de azúcar en los geles para obtener una textura adecuada, ya que una relación impropia de azúcar-ácido-pectina puede producir un gel muy rígido o, por el contrario, un gel muy débil y una reparación de fase producida, por el fenómeno de de sinéresis. El agua de gel que es expulsada por la sinéresis se concentra en la superficie, y puede servir como un buen medio para el creci-- miento microbiano.

II.7.- Aspectos generales de los agentes químicos usados en la obtención del azúcar.- Para la elaboración de azúcar se hace uso de diversos agentes químicos con objeto de conseguir ciertos cambios en la naturaleza de los materiales a procesar. El propósito de éstos en la clarificación de jugos, es convertir las mezclas resultantes, que son fibrosas y de color verde oscuro, en jugos clarificados brillantes de color amarillo claros. Para ello se utiliza tanto el calor como algunas sustancias químicas cuya acción es precipitar los sólidos suspendidos, los cuales si no se eliminan del jugo pueden interferir en las propiedades organolépticas de los concentrados de azúcar.

De todos los agentes químicos empleados en la actualidad, la cal fue la primera sustancia empleada en la clarificación de los jugos, y fue prácticamente el único usado durante mucho tiempo antes de que las investigaciones químicas hubieran revelado la naturaleza de los no azúcares presentes en los jugos provenientes de la molienda.

II.7.1.- La cal.- Cualquiera que sea el procedimiento de clarificación que se siga, la cal es el principal agente clarificante. Generalmente esta se añade al jugo en forma de lechada de cal, la cual es un líquido blanco lechoso que contiene cal apagada, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en suspensión y en solución. Sin embargo, en algunas partes del mundo el agente clarificante es una cal parcialmente hidratada, que se añade al jugo en forma de polvo fino y seco.

La operación de "apagamiento" de la cal es la formación de Ca(OH)_2 a partir de CaO (cal viva) y agua; es una reacción exotérmica en donde hay un considerable desprendimiento de calor.



Debido a que es pequeña la solubilidad del hidróxido de calcio (una parte de Ca(OH)_2 se disuelve en 790 partes de agua), el producto resultante de "apagarla" es cuando se usa un exceso de agua (generalmente una parte de cal por cuatro partes de agua) resultando una suspensión, agua-cal, con partículas de Ca(OH)_2 muy finas.

II.7.2.- **Azufre:** El azufre que sirve para producir la mayor parte del dióxido de azufre gaseoso que se usa en las diferentes operaciones de clarificación, debe considerarse como uno de los agentes químicos más importantes en la industria azucarera. La cantidad que efectivamente se usa en la fábrica depende del procedimiento de clarificación que se siga.

II.7.3.- **Compuestos de magnesio.**— El uso de compuestos de magnesio en las operaciones de clarificación y concentración del jugo se sugirió hace más de 60 años, cuando se patentó el procedimiento en el que la melaza, diluida a 30° Brix, se clarificaba por la acción del sulfito ácido de magnesio y de la cal.

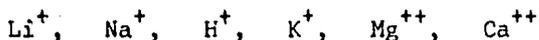
Asimismo, el uso del óxido de magnesio en la clarifica-

ción de los jugos de caña de azúcar es uno de los procedimientos más antiguos. Se usó principalmente la dolomita calcinada en la purificación de los productos del azúcar. Esta se "apagaba" y se hervía con agua para transformarla en un hidrato. La lechada de magnesio cernida se usaba como agente clarificante, eventualmente con la combinación de la cal. También se utilizó el hidrato de magnesio en la clarificación de los jugos de caña en combinación con la lechada de cal y el carbón vegetal pulverizado.

II.7.4.- Arcillas.- La adición de arcillas a los jugos de la caña de azúcar ha sido una ventaja práctica con objeto de mejorar los resultados de las operaciones de clarificación, especialmente de la sedimentación y del brillo del jugo clarificado. Sin embargo, la arcilla nunca se ha contado entre los principales agentes químicos en la industria de la caña de azúcar, aunque con el tiempo se ha incrementado su uso. Algunos tratamientos muestran un considerable incremento en la separación de los coloides; otros, una calidad superior del azúcar producido, una alta recuperación, una ebullición más rápida o reducción de la incrustación en los evaporadores. Un tipo de arcilla empleado es la bentonita, cuyo principal constituyente es la montmorillonita, un material arcilloso microcristalino, de contextura blanca y suave, el cual es un hidrosilicato de aluminio y magnesio, $MgOAl_2O_3 \cdot 5SiO_2 \cdot nH_2O$.

La capacidad de intercambio de bases de los minerales arcillosos es una propiedad importante ya que éstos se caracteri

zan por su habilidad de transportar cationes o aniones que están presentes en las soluciones acuosas y que se ponen en contacto con los minerales arcillosos. De la práctica se ha considerado el siguiente orden para la relativa facilidad de reemplazamiento en la montmorillonita:



Esta serie explica por qué el calcio se fija preferentemente en la mayor parte de las montmorillonitas en presencia de sodio

En general la arcilla se usa para reforzar la acción de la cal en la operación simple de precipitación. Se conocen dos modificaciones de su aplicación en el procedimiento de la clarificación. En la primera se añadía la bentonita en suspensión acuosa al jugo clarificado obtenido según la forma tradicional, dejándose luego asentar el jugo. Sin embargo, este asentamiento secundario presentaba algunas dificultades debido a que las corrientes de convección tienden a evitar que el coágulo se asiente. La meta era el mejoramiento de la velocidad de filtración y, en general, de la calidad para refinación del azúcar crudo. En realidad se observaron algunos adelantos; sin embargo, era dudoso si este procedimiento podría emplearse para permitir una continua producción de un azúcar que tuviera excelentes cualidades para la refinación. La segunda modificación fué estudiada en escala de laboratorio, debido a que, por naturaleza, di-

chos grupos tienen carácter refractario, corrientemente se aplica la técnica de sulfatación en la elaboración de azúcar crudo, pero nunca habrían tenido éxito los intentos para clarificar el jugo crudo sin ayuda del azufre.

II.7.5.- Tierra de diatomeas.- La tierra de diatomeas o Kieselguhr es un depósito marino óseo constituido por esqueletos microscópicos de diatomeas. Esta tierra se encuentra en muchas regiones del mundo. Después de extraerla de los yacimientos, generalmente se calcina y somete a algún tratamiento especial.

En primer lugar la tierra de diatomeas es un auxiliar de la operación de filtración, siendo su acción purificante en gran parte por acción mecánica. Aunque la fuerza de absorción de la tierra de diatomeas es insignificante (por ejemplo, en lo que respecta al color de las soluciones de azúcar), se sabe que elimina los coloides hasta cierto grado. También se propuso -- que en la industria azucarera se utilizara la tierra de diatomeas en las operaciones de clarificación de los jugos, y al -- igual que los anteriores este material se empleó para purificar las soluciones concentradas de azúcar.

Actualmente en la industria se usa para los siguientes casos:

i.- Para eliminar de soluciones de azúcar, generalmen

te concentradas, cantidades relativamente pequeñas de materia finamente dividida.

ii.- Para mejorar la filtración a través de precipitados formados en los jugos en el curso de las operaciones de clarificación.

II.7.b.- El proceso de clarificación.- La tecnología que se emplea actualmente en la clarificación de los jugos de caña es fundamentalmente distinta a la que se usa en la industria del azúcar de remolacha. La diferencia básica consiste en la clarificación del jugo crudo. Esto se debe a que los jugos de ambos difieren en algunos aspectos. En el jugo de caña se encuentran presentes azúcares reductores, compuestos que por lo común están ausentes en los jugos de la remolacha. La segunda diferencia de gran significado práctico entre la caña y la remolacha, es que los jugos de esta última planta se pueden purificar usando el proceso de carbonatación con purezas del 90-95%. La pureza promedio del jugo crudo de los molinos está entre un 82 y 86% en las principales regiones productoras de caña. La concentración de los no azúcares en las melazas de los ingenios cañeros, es generalmente 2 ó 3 veces mayor que la cantidad que se encuentra en el producto análogo de las fábricas de proceso de la remolacha.

Otra diferencia esencial entre los jugos de remolacha y de caña, estriba en la naturaleza de los no azúcares. Con los -

jugos de remolacha la atención debe dirigirse hacia la separación de pectinas; con los jugos de caña el objetivo es la separación de los no azúcares inorgánicos.

II.7.7.- Etapas de la clarificación.- Con objeto de describir los aspectos fundamentales de la clarificación de los jugos en general, es necesario dividir ésta en los siguientes procesos:

a.- La separación de fibras e impurezas que están presentes en suspensión, por medio de tamizado, colado, flotación, asentamiento, sedimentación o centrifugación.

b.- El uso de clarificantes y la preparación de éstos a una concentración determinada, permitiendo su adición en cantidades conocidas a un cierto volumen de jugo.

c.- La eliminación del posible exceso de clarificante con agentes químicos que provoquen su precipitación o floculación.

PROCESO DE LA CAÑA DE AZUCAR



III.- DESARROLLO EXPERIMENTAL

Actualmente existe muy poca información que pueda ayudar a la elección de un método óptimo de clarificación de jugo de tuna, por lo cual, la base de esta parte experimental será la extrapolación de los procesos empleados en la caña de azúcar.

Uno de los objetivos principales es eliminar los no azúcares que pudieran interferir con las propiedades organolépticas del jarabe o producto final.

El material empleado fué tuna blanca (*Opuntia spp*) recolectada en el Estado de Hidalgo durante el mes de agosto.

El desarrollo experimental hasta la obtención de un jarabe cuya concentración sea 60° Brix aproximadamente, abarcará los puntos siguientes:

1.- Obtención del jugo.- Por trituración y licuefacción del fruto.

2.- Eliminación de sólidos suspendidos (semillas y materia fibrosa).- Por tamizado, filtración, decantación o centrifugación.

3.- Elección del clarificante más apropiado.- Se elegirán los dos más eficientes de una serie de pruebas con solucio--

nes a diferentes concentraciones.

4.- Eliminación del exceso de clarificante.

5.- Detección y/o eliminación de la presencia de pectinas.

6.- Ajuste de pH a un valor similar presente en una miel de referencia.

