



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**



**Evaluación de dos procesos para la obtención de miel
del *Agave atrovirens* karw.**

Amalia Vásquez Torres

T E S I S

**Presentado como requisito parcial para
Obtener el Título de:**

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Noviembre de 2009.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE
ALIMENTOS

Evaluación de dos procesos para la obtención de miel
de *Agave Atrovirens* karw.

POR

Amalia Vásquez Torres

TESIS

QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO

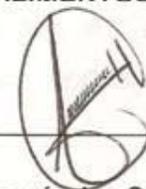
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

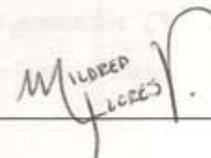
A P R O B A D A P O R:


M.C. María Hernández González.

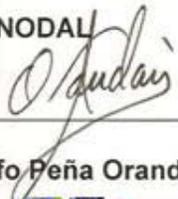
PRESIDENTE DEL JURADO


M.P. Francisco Hernández Centeno.

SINODAL


M.C. Mildred I. M. Flores Verástegui.

SINODAL


Ing. José Rodolfo Peña Oranday

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"



AGRADECIMIENTOS

Le agradezco al dador de vida por darme la capacidad de pensar, crear nuevas ideas y por permitirme estar en esta bella vida. .

A mi majestuosa Alma Terra Mater UAAAN, por permitirme construirme como profesionista.

A la M.C. María Hernández González, por su valiosa asesoría, confianza y apoyo depositado en mí, para la realización de esta investigación.

A la M.C Mildred I. M. Flores Verastegui, porque con su colaboración se logró concluir la investigación.

Al M.P. Francisco Hernández Centeno, por su disponibilidad de tiempo y paciencia en el transcurso de la realización de este trabajo de investigación.

A todos mis profesores del departamento, M.C. Xochitl, Q.F.B. Oscar Noé, M.C. Laura, Dra. Lourdes, Q.F.B Carmen Julia, M.C Carmen Pérez, M.C Heliodoro, Dra. Verónica, M.C Haydeé Yajaira López de la Peña por aportar sus conocimientos y exigencias en mi formación profesional.

A todos mis colegas de ICTA y de la generación CVI mil gracias por los momentos inolvidables que pasamos, por haber formado parte de mis logros, fracasos, alegrías y tristezas.

A la familia Morales Tovar por apoyarme con sus palabras de ánimo.

A los laboratoristas de diferentes departamentos por su ayuda incondicional.

Al Ing. Filiberto Domínguez por sus conocimientos y apoyo financiero para que se concluyera este trabajo de investigación.

DEDICATORIA

Con gran respeto y admiración dedico esta tesis a mis queridos padres:

Sr. Armando Vásquez García.

Sra. María Luisa Torres Vásquez.

A estas personas ilustres que Dios escogió para guiarme en la vida, les agradezco por haberme permitido ver la luz de la vida, por ser unos padres excepcionales, que me dieron todos los valores humanos necesarios para la vida, a pesar de lo que han sacrificado para verme crecer y realizarme como profesional, gracias por su compañía, por sus cuidados y su gran amor.

“Los amo con toda mi alma, siempre están conmigo y yo en ustedes”

A mis queridísimas e inolvidables hermanas, Malena, Tomasa, Paula, Alicia, Virginia, por ser mis mejores amigas en este caminar .

A mis sobrinos, Perla, José Rodrigo, Angel, Raúl, Abimael, Eliseo, Jonh; por darme la diversión en épocas de vacaciones, y porque ustedes forman parte de mi alegría y son mi mayor esperanza.

A mis amigos, Lupita, Lidia, Juanita, Clelis, Anita, Albis, Marina, Claus, Gely, Honorio, Armando, Juanito, Yaz, Bere-nice, Magalidia , Ange, Brenda, Felipe, Sonia , Perla, Martín y a todos que no alcancé a mencionar mil gracias porque con su cariño, amistad y amor me motivaron en mi formación profesional.

Al la Lic. Martha y el Lic. Gersain, por ser unos amigos excepcionales porque con su apoyo moral pude encontrar el camino correcto de mi vida hacia el futuro.

REFLEXIÓN

Un día me imaginé ser profesionalista y

Ahora que lo soy me siento realizada porque sé que la ciencia está en mí y que no tiene fin.