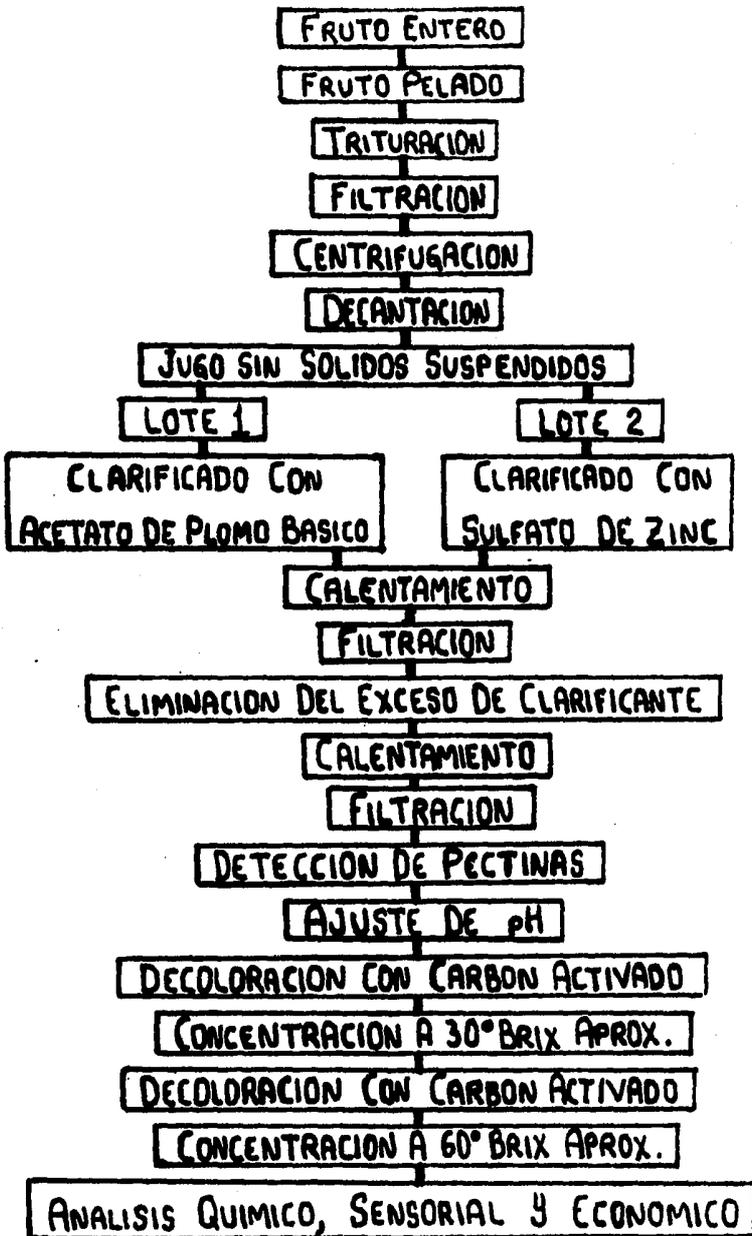
7 y 8.- Experimentos 1 y 2.- Tratamiento de lotes mayores de tuna con los dos mejores clarificantes encontrados.

Posterior a estos se efectuarán determinaciones físicas y químicas para considerar si el jarabe obtenido cumple con los parámetros que establecen las Normas Internacionales de Calidad recomendadas para este tipo de productos. Los resultados de las determinaciones se compararán con las efectuadas a una miel comercial utilizada como testigo o referencia. Se efectuará un análisis sensorial, además de incluir una evaluación económica del proceso usando un modelo de simulación corrido en una computadora Radio Shack TRS-80 Modelo III.

(Ver diagrama de bloques).

III.1.- Obtención del jugo.- Este paso se realizó con un extractor de jugos doméstico Turmix obteniéndose en forma si-

PROCESO DE LA TUNA BLANCA



multánea el jugo a medida que se introducía el fruto sin cáscara y cortado en trozos diagonales. El jugo que así se obtuvo se encontraba libre, casi en su totalidad, de semillas que se retenían en el extractor.

III.2.- Eliminación de los sólidos suspendidos (semillas y materia fibrosa).- El jugo obtenido en el paso anterior se recirculó por el extractor, sólo que ahora se colocó una tira de papel filtro en la malla que contiene el mismo, para que por efecto de la fuerza centrífuga se "colara" el jugo y retuviera las semillas que aún contenía, así como parte de la materia fibrosa.

El jugo se dejó reposar por 15 minutos para permitir que floccularan los sólidos y poder separarlos por decantación. Posteriormente, se centrifugó durante 30 minutos a 4000 rpm en una centrífuga IEC Modelo 2K Damon, con capacidad para 6 vasos de 250 ml cada uno. De esta centrifugación sedimentó la última parte fibrosa del jugo e inclusive algunos pigmentos verdes, seguramente clorofilas, dejándolo de un color idem con una concentración de 13° Brix aproximadamente.

III.3.- Elección del clarificante.- Esta prueba se realizó primero a nivel de tubo de ensayo con volúmenes de 10 ml de jugo y agregando clarificante de ml en ml hasta completar 10. El hecho de variar el volumen de solución clarificante (hasta igualar el de jugo) fué para considerar el volumen de mejor efecto.

Las soluciones acuosas de este agente químico fueron - las siguientes:

- a.- Oxido de calcio al 5%
- b.- Oxido de calcio al 10%
- c.- Sulfato de zinc al 5%
- d.- Sulfato de zinc al 10%
- e.- Cloruro férrico al 0.5%
- f.- Sulfato férrico al 0.5%
- g.- Sulfato de aluminio y potasio al 0.5%
- h.- Acetato de plomo básico, densidad = 1.25

De las anteriores soluciones la única que presenta condiciones especiales de preparación es la de acetato de plomo, - dichas condiciones son las siguientes:

Preparación de la solución clarificante de acetato de plomo básico.- En 250 ml de agua se disuelven 107.5 g. de acetato de plomo neutro y 32.5 g. de óxido de plomo (litarge) y se pone a ebullición durante 30 minutos. Se deja enfriar y asentarse la mezcla, y se diluye el líquido sobrenadante a una densidad de 1.25 con agua recientemente hervida. El acetato de plomo básico sólido puede sustituir a la sal normal y al litarge - en la preparación de la solución.

Enseguida se ensayo con cada una de las soluciones en 30 vasos de precipitados de 50 ml por triplicado, a temperatura

ambiente, tomando alícuotas de 40 ml de jugo. Los volúmenes de clarificante fueron de 1, 2 y 3 ml respectivamente. Después se calentaron las muestras a baño maría durante 2 ó 3 minutos para observar el efecto de la temperatura sobre la precipitación, resultando este hecho favorecedor para la clarificación del jugo.

Las soluciones que mejor resultado dieron en la eliminación de los no azúcares fueron las de sulfato de zinc al 10% y la de acetato de plomo básico, ya que se obtuvieron soluciones bastante cristalinas de jugo. Por ello, estas son las que se usarán para clarificar el volumen posterior a tratar de jugo.

III.4.- Eliminación del clarificante. - En algunos casos se requiere eliminar el exceso de solución clarificante. Tal es la situación del sulfato de zinc al 10%, que por cada 10 ml de éste se adicionan 6.5 ml de una solución 1N de hidróxido de sodio a fin de precipitar el zinc en forma de hidróxido.

El exceso de acetato de plomo se elimina con ácido oxálico, ya que el plomo forma con este el oxalato de plomo, el cual es prácticamente insoluble en agua y por ello fácilmente se parable por filtración, al igual que el hidróxido de zinc.

El fin que se persigue con estas eliminaciones es evitar su potencial toxicidad en los jugos si algún exceso de clarificante permaneciera en él.

III.5.- Detección y/o eliminación de la presencia de pectinas.- Una vez eliminados los no azúcares, se efectuaron -- pruebas con distintos reactivos para detectar en su caso la presencia de pectinas. Las soluciones utilizadas deberían formar un precipitado en caso de que aún existieran "gomas" en el jugo.

Material y reactivos utilizados:

a.- Los mismos vasos de 50 ml conteniendo el jugo clarificado y al cual se eliminó el exceso de clarificante por filtración.

b.- 4 goteros.

c.- 4 pipetas graduadas de 1 ml.

Soluciones reactivos:

a.- Cloruro férrico neutro 0.5M

b.- Tetraborato de sodio (bórax) al 4%

c.- Acido acético concentrado.

d.- Acido fosfórico concentrado.

De las soluciones anteriores bastan unas cuantas gotas (4 ó 5) para la formación de geles o finos precipitados en caso de la existencia de pectinas en el jugo. Estas pruebas se realizaron a temperatura ambiente. (8)

A los vasos de precipitados que contenían al jugo clarificado se agregó de la siguiente manera las soluciones reactivas:

Se tomaron las muestras clarificadas por acetato de plomo básico y sulfato de zinc. A un vaso de cada muestra se agregaron 4 gotas de cloruro férrico neutro 0.5M proporcionando una ligera agitación y después se dejó reposar unos 5 minutos para observar la posible formación de precipitados.

Se tomaron otros dos vasos con muestras de jugo, y ahora se agregó igualmente de gota en gota, hasta llegar a 4, de solución de bórax al 4%, agitando y dejando reposar posteriormente.

El mismo procedimiento se siguió para agregar ácido acético y ácido fosfórico, en forma separada, para otras tantas muestras de jugo.

El resultado de estas pruebas fué negativo en todos los casos, esto es, en ninguno hubo formación de precipitado aún habiendo agregado posteriormente un exceso, 0,5 ml, de solución reactivo. Por lo tanto no se detectó la presencia de pectinas.

III.6.- Ajuste de pH.- Debido a que los valores de pH de las diferentes muestras de jugo se encontraban en un intervalo muy amplio, entre 11.0 y 5.6, se ajustaron con una solución de ácido sulfúrico al 10% al valor que presentaba una miel comercial tomada como referencia, cuyo valor fué de 4.4

Este ajuste de pH se efectuó agregando gota por gota -

de solución de ácido sulfúrico y se siguió su comportamiento -- con un potenciómetro Corning Modelo 12.