Antagonistas hay muchas pero tú universitario buitre posees la fortaleza del Ingenio.

Abran las puertas a la Madre Tierra que necesita de sus ingenieros

No la abandonemos en la eterna soledad, puesto que es la que nos custodia en este maravilloso universo.

Ingeniero en alimentos soy, con la tenacidad de ser cada día mejor profesionalista.

Con la ética que me dejaron mis educadores para dar lo mejor en el campo profesional.

Tan difícil es llegar a ser un ingeniero, pero es más difícil y triste no serlo.

Ante todo gracias querido Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos.

AMOR A LA VIDA

Por la maravillosa vida que tengo

Es un gozo existir en este bello universo.

Ahora que soy profesionalista

es una responsabilidad con la sociedad, para retribuir lo que me han proporcionado a lo largo de mi formación profesional.

Pero lo más hermoso de la vida es el disfrutar cada instante de mi existencia.

El tiempo es fulminante no aguarda a ninguno por tanto atesora cada momento de tu vida.

Los retos y tropiezos hacen de un individuo una actitud responsable y madura con el valor de seguir adelante.

Autora. Amalia Vásquez Torres

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	ii
DEDICATORIA	iv
REFLEXIÓN.....	v
INDICE DE CUADROS.....	ix
INDICE FIGURAS	x
INDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN	xii
CAPITULO 1	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 2	2
OBJETIVOS.....	2
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	2
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	2
CAPITULO 3.	3
HIPÓTESIS.....	3
CAPITULO 4	4
JUSTIFICACIÓN	4
CAPITULO 5	5
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
5.1 MAGUEY	5
5.1.1 Distribución geográfica a nivel nacional	5
5.1.2 Labores de cultivo del maguey aguamielero	7
5.1.3 Descripción botánica de <i>Agave atrovirens</i> karw.....	8
5.1.4 Taxonomía.....	8
5.1.5 Características del suelo y del clima	9
5.1.6 Explotación del maguey.....	9
5.1.7 Productos que se obtienen del maguey	10
5.2 AGUAMIEL	10
5.2.1 Composición química del aguamiel.....	11

5.2.2	Recolección del aguamiel.....	12
5.2.3	Microbiología del aguamiel.....	14
5.2.4	Métodos de conservación del aguamiel	14
5.2.5	Propiedades nutraceuticas del aguamiel.....	15
5.2.6	Aprovechamiento del aguamiel para la obtención de la miel de agave. ...	15
5.3	MIEL DE AGAVE.....	16
5.3.1.	Comercialización de miel de agave a nivel nacional.....	16
5.3.2	Ventajas al consumir miel de agave.....	17
5.3.3	Características químicas de la miel de agave.....	18
5.3.4	Funcionamiento de la fructosa en el organismo humano.....	20
5.3.5	Los aminoácidos en miel de agave	20
5.4	CLASIFICACIÓN DE LOS AMINOÁCIDOS.....	21
5.4.1	Aminoácidos esenciales	21
5.4.2	Aminoácidos no esenciales	24
5.4.3	Punto de fusión y ebullición de aminoácidos esenciales.....	26
5.4.4	Cuantificación de aminoácidos.....	26
5.5	CONCENTRACIÓN POR TEMPERATURA CONTROLADA	27
5.5.1	Ventajas del sistema de evaporación controlada.....	28
5.6	NORMAS MEXICANAS DE LA MIEL DE AGAVE	28
5.7	INULINA	29
5.7.1	Descomposición de la inulina en hidrólisis.....	31
5.7.2	Uso de la inulina en la industria alimentaria.....	31
CAPITULO 6		32
MATERIALES Y MÉTODOS		32
6.1	Localización del sitio experimental.....	32
6.2	Caracterización del sitio experimental.....	32
6.3	Procedencia de muestra experimental.....	32
6.4	ETAPA 1.- CARACTERIZACIÓN DEL AGUAMIEL	33
6.4 .1	pH	33
6.4.2	Ácidos orgánicos	33
6.4.3	Sólidos solubles totales	34
6.4.4	Azúcares totales	34