III.7.- Experimento # 1 "Clarificación con acetato de plomo básico".- Los objetivos del proceso de clarificación ya fueron anteriormente expuestos.

Material, equipo y soluciones reactivo:

7 vasos de precipitados de 1000 ml
 1 matraz kitasato de 1000 ml
 1 embudo buchner de .15 cm de diámetro
 1 pipeta volumétrica de 100 ml
 2 pipetas graduadas de 5 ml
 1 cuchillo
 1 charola
 1 extractor de jugos Turmix
 1 cuchara grande
 1 centrífuga IBC/ 6 vasos de 250 ml
 1 parrilla
 1 bomba para vacío
 Solución de acetato de plomo básico ($d=1.25$)
 Acido oxálico granular

III.7.1.- Lote # 1.- Se pesaron 15.7 Kg de tuna blanca entera (con cáscara). El jugo del mismo se extrajo por trituración con el extractor de jugos y después de eliminar las semi

llas por decantación y centrifugación se obtuvo un volumen de 5.55 litros de jugo. Se repartió el anterior volumen en 6 vasos de precipitados de 1000 ml, con igual cantidad cada uno, es decir, con 925 ml en cada vaso.

III.7.2.- El clarificante se agregó en volúmenes de 5 ml a cada vaso, en los cuales se observó inmediatamente la precipitación de materia correspondiente a los no azúcares. Posteriormente a esto se calentaron en baño maría los vasos durante 10 minutos, acentuándose aún más la precipitación, para entonces filtrar al vacío y se obtuvo un jugo más cristalino al cual se le repitió la misma operación hasta no observar más precipitación. El volumen total de solución de acetato de plomo para clarificar todo el jugo fué de 175 ml para 5.55 litros.

III.7.3.- Enseguida se procedió a la eliminación del exceso de clarificante presente en la solución. Esta se efectuó con ácido oxálico el que se agrega poco a poco en forma de cristales a los vasos con el jugo, y al entrar en contacto con éste forma inmediatamente un precipitado blanco lechoso, mismo que se acentúa al calentar en baño maría. Se filtra este exceso al vacío y se agregan algunos cristales más de ácido oxálico hasta que no se observa más precipitación. El peso total de cristales de ácido oxálico que se requirió fué de 19 g para el volumen total de jugo.

III.7.4.- Se verificó la posible presencia de pecti-

nas con las soluciones específicas para ello, resultando negativas las pruebas.

III.7.5.- Hasta estas pruebas el jugo presentaba una apariencia cristalina de ligera coloración verde y mantenía el olor característico a tuna. El valor de pH fué de 5.6 y se consideró conveniente ajustarlo a 5 con ácido sulfúrico al 10% antes de concentrarlo a 60° Brix.

III.7.6.- Eliminación del color y olor del jugo. - Con este fin se agregó carbón vegetal activado a los 6 vasos con el jugo y se filtró al vacío sobre celita, a fin de facilitar la retención del carbón en el papel filtro, obteniéndose resultados favorables. A pesar de que no se pudo eliminar totalmente el olor, con el color sí se logró esto. El total de carbón activado usado fué de 0.3 g, esto es, 0.05 g para cada vaso.

La concentración de azúcares en el jugo permaneció constante durante todo el proceso de clarificación, siendo de 13° Brix.

III.7.7.- Concentración a 60° Brix.- La concentración se realizó evaporando agua del jugo en baño maría. Durante esta evaporación se notó que, a medida que se concentraba, el color del jugo se intensificaba de ámbar a café oscuro, por lo que hubo necesidad de aclarar con carbón vegetal activado y filtrarlo al vacío sobre celita nuevamente, para obtener un concen

trado incoloro. Esta decoloración se efectuó dos veces en todas las muestras, cuando se tenía alrededor de 30 y 50° Brix. - Al jarabe final ya no se le pudo realizar ésto ya que la viscosidad alcanzada impedía una buena dispersión del carbón, y más-todavía su filtración.

Las concentraciones alcanzadas de las 6 muestras fueron de 57, 57, 58, 60, 61 y 63° Brix, mismas que se refrigeraron para las posteriores determinaciones químicas y sensoriales.

El rendimiento obtenido fué, si se partió de 6.9 litros de jugo y se llegó a 775 ml de concentrado, de 11.23%.

III.8.- Experimento # 2 "Clarificación con sulfato de zinc al 10%,- El objetivo de este experimento fué el mismo que el experimento 1.

Material y equipo: mismo usado en el punto III.7.

Soluciones reactivo:

Sulfato de zinc al 10%

Hidróxido de sodio 1N

III.8.1.- Se pesaron 6,25 Kg de tuna entera (con cáscara). El jugo se extrajo de la misma manera que en el experimento 1 y se obtuvo un volumen de 2.5 litros, mismos que se - -

distribuyeron en 3 vasos de precipitados de 1000 ml con un volumen de 830 ml en cada vaso.

III.8.2.- La solución clarificante se preparó al 10% en peso, 10 g de la sal disueltos en 100 ml de agua. Se requirieron de 105 ml para purificar el total de jugo, el que no quedó tan cristalino como el tratado con acetato de plomo básico.- Igualmente, los no azúcares precipitados después de calentar 10 minutos en baño maría, se filtraron al vacío.

III.8.3.- Para eliminar el exceso de zinc se adicionaron al jugo 68.25 ml de hidróxido de sodio 1N, de la misma manera, calentando en baño maría y filtrando al vacío.

III.8.4.- Después de la clarificación y la eliminación del exceso de zinc, el volumen de jugo que quedó fue de 1.7 litros que se unieron en dos vasos de 1000 ml, con 850 ml. cada uno. Presentaba un aspecto cristalino de color verde y un pH de 8.2 que se ajustó a 5 con ácido sulfúrico al 10%.

III.8.5.- La detección de pectinas dió nuevamente negativa.

III.8.6.- El jugo presentaba además el olor característico, con una concentración de 13° Brix. Se le agregó 0.05-g de carbón vegetal activado a cada vaso y se logró clarificar un poco más al filtrar sobre celita al vacío.

III.8.7.- Al llevar a la concentración estimada, también se realizaron clarificaciones o decoloraciones con carbón-activado alrededor de los 30 y 50° Brìx. puesto que estas muestras se oscurecían al evaporar el agua. Las concentraciones finales fueron de 57 y 58° Brìx.

El color final que presentaron estos jarabes fueron -similares a los del tratamiento con acetato de plomo. El olor a tuna permaneció ligeramente en ellos, aunque predominaba el -de caramelo. Considerando que se partió de un volumen de jugo- de 2.5 litros, para esta clarificación y se llegó al concentra- do de 250 ml, el rendimiento fué del 10%.

III.9.- Evaluación química.- Esta evaluación consis- tió en efectuar a los jarabes hasta ahora obtenidos las siguien- tes determinaciones:

- 1.- Cenizas sulfatadas.
- 2.- Determinación de azúcares reductores y totales.
- 3.- Contenido de metales como contaminantes.

Estas determinaciones se realizarán en forma paralela con una muestra de miel comercial que sirvió como referencia.

III.9.1.- Determinación de cenizas sulfatadas.- Según el método de A.O.A.C., 1975, 31.014, p 566

Material y Reactivos:

1 crisol de platino de 50-100 ml

1 parrilla

1 mufla Blue M, Electric Company

1 pipeta de 5 ml graduada

Solución de ácido sulfúrico al 10% (en peso).

Desarrollo.- Se pesan 5 g de muestra en un crisol de platino de 50-100 ml, añadiéndose 5 ml de ácido sulfúrico al 10% se calienta sobre una parrilla caliente hasta que la muestra carbónica, y entonces se lleva a cenizas en un horno mufla a 550°C aproximadamente.

Se enfría y se agregan de 2-3 ml de ácido sulfúrico al 10%, se evapora en baño de vapor, y se seca en una parrilla caliente, se lleva a ignición de nuevo a 550°C a peso constante.

Los resultados se expresan como % de cenizas sulfatadas.

$$\% \text{ de cenizas sulf.} = \frac{\text{peso de cenizas (g)} \times 100}{\text{peso de muestra a } 60^{\circ} \text{ Brix}}$$

La Norma Internacional de Calidad señala que debe ser no más del 1% p/p.

Se tomaron muestras de los jarabes tratados así como -

de la miel de referencia, se repitió la prueba tres veces y los resultados fueron los siguientes:

Muestra:	% Cenizas Sulf. (p/p)
Miel comercial	0.65
Jarabe clarif. con $ZnSO_4$	1.82
Jarabe clarif. con $Pb(CH_3COO^-)_2$	1.04

III.9.2.- Determinación de azúcares reductores y totales.- El objetivo de esta prueba es determinar el porcentaje de azúcares reductores y no reductores que posee el jugo de tuna, para lo cual esta determinación se basa en la propiedad química que presentan los primeros, a los que se denomina así por su capacidad de reducir el reactivo de Fehling o el de Tollens. Todos los monosacáridos, sean aldosas o cetosas, son azúcares reductores. La mayoría de los disacáridos lo son también, siendo la sacarosa una notable excepción, por ello es un azúcar no reductor.

Las aldosas reducen el reactivo de Tollens, tal y como lo hacen los aldehídos. También reducen la solución de Fehling, que es una solución alcalina de ión cúprico complejada con el ión tartrato (o solución de Benedict, en donde la complejación es con el ión citrato); el color azul intenso de la solución disminuye, y el óxido cuproso rojo precipita. Las cetosas también reducen la solución de Fehling y el reactivo de Tollens gracias a su característica de α -hidroxicetonas,

Para efectuar esta determinación se siguió el Método de Nelson por Espectrofotometría.

Principio. - Reducción de las sales metálicas (sulfato cúprico pentahidratado en solución alcalina).

El óxido cuproso se combina con el reactivo de arsenu molibdato y se mide el desarrollo del color por espectrofotometría; a una longitud de onda (λ) de 500 nm.

Material:

- 3 tubos de ensayo con tapa
- 4 matraces aforados de 100 ml
- 10 matraces aforados de 50 ml
- 1 matraz aforado de 1000 ml
- 1 pipeta graduada de 5 ml
- 1 bureta de 10 ml

Preparación del reactivo:

1.- Reactivo de Nelson.- Consta de 2 soluciones, la A y la B, que son las siguientes:

Solución A.- Se disuelven 12.5 g de carbonato de sodio anhidro, 12.5 g de tartrato de sodio y potasio, 100 g de sulfato de sodio anhidro en 400 ml de agua desionizada y se agrega a 500 ml.

Solución B.- Se disuelven 15 g de sulfato de cobre - (II) pentahidratado en aproximadamente 90 ml de agua desionizada y se le adicionan de 1 a 2 gotas de ácido sulfúrico concentrado y se diluye a 100 ml.

Se toman 25 ml de la solución A y 1 ml de la solución B y se mezclan. Se usa este como reactivo 1.

2.- Reactivo de arsenomolibdato.

Se disuelven 25 g de molibdato de amonio en 450 ml de agua desionizada. Se le adiciona a esto 21 ml de ácido sulfúrico concentrado con agitación continua.

Se disuelven 3 g de arseniato monoácido de sodio heptahidratado en 25 ml de agua desionizada y se adiciona a la solución de molibdato.

Se incuba la solución final a 37°C por 24 horas y posteriormente se le almacena en una botella color ámbar a temperatura ambiente.

Preparación de la curva estándar.

Se pesan 95 mg de sacarosa en un tubo de ensayo, se disuelve en aproximadamente 3.4 ml de agua desionizada y se añá de ácido clorhídrico 1N hasta pH de 1 ó 2, que puede medirse -

con papel tornasol. Se agita y coloca el tubo en un baño de -- agua durante 30 minutos a 70°C.

Se transfiere el contenido de este tubo cuantitativamente a un matraz aforado de 100 ml y se afora con agua desionizada (solución patrón).

Se preparan soluciones estándar de azúcar invertido - (hubo previa inversión).

Se transfiere a 4 matraces volumétricos de 50 ml y se afora con agua desionizada los siguientes volúmenes de la solución patrón: 1.25 ml, 2.5 ml, 3.75 ml y 5.0 ml.

Estas soluciones dan un intervalo de concentración de 25 g, 50 g, 75 g y 100 g, respectivamente, de azúcar invertido por mililitro.

Preparación de la muestra:

Se miden 3 ml de jarabe que previamente se diluyó a - 13° Brix, concentración que presenta el jugo de tuna, y se -- transfieren cuantitativamente a un matraz de 1000 ml, se adicionan aproximadamente 500 ml de agua desionizada y 10 ml de una - solución de sulfato de zinc heptahidratado el 10% y 6.5 ml de - hidróxido de sodio 1N, y se afora al volumen.

Se agita el matraz varias veces para mezclar y se deja reposar por varios minutos para permitir que se asiente el precipitado formado (la materia suspendida del jugo se precipita por la acción del sulfato de zinc, y posteriormente el exceso de éste se precipita por el hidróxido de sodio, al formar hidróxido de zinc).

Se filtra la solución a través de papel Whatman # 1 (18.5 cm de diámetro) y se colecta el filtrado en un matraz erlenmeyer de 500 ml eliminando los dos primeros filtrados de 25 ml.

Se toman 2.5 ml de filtrado y se transfieren a un matraz de 50 ml y se afora a la marca, usándose esta solución para la determinación de azúcares reductores (muestra S_1).

Se toman 2.5 ml del filtrado y se transfieren a un tubo de ensayo, se añade ácido clorhídrico 1N hasta pH 1.6 y se coloca en un baño maría a 70°C por 30 minutos.

Se transfiere el contenido del tubo de ensayo a un matraz volumétrico de 50 ml y se afora el volumen. Esta solución se usa para la determinación de azúcares totales (muestra S_2).

Para efectuar las determinaciones y trazar la curva estándar se usó la siguiente tabla:

Tubo de examen	Agua (ml)	Sol. std. (ml)	Muestra (µl)	React.1 (ml)	React.2 (ml)	Agua (ml)
1. 0 g	2	-	-	2	2	4
2. 25 g	-	2	-	2	2	4
3. 50 g	-	2	-	2	2	4
4. 75 g	-	2	-	2	2	4
5. 100 g	-	2	-	2	2	4
6. S ₁	-	-	2	2	2	4
7. S ₂	-	-	2	2	2	4

Se agitan los tubos que contienen las muestras, a las que se les ha adicionado 2 ml de reactivo 1, sin voltearlos, se colocan en agua hirviendo por 20 minutos, se enfrían al chorro de agua por otros 5 minutos. Se le adicionan 2 ml de reactivo 2 de arsenomolibdato y se agitan bien, se adicionan 4 ml de agua desionizada y se mezclan por inversión para homogeneizar.

Se trazó un espectro de absorción en la región del visible para encontrar la longitud de onda óptima de trabajo, -- hallándose ésta a 480 nm y no en 500nm como lo señala la técnica.

La absorbancia de las muestras se leyó en un espectrofotómetro Perkin-Elmer Coleman Junior II Modelo 6/20 y usando el contenido del tubo # 1 como blanco.

El contenido de azúcares en las muestras se calculó -- usando la gráfica de la curva estandar.

Los resultados fueron los siguientes:

Los números 1- 2 y 3 corresponden a la miel de referencia, el jarabe tratado con sulfato de zinc y el tratado con acetato de plomo básico, respectivamente.

Tubo	A (480 nm)	% Azúcares Red.	Azúcares Totales	% Azúcares no Red.
1	0	-	-	-
2	0.17	-	-	-
3	0.37	-	-	-
4	0.56	-	-	-
5	0.76	-	-	-
6 S ₁ 1	0.055	6.87	-	0.59
7 S ₁ 2	0.145	14.48	-	1.27
8 S ₁ 3	0.15	14.91	-	1.86
9 S ₂ 1	0.062	-	7.46	-
10 S ₂ 2	0.16	-	15.75	-
11 S ₂ 3	0.172	-	16.77	-

El contenido de azúcares en base seca, calculado para todo el lote de tuna, fué del 6.5%; contenido que cae dentro -- del intervalo encontrado para diferentes etapas de madurez del fruto (del 4% al 8%). Ello indica que de haberse realizado la extracción de las mieles en el punto óptimo de madurez de la tuna, el rendimiento o aprovechamiento hubiese sido mayor,

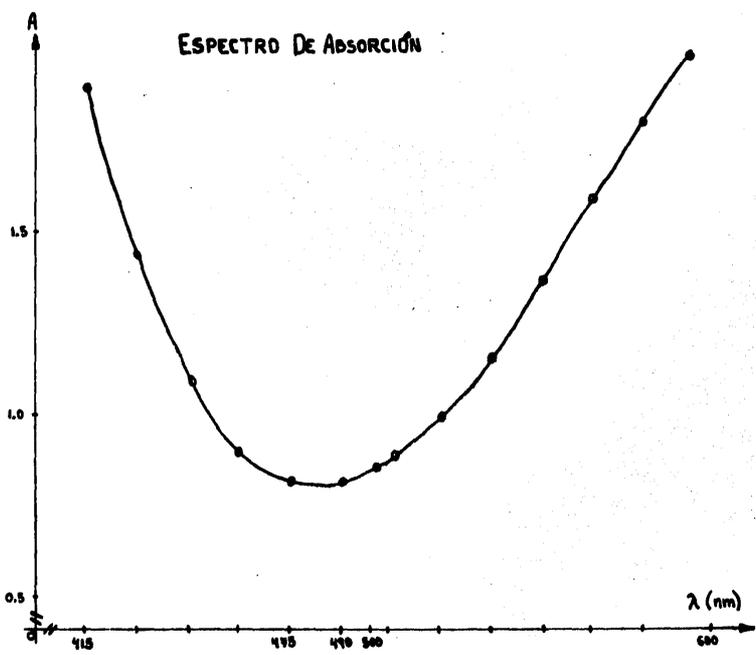
(Ver espectro de absorción y curva de calibración)

(Ver cálculos de curva de calibración en Apéndice A).

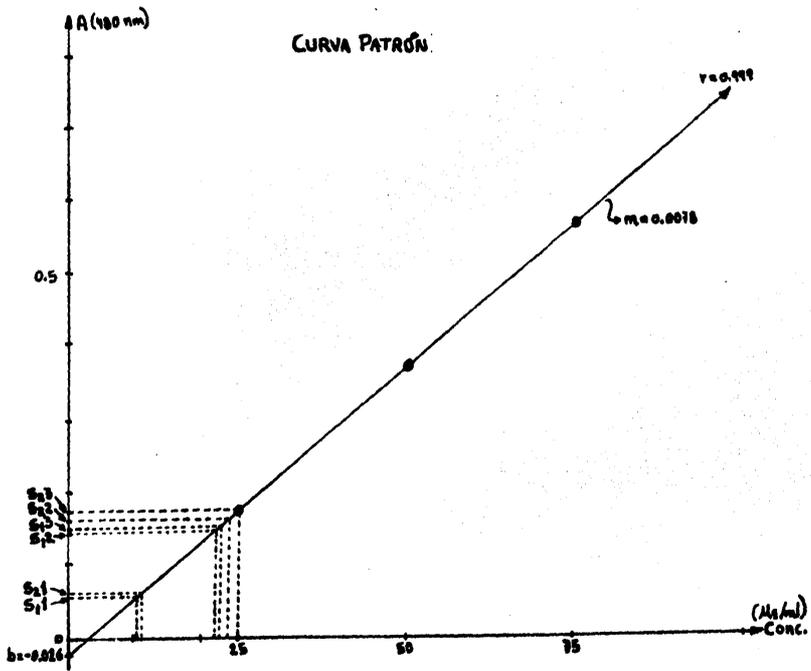
III.9.3.- Contenido de metales como contaminantes.- -

La prueba de detección de metales contaminantes (Cu, Pb, As, Zn)

ESPECTRO DE ABSORCIÓN



CURVA PATRÓN



se realizó por Espectrofotometría de Absorción Atómica. Los límites que señala la Norma Internacional de Calidad para este tipo de productos es:

Para el As no más de 1 ppm

Para el Cu no más de 5 ppm

Para el Pb no más de 2 ppm

Para el Zn la Norma no señala límites, pero al consultar en la bibliografía apropiada (12) se encontró que su toxicidad por ingestión sistemática es baja, excepto cuando se combina con componentes tóxicos como arseniato, cianuro, fosforo y selenuro entre otros. La presencia de alguno de estos componentes, por las soluciones que se utilizaron a lo largo del proceso de clarificación con sulfato de zinc, se descarta y con ellos su toxicidad.