6.4.5 Azúcares reductores.....	34
6.4.6 Perfil de aminoácidos	34
6.4.7 Color y luminosidad	35
6.4.8 Densidad.....	35
6.4.9 Viscosidad	36
6.4.10 Análisis microbiológico del aguamiel.....	36
6.5 ETAPA 2.- PROCESOS PARA LA OBTENCIÓN DE MIEL DE AGAVE	37
6.6 TRATAMIENTOS	37
6.7 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	38
CAPITULO 7	39
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
7.1 ETAPA 1:ESTUDIO DE VARIABLES DE INTERÉS RELATIVO AL PROCESO. 39	
7.1.1 Determinación de perfil de aminoácidos en aguamiel.....	43
7.1 .2 Análisis Microbiológico del aguamiel.....	43
7.2 ETAPA 2.- COMPARACIÓN DE LAS VARIABLES OBTENIDAS DE LOS DOS PROCESOS DE CONCENTRACIÓN.....	45
7.2.1 Comparación de aminoácidos en los tratamientos.....	53
CAPITULO 8	58
CONCLUSIONES.....	58
CAPITULO 9	60
RECOMENDACIONES.....	60
CAPITULO 10	61
ANEXOS.....	61
CAPITULO 11	64
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	64

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.1 Especies de Agaves existentes en Oaxaca.	6
Cuadro No.2 Clasificación taxonómica del agave de investigación.	8
Cuadro No.3 Usos del maguey.	10
Cuadro No.4 Características fisicoquímicas de aguamiel	11
Cuadro No. 5 Azúcares totales y acidez en aguamiel.....	12
Cuadro No.6 Cuadro nutrimental del aguamiel.	12
Cuadro No. 7 Información nutrimental de la miel de maguey.....	19
Cuadro No.8 Cantidad de microorganismos permitidos en miel de agave.....	19
Cuadro No. 9 Aminoácidos encontrados en Miel de Agave	21
Cuadro No.10 Punto de fusión y ebullición de aminoácidos esenciales:	26
Cuadro No.11 Propiedades químicas y físicas de la inulina.....	30
Cuadro No.12 Cuadro de tratamientos.....	38
Cuadro No.13 Resultados de caracterización de Aguamiel	39
Cuadro No.14 Resultados de Inulina en Aguamiel.....	42
Cuadro No.15 Aminoácidos presentes en el Aguamiel	43
Cuadro No.16 Resultados de los procesos a vacío, calor.....	45
Cuadro No.17 Resultados determinación de inulina en miel de <i>Agave</i>	52
Cuadro No.18 Aminoácidos presentes en muestra de miel de agave.....	54
Cuadro No.19 Rf de aminoácidos en las muestras.	56
Cuadro No.20 Rf de aminoácidos estándares.....	56

INDICE FIGURAS

Fig.1 Producción de maguey en Oaxaca, México (Martínez,1995).....	5
Fig.2 Aminograma de aguamiel de agave pulquero variedad manzo	27
Fig.3 Actuación de inulina en el cuerpo humano.....	31
Fig.4 Fotografías de microorganismos	44
Fig.5 pH en muestras de miel de agave y aguamiel.....	46
Fig.6 Densidad en miel de agave y aguamiel.....	47
Fig.7 Viscosidad absoluta en miel de agave y aguamiel.....	48
Fig.8 Sólidos solubles totales en miel de agave y aguamiel a temperatura	48
Fig.9 Azúcares totales en miel de agave y aguamiel	49
Fig.10 Diagrama de cromaticidad.....	50
Fig.11 Luminosidad en miel de agave y aguamiel	51
Fig.12 Ácidos orgánicos en miel de agave y aguamiel.....	52
Fig.13 Azúcares reductores en miel de agave y aguamiel.....	53

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza para la variable pH	61
Anexo 2. Análisis de varianza para la variable densidad	61
Anexo 3. Análisis de varianza para la variable viscosidad	61
Anexo 4. Análisis de varianza para la variable azúcares totales.....	62
Anexo 5. Análisis de varianza para la variable brillantez.....	62
Anexo 6. Análisis de varianza para la variable ácido málico	62
Anexo 7. Análisis de varianza para la variable de ácido cítrico.....	62
Anexo 8. Análisis de varianza para la variable de ácido tartárico	63
Anexo 9. Análisis de varianza para la variable inulina (azúcar reductor)	63
Anexo 10. Análisis de varianza para la variable aminoácidos.....	63

PALABRAS CLAVES

Miel de agave, Aguamiel, Aminoácidos, Inulina, Viscosidad, microorganismos.