La presencia de metales se detectó en forma de iones.

La prueba se realizó en un Espectrofotómetro de Absorción Atómica Perkin Elmer Modelo 303, utilizando como gas oxidante aire y como gas combustible acetileno.

Material:

5 vasos de precipitados de 50 ml

Para el cálculo de concentración de éstos metales se trazó una curva patrón con soluciones estandarizadas para cada caso.

Plomo:

Estándares:	Absorbancia:
5 ppm	0.029
2.5 ppm	0.015

Muestras:		Concentración:
Clarif. ac. de plomo	0.000	menos de 1 ppm
Clarif. sulf. de zinc	0.000	menos de 1 ppm
Miel comercial	0.000	menos de 1 ppm

Cobre:

Estándares:	Absorbancia:
5 ppm	0.211
2.5 ppm	0.105

Muestras:		Concentración:
Clarif. ac. de plomo	0.001	menos de 1 ppm
Clarif. sulf. de zinc	0.002	menos de 1 ppm
Miel comercial	0.001	menos de 1 ppm

Zinc:

Estandar:	Absorbancia:
2.5 ppm	0.453

Muestras:		Concentración:
Clarif. ac. de plomo	0.033	menos de 2 ppm
* Clarif. sulf. de zinc	1.33	
Miel comercial	0.013	menos de 1 ppm

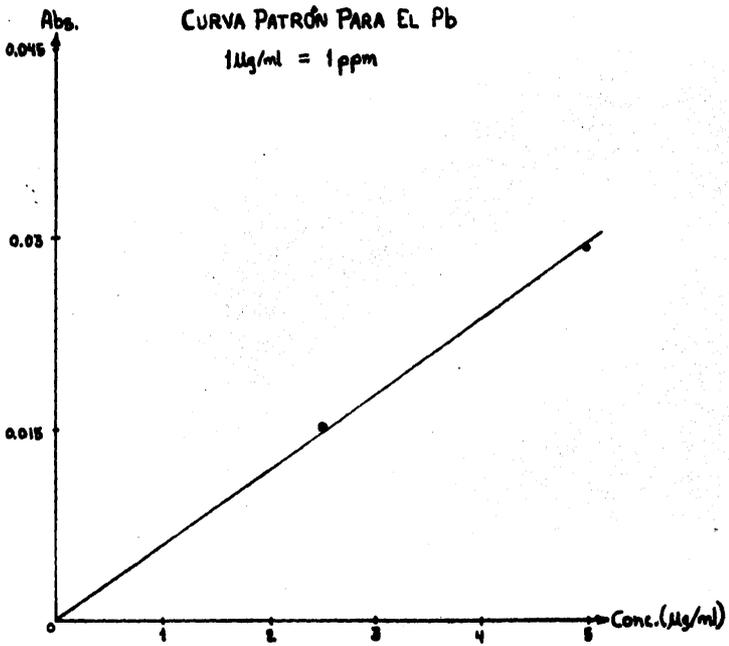
* La concentración exacta de la miel clarificada con sulfato de zinc no se pudo calcular, ya que en este intervalo de absorbancia la curva patrón decae y pierde confiabilidad el cálculo por medio de ésta, suponiendo que la curva siguiera un comportamiento lineal, en dicho intervalo la concentración sería de 72 ppm (Ver curva patrón).

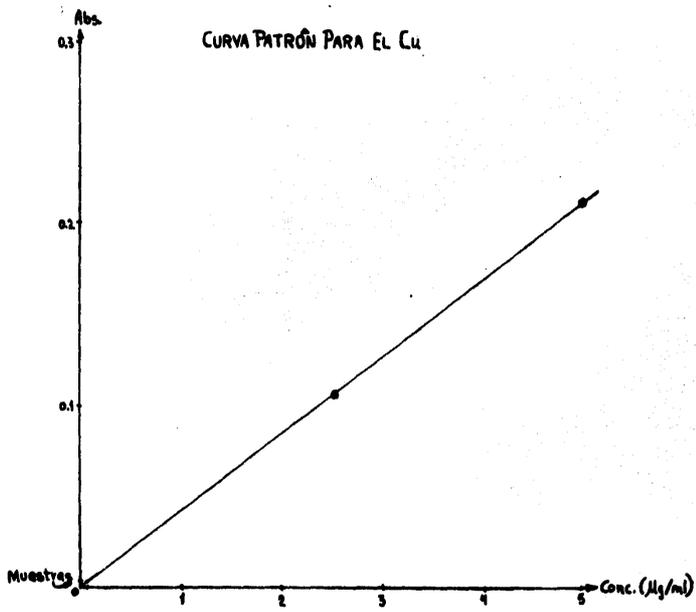
Los resultados para cuantificar el contenido de arsénico no se indican, ya que no se pudo contar con la lámpara correspondiente; pero considerando las características de cultivo de este fruto, así como el tratamiento de clarificación que se le dá al jugo de éste, se estima que las posibilidades de la existencia de este metal en los jarabes son mínimas y no rebasa el límite señalado.

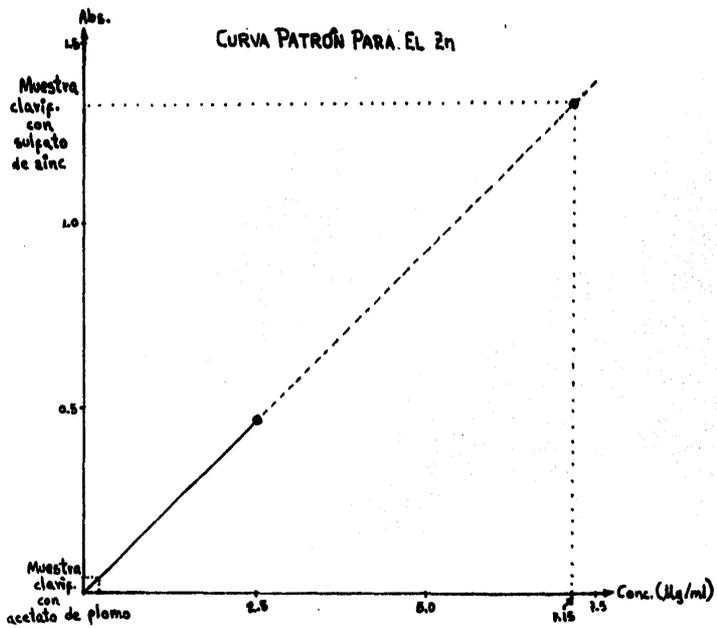
III.10.- Análisis sensorial.- El objetivo de este examen es evaluar las características sensoriales (sabor, olor y color) de las mieles obtenidas, tomando como parámetro la miel comercial.

Para efectuar este análisis se realizó un panel, el cual puede utilizarse para los siguientes propósitos:

a.- Panel de preferencia del consumidor.- Para obtener una medida de la preferencia del consumidor por una muestra sobre otra, en donde un número máximo de panelistas es deseable.







b.- Panel de detección de una diferencia.- En contraste al panel del tipo preferencia del consumidor, un número pequeño de panelistas altamente calificados, sirviendo esencialmente como un instrumento de laboratorio para detección de diferencias, se prefiere a un número mayor de panelistas inexpertos.

c.- Panel de diferencia-preferencia.- Sirva particularmente para propósitos de productos de investigación y desarrollo, donde muchas muestras deben compararse, un panel mediano (quizá de 8 a 20 panelistas) puede proveer una estimación preliminar de la respuesta del consumidor, y al mismo tiempo, una indicación de diferencias significativas entre las muestras puede obtenerse también. Por ello, es muy útil una escala hedónica (carta numérica).

Una escala hedónica se utiliza particularmente para un sistema escalar balanceado, en donde las intensidades deseables se designan por números positivos, y las intensidades indeseables, o no agradables, por números negativos. Así por ejemplo, una muestra que está a gustar y no gustar puede marcarse como cero. Una que sea medianamente agradable, se puede marcar como +1, definitivamente agradable, +2, etc. De manera similar, si la muestra es medianamente desagradable, se califica como -1, definitivamente desagradable, -2, etc.

El tipo de análisis que, para la clase de producto que se tiene y los objetivos propuestos, es conveniente utili-

b.- Panel de detección de una diferencia.- En contraste al panel del tipo preferencia del consumidor, un número pequeño de panelistas altamente calificados, sirviendo esencialmente como un instrumento de laboratorio para detección de diferencias, se prefiere a un número mayor de panelistas inexpertos.

c.- Panel de diferencia-preferencia.- Sirva particularmente para propósitos de productos de investigación y desarrollo, donde muchas muestras deben compararse, un panel mediano (quizá de 8 a 20 panelistas) puede proveer una estimación preliminar de la respuesta del consumidor, y al mismo tiempo, una indicación de diferencias significativas entre las muestras puede obtenerse también. Por ello, es muy útil una escala hedónica (carta numérica).

Una escala hedónica se utiliza particularmente para un sistema escalar balanceado, en donde las intensidades deseables se designan por números positivos, y las intensidades indeseables, o no agradables, por números negativos. Así por ejemplo, una muestra que está a gustar y no gustar puede marcarse como cero. Una que sea medianamente agradable, se puede marcar como +1, definitivamente agradable, +2, etc. De manera similar, si la muestra es medianamente desagradable, se califica como -1, definitivamente desagradable, -2, etc.

El tipo de análisis que, para la clase de producto que se tiene y los objetivos propuestos, es conveniente utili-

zar es el de diferencia preferencia. Para ello se consultó un número de 21 panelistas.

Se presentaron tres tipos de muestras para estudio:

i.- La miel comercial, que sirve de referencia.

ii.- El jarabe obtenido por clarificación con sulfato de zinc al 10%.

iii.- El jarabe obtenido por clarificación con acetato de plomo básico.

Se presentaron volúmenes similares (25 ml) de cada muestra en vasos de plástico transparente, ya que una de las características a evaluar fué el color.

Se siguió el sistema de cafetería en donde las muestras se colocan a la vista de los panelistas y éstos van pasando a analizarlas. Para evitar alguna influencia entre los mismos se les pidió que se abstuyeran de hacer comentarios entre sí, y en una escala hedónica calificaban las muestras según su propio criterio.

A las muestras se les asignó un número aleatorio para que se manejaran como tales por los consultados y no tuvieran algún indicio para identificarlas, evitando la manipulación del

resultado.

A la miel testigo correspondió el número 610111; la tratada con sulfato de zinc el 610110 y la clarificada con acetato de plomo 610112.

A continuación se muestran los resultados de esta encuesta:

III.10.1.- Evaluación del color.

Formulación	Valor	Media (V_F/n_F)
610111	-7	-0.33
610110	8	0.38
610112	26	1.238

M.D.S.1 = 0.673

M.D.S.2 = 0.709

III.10.2.- Evaluación del sabor.

Formulación	Valor	Media (V_F/N_F)
610111	-19	-0.9047
610110	3	0.1428
610112	31	1.4762

M.D.S.1 = 0.55

M.D.S.2 = 0.5793

III.10.3.- Evaluación del olor.

Formulación	Valor	Media (V_F/N_F)
610111	-14	-0.666
610110	3	0.1428
610112	30	1.4285

M.D.S.1 = 0.6494

M.D.S.2 = 0.6829

Por el anterior análisis comparativo se puede observar que en realidad existe diferencia significativa entre las muestras.

Los resultados de preferencia señalaron una mejor aceptación para la miel testigo comercial que para las tratadas químicamente a partir del jugo de tuna. De entre estas últimas, la clarificada con acetato de plomo tuvo un resultado y aceptación favorable en general, no así la clarificada con sulfato de zinc, cuyo resultado indicó que el sabor no era muy bueno, debido posiblemente al exceso de zinc presente en ella.

III.11.- Discusión de resultados químicos.

Uno de los objetivos principales de este trabajo, fué el de encontrar el procedimiento más apropiado de clarificación del jugo de tuna, de entre los ya establecidos en la industria de la caña azucarera.

De los varios intentados, solo dos funcionaron en forma más o menos favorable, y algunos otros tuvieron que descartarse por su poca o nula eficiencia. Es de entenderse que no todos los clarificantes utilizados para la caña de azúcar debían funcionar para clarificar el jugo de tuna, ya que de hecho difieren en su constitución una y otro, aunque no es el tipo de azúcares presentes en ellos. Por los resultados obtenidos en la clarificación se puede suponer que los no azúcares presentes en ellos son diferentes, ya que para uno funcionaron unos clarificantes y para otros no.

De entre los más adecuados, el sulfato de zinc y el acetato de plomo básico, el segundo funcionó mejor que el primero, ya que la eliminación del exceso de estos se logró casi totalmente en el acetato, en tanto que del zinc quedaron rastros como lo demostró la detección por absorción atómica. Pese a que la forma en que se encuentra combinado el zinc en el jarabe no es tóxico, sí le da a este un sabor poco agradable.

El color adquirido por los jarabes, de caramelización, es un indicio de que no se tuvo un buen control de la temperatura, así como de los agentes alcalinos que se utilizaron en los procesos de clarificación y purificación. Sin embargo, no solo estos factores fueron la causa del color adquirido, sino también el hecho de concentrarlos hasta donde se había estimado conveniente.

Del análisis sensorial, pese a ser los resultados subjetivos, se concluyó lo esperado, es decir, la miel de referencia tuvo la mayor aceptación, puesto que es un producto ya existente y con demanda en el mercado, en tanto que los jarabes obtenidos fueron de una aceptación relativa, ya que aún no se controlan en ellos factores importantes como son la eliminación del color y olor de ellos. El rechazo en el sabor al jarabe tratado con zinc, se explica por el alto contenido de éste en el mismo. No obstante es un aspecto que se puede mejorar, inclusive igualar o mejorar las características de la miel de referencia en la medida en que se controlen de manera adecuada la temperatura y uso de álcalis para evitar la caramelización, así como la degradación térmica que sufren los azúcares, ya que todo ello redundaría en el color y sabor final del producto final. Quizá un tiempo mayor de paso en columnas de carbón activado -- ayude a eliminar el olor ligero a tuna que permanece en los jarabes finales.

III.12.- Análisis económico. - El objetivo de esta evaluación económica es el de tener un estudio descriptivo confiable que permita ver la factibilidad de llevar a cabo la industrialización de este proceso, efectuado para la obtención de 4 jarabes de tuna blanca, y que proporcione un punto de comparación, entre productos similares, en cuanto al precio real de estos y las posibles ventajas y desventajas de unos y otros.

El estudio económico se siguió con base en el modelo-

de planeación económica por simulación de Montecarlo y se realizó en una computadora Radio Shack TRS-80 modelo IIT. (17)

Las consideraciones que se tomaron en cuenta para analizar este programa fueron las siguientes:

El tamaño de la empresa que se consideró fue pequeña, para el procesamiento de la tuna en la obtención de jarabes, con un capital de inversión de \$50'000,000.00

La capacidad de producción se restringe a la cosecha de 1,000 hectáreas con un rendimiento promedio de 30 toneladas de fruto por hectárea (el entorno total estaría contemplado con un total de 2,000 Has. para asegurar que por lo menos 1,000 de ellas produzcan anualmente).

La depreciación del equipo se realizará al caso de 5-años, es decir, con una depreciación anual del 20%.

El costo anual de mantenimiento será del 5% con respecto al valor de libros.

El pago anual de impuestos, en forma general, será de un 5% sobre el valor del equipo.

Se ha considerado que el sueldo anual de los obreros, incluyendo prestaciones que establece la ley, será de

\$500,000.00 anuales.

El costo de los materiales.- La unidad de producción va a ser toneladas de azúcar en base seca. Para obtener una tonelada de azúcar en base seca, considerando un rendimiento del 4% de azúcar (glucosa-fructosa, peso/peso tuna entera), se necesitarían 25 toneladas de fruto; para el máximo rendimiento, del 8%, serían necesarias 12.5 toneladas de fruto. Estos rendimientos en contenido de azúcares en base seca, fueron calculados en un tema de tesis específico considerado dentro del mismo proyecto (16). Asimismo, considerando que el precio por tonelada de tuna se encuentre en un intervalo de \$6,000.00 a \$8,000.00, y aprovechando al fruto en su etapa madura, cuando tiene el máximo rendimiento, se encuentra que el costo de los materiales -- (por unidad) sería de entre \$75,000.00 y \$100,000.00. Al costo anterior se le adiciona un 10% por uso de servicios y energía, por lo tanto, los valores se incrementan de \$82,500.00 a -- \$110,000.00 por tonelada de azúcar en base seca.

El número de unidades producidas, se estima, iría de 1,800 a 2,400 toneladas de azúcar (glucosa-fructosa) en base seca, si se supone un máximo de producción de 30 toneladas de fruto por hectárea, y un mínimo de 22.5 toneladas por hectárea.

El terreno donde se instalaría la empresa abarcaría una superficie de 2,000 m², con un costo de \$1'000,000.00 el m²

El listado completo de las consideraciones y costo --
respectivo se muestra a continuación:

Costo de ingeniería:

Estudio de factibilidad.....	\$ 250,000.00
Estudio de sitio.....	100,000.00
Ingeniería básica.....	250,000.00
Ingeniería detallada.....	250,000.00
Servicios técnicos.....	250,000.00
Total:	<u>\$ 1'100,000.00</u> =====

Costo de infraestructura:

Terreno.....	<u>\$ 2'000,000.00</u>
--------------	------------------------

Costo de construcción:

Area administrativa.....	\$ 1'000,000.00
Material y equipo.....	1'000,000.00
Mano de obra.....	<u>2'000,000.00</u>
	<u>\$ 4'000,000.00</u>

Area de servicios.....	\$ 1'000,000.00
Material y equipo.....	1'000,000.00
Mano de obra.....	<u>3'000,000.00</u>
	<u>\$ 5'000,000.00</u>

Area de equipo 1:

Material y equipo.....	\$ 3'000,000.00
Mano de obra.....	3'000,000.00
Maquinaria de construcción..	4'000,000.00
	<u>\$10'000,000.00</u>
 Total de construcción:	 \$21'000,000.00 =====

Equipo industrial:

1.- Almacén de concreto.....	\$ 3'000,000.00
2.- Lavador.....	2'000,000.00
3.- Pelador.....	3'000,000.00
4.- Pulper.....	3'000,000.00
5.- Filtro de mallas.....	400,000.00
6.- Filtro Prensa (2).....	1'600,000.00
7.- Tanque reactor S.S.(2)..	14'000,000.00
8.- Filtro de carbón activado	800,000.00
9.- Evaporador de 2 efectos.	7'000,000.00
10.- Bomba de émbolos.....	800,000.00
11.- Caldera para evaporador- (100 H.P.).....	5'000,000.00
12.- Envasadora de pistones..	500,000.00
13.- Banda de rodillos.....	400,000.00
14.- Bombas (4) de 5 H.P.....	1'600,000.00
15.- Equipo Varios.....	2'950,000.00
	<u>\$46'050,000.00</u>
IVA...	6'950,000.00
	<u>\$53'000,000.00</u> =====
 TOTAL:	 \$53'000,000.00 =====

Costo de ingeniería.....	\$ 1'100,000.00
Costo de construcción.....	21'000,000.00
Equipo industrial.....	53'000,000.00

TOTAL:	\$75'100,000.00
	=====

Efectivo.....	\$50'000,000.00
Capital.....	25'000,000.00
Préstamo personal.....	
Préstamo corto plazo.....	5'000,000.00
Préstamo largo plazo.....	20'000,000.00

EXPECTATIVAS GENERALES

CONCEPTO	PERIODO 1	PERIODO 2	PERIODO 3	PERIODO 4	PERIODO 5
Gastos Administrativos	100%	100%	100%	100%	100%
Depreciación	20%	20%	20%	20%	20%
Mantenimiento	5%	5%	5%	5%	5%
Impuestos	5%	5%	5%	5%	5%
Dividendos por pagar	0%	25%	50%	75%	100%
Dividendos pagados	0%	0%	25%	50%	100%
Pago de cuentas por pagar	0%	50%	75%	100%	100%
Pago préstamo corto plazo	50%	75%	100%	100%	100%
Pago préstamo largo plazo	50%	75%	100%	100%	100%
Máximo préstamo personal	0%	0%	0%	0%	0%
Máximo préstamo corto plazo	\$20'000,000	\$20'000,000	\$20'000,000	\$20'000,000	\$20'000,000
Cuentas por cobrar	0%	0%	0%	0%	0%
Tasa de interés	12.5%	12.5%	12.5%	12.5%	12.5%
Depreciación de oficinas	10%	10%	10%	10%	10%
Costos de mano de obra	\$ 500,000	\$ 500,000	\$ 500,000	\$ 500,000	\$ 500,000
	\$ 82,000	\$ 82,000	\$ 82,000	\$ 82,000	\$ 82,000
Costo de materiales/unidad	\$ 89,000	\$ 89,000	\$ 89,000	\$ 89,000	\$ 89,000
	\$ 99,000	\$ 99,000	\$ 99,000	\$ 99,000	\$ 99,000
Probabilidad	50%	50%	50%	50%	50%
Número de obreros	15	15	15	15	15
	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800
Unidades producidas (tons.)	2,100	2,100	2,100	2,100	2,100
	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400
Probabilidad	50%	50%	50%	50%	50%
Ventas totales	100%	100%	100%	100%	100%
Ventas de contado	100%	100%	100%	100%	100%

ESTADOS FINANCIEROS PROYECTADOS POR SIMULACION

BALANCE GENERAL	PERIODO 1	PERIODO 2	PERIODO 3	PERIODO 4	PERIODO 5
Efectivo	\$ 50'000,000	\$283'139,000	\$280'437,000	\$274'619,000	\$270'021,000
Cuentas por cobrar	--	--	--	--	--
Inventario	--	--	--	--	--
Activo Circulante	50'000,000	283,139,000	280'437,000	274'619,000	270'021,000
Terreno	2'000,000	2'000,000	2'000,000	2'000,000	2'000,000
Maquinaria	30'503,700	24'403,000	14'522,400	15'617,900	12'494,300
Maquinaria administrativa	23'021,500	20'719,300	18'647,400	16'782,700	15'104,400
Equipo de servicios	24'268,500	19'414,800	15'531,900	12'425,500	9'940,400
Activo:	\$129'794,700	\$349'676,000	\$336'139,000	\$321'445,000	\$309'561,000
Cuentas por pagar	--	--	--	--	--
Préstamo corto plazo	13'448,800	24'181,100	3'022,600	377,800	47,200
Dividendos por pagar	--	--	--	--	--
Préstamo largo plazo	53'795,000	202'211,000	176'995,000	150'819,000	135'466,000
Pasivo:	67'243,800	226'393,000	179'958,000	155'196,000	135'513,000
Capital	62'550,000	62'550,000	62'550,000	62'550,000	62'550,000
Utilidades	--	60'733,800	93'630,900	103'699,000	111'497,000
Pasivo + Capital:	\$129'794,000	\$349'676,000	\$336'139,000	\$321'445,000	\$309'560,000

INFORMACION ADICIONAL:

Unidades en inventario	--	--	--	--	--
Precio de producto(x Ton)	--	\$ 175,040	\$ 178,750	\$ 169,420	163,410
Dividendos pagados	--	60'733,800	93'630,900	103'699,000	111'497,000
Máximo financiamiento req.	--	176'689,000	--	--	--
# de préstamos personales	--	10	--	--	--
# de préstamos corto plazo	--	10	--	--	--
# de préstamos largo plazo	--	10	--	--	--
Máximo efvo. total logrado	--	310'203,000	301'698,000	287'486,000	289'554,000
Veces que se otorgan divid.	--	10	10	10	10
Préstamo total obtenido	--	157'903,000	--	--	--
Costo financiamiento	--	28'143,300	28'299,100	22'494,700	19'399,500
# de iteraciones o ciclos = 10					

Rentabilidad de Tipo Interno:

Número de periodos de flujo de efectivo; 5

Flujo de efectivo:

Egresos como valores negativos

Ingresos como valores positivos

Flujo de efectivo por periodo 1	\$ -37!550,000
2	35!733,800
3	93!630,900
4	103!699,000
5	411!497,000

Tasa de rendimiento interno; 62.97%

NOTA: Este análisis económico se consideró con expectativas generales constantes, sin tomar en cuenta los índices inflacionarios, como un primer intento para calcular la TRI.

El costo de producto obtenido, \$175. es comparable al precio por kilogramo de glucosa por mayoreo \$186., según datos del mes de mayo de 1985 (Glucosa, S.A.).

Como puede observarse de los resultados del análisis económico, la inversión a este tipo de empresa es bastante atractiva por los rendimientos que produce, del 62.97%, comparable a los intereses bancarios.

III.12.- Aplicaciones. - Este estudio químico, estadís-

tico y económico realizado para la tuna blanca puede aplicarse - también a las diferentes variedades de tuna, ya que el contenido de azúcares es similar y el tipo de maquinaria y consideraciones generales no varían.

Así como en esta ocasión se consideró a la tuna no solo como fruto sino como un potencial energético, de igual manera se puede extrapolar esta consideración a muchos frutos más de los que existe la facilidad de cultivo en México, y cubrir la demanda nacional de alimentos de esta característica, no solo durante la temporada de cultivo de la tuna, sino también en los períodos de cosecha de otros frutos ricos en azúcares y dejar de depender de esta manera de la producción azucarera de la caña y la remolacha.

Se tiene conocimiento de que existe hoy en día la extracción de aceite comestible de la semilla de tuna, con lo cual se complementarían la utilización de este fruto.

IV.- CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos por el presente trabajo, muestran que es posible encontrar un mejor aprovechamiento de los recursos naturales con que cuenta nuestro país y, de manera paralela, una importante fuente de alimentos energéticos que -- pueden ayudar a satisfacer la gran demanda interna que de ellos se tiene en una población tan grande como la nuestra.

El jarabe cumplió con lo que se propuso inicialmente, tener un producto con alto contenido de azúcares, inoloro, cristalino, libre de impurezas y metales tóxicos y sobre todo a un precio accesible y que presente una agradable perspectiva de inversión.

El jarabe tuvo solamente un inconveniente; el color, ya que no fué inoloro como se deseaba sino que fué ámbar y esto puede influir en el momento de la elección entre dos productos similares.

En base al análisis sensorial, la aceptación del jarabe fué buena, si bien ésta no fué similar a la mostrada por la miel de maíz que se tomó de referencia. Esto último y el color de los jarabes son dos de los aspectos que aun se pueden mejorar en futuros estudios que al respecto se realicen.

Aprovechando que esta explotación de la tuna puede -- realizarse solo durante el segundo semestre del año, cuando es su temporada de cosecha, el equipo destinado para tal fin puede ser utilizado en un proceso similar para otro fruto cuyas características sean similares a esta y su temporada de cosecha sea durante el siguiente semestre del año.

APENDICE A

En cuanto a la curva de calibración, se obtuyeron los valores de correlación respectivos:

y	y ²	x	x ²	xy
0.17	0.0289	25	625	4.25
0.17	0.0289	25	625	4.25
0.37	0.1369	50	2500	18.5
0.37	0.1369	50	2500	18.5
0.56	0.3136	75	5625	42.0
0.565	0.3192	75	5625	42.375
0.76	0.5776	100	10000	76.0
<u>0.765</u>	<u>0.5852</u>	<u>100</u>	<u>10000</u>	<u>76.5</u>
$\Sigma y = 3.73$	$\Sigma y^2 = 2.12725$	$\Sigma x = 500$	$\Sigma x^2 = 37500$	$\Sigma xy = 282.375$

$$(\Sigma y)^2 = 13.913 \quad \bar{y} = 0.46625 \quad (\Sigma x)^2 = 250000 \quad \bar{x} = 62.5$$

$$m = \text{pendiente de la recta} = \frac{\Sigma xy - (\Sigma x)(\Sigma y)/n}{\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2/n}$$

$$m = \frac{282.375 - (500)(3.73)/8}{37500 - 250000/8}$$

$$m = 0.0078$$

$$r = \frac{\Sigma xy - (\Sigma x)(\Sigma y)/n}{(\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2/n)(\Sigma y^2 - (\Sigma y)^2/n)}^{1/2}$$

$$r = \frac{282.375 - (500)(3.73)/8}{((37500 - 250000/8)(2.12725 - 13.9129/8))^{1/2}}$$

$$r = \text{coeficiente de correlación} = 0.999939$$

$$y = \text{ecuación de una recta} = mx + b$$

$$b = \bar{y} - m\bar{x} = \text{ordenada al origen}$$

$$b = 0.46625 - (0.0078)(62.5)$$

$$\underline{b = -0.02625}$$

APENDICE B

f = frecuencia

vf = (valor)(frecuencia)

Análisis del color

Formulación	610110			610111			610112		
Valor	f	vf	v^2f	f	vf	v^2f	f	vf	v^2f
+2	2	4	8	2	4	8	13	26	52
+1	7	7	7	3	3	3	2	2	2
0	9	0	0	7	0	0	4	0	0
-1	3	-3	3	4	-4	4	2	-2	2
-2	0	0	0	5	-10	20	0	0	0
	21	8	18	21	-7	35	21	26	56

$$n_T = (f)(muestras) = (21)(3)$$

$$n_T = 63$$

$$\sigma_{Tot.}^2 = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} = (18 + 35 + 56) - \frac{(8-7+26)^2}{63}$$

$$\sigma_{Tot.} = 97.43$$

$$\sigma_{Form.}^2 = \frac{(x_1)^2 + (x_2)^2 + (x_3)^2}{n} - \frac{(\sum x)^2}{n_T}$$

$$\sigma_{Form.}^2 = \frac{(8)^2 + (-7)^2 + (26)^2}{21} - \frac{(8-7+26)^2}{63}$$

$$\sigma_{Form.} = 26$$

$$\sqrt{V_{\text{Residual}}} = \sqrt{V_{\text{Tot.}}} - \sqrt{V_{\text{Form.}}} = 97.43 - 26$$

$$\sqrt{V_{\text{Residual}}} = 71.43$$

Análisis de varianza.

Se usó un nivel de significancia del 5%, correspondiéndole un intervalo de confianza del 95%.

si se llega a un valor $f_R < f_{\text{tablas}}$, entonces no existe diferencia significativa entre las muestras; pero si $f_R > f_{\text{tablas}}$, hay diferencia significativa y para calcularla se usa el método estadístico de Duncan.

Terminología:

S = desviación estandar

S_{MT} = desviación estandar media de los tratamientos

$M_{SR} = M_{VR}$ = media de los cuadrados

M_{DS} = mínima diferencia significativa.

Los valores f_{tablas} se localizan con los propios grados de libertad residual y de formulación, y los de mínima diferencia significativa 1 y 2 en tablas con los valores obtenidos de grados de libertad y número de formulaciones, que para este último es tres, ya que se tienen tantas muestras de nivel para comparar.

Origen de la variación	Grados de libertad	Varianza	Media varianza (Var, ZG, L,)	$F \left(\frac{M_{YF}}{M_{YF}} \right)$	F tablas
Total	63-1=62	97.43			
Formulación	3-1 = 2	26	13		
Residual	62-2=60	71.43	1.1905	10.92	3.15

10.92 > 3.15, por lo tanto, existe diferencia signifi-
cativa y se aplica el método de Duncan.

$$S_{MT} = \sqrt{\frac{M_{SR}}{n_F}} = \sqrt{\frac{1.1905}{21}}$$

$$S_{MT} = 0.238$$

$$M_{DS1} = (S_{MT})(2.83) = \underline{0.673}$$

$$M_{DS2} = (S_{MT})(2.98) = \underline{0.709}$$

Comparación de formulaciones:

610111 \longleftrightarrow 610110 :

$$\text{Media} + M_{DS1} = 0.33 + 0.673 = 0.343$$

0.343 < 0.38 y por lo tanto existe diferencia entre
610111 y 610110.

610111 \longleftrightarrow 610112 :

$$\text{Media} + M_{DS2} = -0.33 + 0.709 = 0.379$$

0.379 < 1.238 y por lo tanto existe diferencia entre 610111 y 610112.

610110 ↔ 610112 :

$$\text{Media} + M_{DS1} = 0.38 + 0.673 = 1.053$$

1.053 < 1.238 y por lo tanto existe diferencia entre 610110 y 610112

Análisis del sabor

Formulación	610110			610111			610112		
	f	vf	v ² f	f	vf	v ² f	f	vf	v ² f
+2	1	2	4	0	0	0	12	24	48
+1	6	6	6	3	3	3	7	7	7
0	10	0	0	3	0	0	2	0	0
-1	3	-3	3	8	-8	8	0	0	0
-2	1	-2	4	7	-14	28	0	0	0
	21	3	17	21	-19	39	21	31	55

$$n_T = 63$$

$$\sqrt{V_{\text{Tot.}}} = \sqrt{(17 + 39 + 55) - \frac{(3 - 19 + 31)^2}{63}}$$

$$\sqrt{V_{\text{Tot.}}} = 107.4286$$

$$\sqrt{V_{\text{Form.}}} = \sqrt{\frac{(3)^2 + (-19)^2 + (31)^2}{21} - \frac{(3 - 19 + 31)^2}{63}}$$

$$\sqrt{V_{\text{Form.}}} = 59.81$$

$$\sqrt{V_{\text{Residual}}} = 107.4286 - 59.81$$

$$\sqrt{V_{\text{Residual}}} = 47.6186$$

Origen de la Variación	Grados de libertad	Varianza	Media varianza (Var. / G.L.)	$f \left(\frac{M_{Vf}}{M_{Vr}} \right)$	F tablas
Total	62	107.4286			
Formulación	2	59.81	29.905		
Residual	60	47.6186	0.7936	37.68	3.15

37.68 > 3.15, por lo tanto, existe diferencia significativa y se aplica el método de Duncan.

$$S_{MT} = \sqrt{\frac{M_{SR}}{n_F}} = \sqrt{\frac{0.7936}{21}}$$

$$S_{MT} = 0.1944$$

$$M_{DS1} = (0.1944)(2.83)$$

$$M_{DS1} = 0.55$$

$$M_{DS2} = (0.1944)(2.98)$$

$$M_{DS2} = 0.5793$$

Comparación de formulaciones:

$$610111 \longleftrightarrow 610110 :$$

$$\text{Media} + M_{DS1} = 0.9047 + 0.55 = -0.3547$$

-03547 < 0.1428 y por lo tanto existe diferencia entre 610111 y 610110

610110 \longleftrightarrow 610112 :

$$\text{Media} + M_{DS1} = 0.1428 + 0.55 = 0.6928$$

0.6928 < 1.4762 y por lo tanto existe diferencia entre 610110 y 610112

Análisis del olor

Formulación	610110			610111			610112		
	f	vf	v ² f	f	vf	v ² f	f	vf	v ² f
+2	2	4	8	1	2	4	14	28	56
+1	5	5	5	3	3	3	4	4	4
0	9	0	0	3	0	0	1	0	0
-1	4	-4	4	9	-9	9	2	-2	2
-2	1	-2	4	5	-10	20	0	0	0
	21	3	21	21	-14	36	21	30	62

$$n_T = 63$$

$$\sigma_{\text{Tot.}} = (21 + 36 + 62) - \frac{(3 - 14 + 30)^2}{63}$$

$$\sigma_{\text{Tot.}} = 113.27$$

$$\sigma_{\text{Form.}} = \frac{(3)^2 + (-14)^2 + (30)^2}{21} = 5.73$$

$$\sigma_{\text{Form.}} = 46.89$$

$$\sigma_{\text{Residual}} = 113.27 - 46.89$$

$$\sqrt{\text{Residual}} = 66.38$$

Análisis de varianza

Origen de la Variación	Grados de libertad	Varianza	Media varianza (Var./G.L.)	$\frac{M_{Vf}}{M_{Vr}}$	F tablas
Total	62	113.27			
Formulación	2	46.89	23.445		
Residual	60	66.38	1.1065	21.192	3.15

$$S_{MT} = \sqrt{\frac{1.1063}{21}}$$

$$S_{MT} = 0.2295$$

$$M_{DS1} = (0.2295)(2.83)$$

$$M_{DS1} = 0.6494$$

$$M_{DS2} = (0.2295)(2.98)$$

$$M_{DS2} = 0.6839$$

Comparación de formulaciones:

$$\underline{610111} \longleftrightarrow \underline{610110} :$$

$$\text{Media} + M_{DS1} = -0.666 + 0.6449 = 0.172$$

$-0.0172 < 0.1428$ y por lo tanto existe diferencia entre 610111 y 610110

610111 \longleftrightarrow 610112 :

$$\text{Media} + M_{DS2} = -0.666 + 0.6839 + 0.0173$$

$0.0173 < 1.4285$ y por lo tanto existe diferencia entre 610111 y 610112

610110 \longleftrightarrow 610112 :

$$\text{Media} + M_{DS1} = 0.1428 + 0.6494 + 0.7922$$

$0.7922 < 1.4285$ y por lo tanto existe diferencia entre 610110 y 610112

BIBLIOGRAFIA

- 1.- HORAK, Jaroslov and Kotyk. "Isolation of a glucose-binding lipoprotein from yeast Plasma membrane" Eur. J. Biochem. (32) 1973. 36-41. (Eng).
- 2.- McGARVIE, D. and H. Parolis. "Methylation analysis of the mucilage of Opuntia ficus-indica". Carbohydrates Res. 88(20) 1981, 305-14. (Eng).
- 3.- McGARVIE, D. and H. Parolis. "The mucilage of Opuntia ficus-indica". Carbohydrates Res. 69(1) 1979, 171-9 (Eng).
- 4.- SMESTAD, Paulsen Berit and Per Steinar Lund. "Water-soluble polysaccharides of Opuntia ficus-indica. Burbank spineless". Phytochemistry. 18(4) 1979, 569-71. (Eng).
- 5.- "Alternative Sweetener Report" Food Engineering Int. Dec. 1983, p.35.
- 6.- BADUI, Bergel Salvador. Química de los alimentos. México, 1981. Alhambra Mexicana.
- 7.- GLICKSMAN, M. Gum technology in the food industry. New-York, 1969. Academic Press Inc.
- 8.- JACOBS, M.B. The chemical analysis of food and food products. 3ed. New York, 1973. Ed. Krieger.
- 9.- KRAMER, A. and B.A. Twigg. Quality control for the food-industry. 3ed. Vol 1. Westport, Connecticut, 1970

The AVI Publishing Company, Inc.

- 10.- LAWRENCE, A.A. Edible gums and related substances. New-Jersey, 1974. Noyes Data Corporation.
- 11.- MORRISON, T.R. and R.N. Boyd. Organic chemistry. 2ed. -- Boston, 1971. Allyn and Bacon, Inc.
- 12.- Field Detection and Damage Assessment Manual for Oil and Hazardous Material Spills. Environmental Protection Agency. Division of Oil and Hazardous Materials. -- Kenneth E. Biglane, Director. Washington D.C., 1972.
- 13.- The Merck Index an Encyclopedia of Chemical and Drugs. -- 9ed. New Jersey, 1976. Merck and Co., Inc.
- 14.- Normas Internacionales de Calidad Recomendadas para Mieles, Azúcares y Jarabes. Comisión del Codex Alimentarius.
- 15.- Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. William Horwitz, Editor. -- 12ed. Washington, D.C. 1975. Association of official Analytical Chemists.
- 16.- SERRATOS, Pizano María. Tesis: Evaluación preliminar del contenido energético (azúcares) presente en algunas-variedades de tuna. México, FES-C UNAM, 1984.
- 17.- GONZALEZ, Madrigal David. Tesis: Modelo de Simulación para la pre-evaluación económica de proyectos y su aplicación para la pre-evaluación económica del aprovechamiento de los azúcares de la tuna (*Opuntia spp.*). México, FES-C UNAM, 1984.