RESUMEN

El propósito de esta tesis es comprobar que es posible obtener miel de agave sin agregarle azúcares comerciales, porque al concentrar el aguamiel este se determinan azúcares propios del producto, además de conservarse las propiedades químicas del producto y aminoácidos a partir del aguamiel obtenido del *Agave Atrovirens* karw; por tal motivo se utilizaron dos procesos de concentración, a vacío (60° C) y calor (70° C). Las muestras obtenidas y el aguamiel se evaluaron en función a los siguientes parámetros: pH, densidad, azúcares totales, inulina (azúcar reductor fructosa), viscosidad, ácidos orgánicos, color, brillantez y perfil de aminoácidos.

De los tratamientos analizados testigo (aguamiel) y miel de agave concentrada a calor y vacío, fue esta última la que presentó mejores resultados teniendo una densidad de 1.28 g/ml y un contenido de azúcares totales de 78.09g/100g. En relación a la inulina (azúcar reductor) se obtuvo una cantidad de 37.47g/100g; con respecto al contenido de aminoácidos presentó mayor concentración que las demás muestras: Tirosina con 37.83 g/l, Metionina 7.32 g/l y Arginina 5.91 g/l, en viscosidad presentó un valor de 1.47 m.Pas. Presentó mayor brillantez que las demás muestras indicando un valor en luminosidad de 46.19, en relación al contenido de ácidos orgánicos este fue menor con un 3.43 % y en pH 4.73 no existe diferencia entre las mieles obtenidas por los dos procesos.

Respecto al proceso a calor el contenido media ácidos orgánicos en general fue más elevado que en el proceso a vacío con un 4.34%, en relación a los aminoácidos se presentaron dos: La Histidina en concentración de 34.36 g/l y la Arginina con 45.30 g/l.

En los sólidos solubles totales los tratamientos a vacío y calor presentaron la misma cantidad con un valor de 60 °Brix.

En el caso del testigo se obtuvo un pH de 4.30, sólidos solubles totales de 9° Brix, y densidad de 1.03 g/ml, en cuanto al contenido de azúcares totales y de inulina (azúcar reductor) se obtuvieron valores de 50.64 g/100g y 2.25 g/100g respectivamente. Se identificaron dos aminoácidos que son Histidina 0.67 g/l y Valina 0.33 g/l; la densidad de la muestra fue de 0.051 m.Pas, presentando una menor luminosidad del 46.19, los resultados son debido a las propiedades físicas – químicas propias del producto.

En base a los resultados anteriores el proceso de concentrado a vacío es mejor que el proceso concentrado a calor porque los parámetros previamente analizados se mantienen en rangos reportados por diversos autores y empresas del área industria alimentaria, se indica que lograron los objetivos y la hipótesis que se establecieron en este proyecto de tesis, para lo cual se logró establecer las condiciones específicas para el proceso de concentración en cada caso.

El aguamiel como materia prima, aún con la conservación a largo tiempo; cumple con las propiedades químicas establecidas en estudios realizados anteriormente, al momento de concentrarlo a temperaturas altas este cambia sus propiedades físico-químicas, ácidos orgánicos, azúcares totales y reductores, sólidos solubles totales, viscosidad y densidad.

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

García y Mendoza (1995), reportan que México es considerado el centro de origen y biodiversidad del género *Agave*, debido a la variedad taxonómica dentro del territorio mexicano. De las 310 especies reportadas, aproximadamente 272 pueden encontrarse en el país.

Ramirez y Gentri (1982), determinan que los magueyes productores de aguamiel en el Valle de México son: *Agave teometl* Zucc., *A. weberi* Cels, *A. altísima* Jacobi, *A. compliata* Trel, *A. gracillispina* Englem, *A. malliflua* Trel, *A. quitifera* Trel, *A. crassispinga* Trel, *A. mapisaga* Trel, *A. Atrovirens* karw, *A. Salmiana* Otto ex Salm.

Existe la necesidad de rescatar el 3 líquido que se obtiene del maguey, porque en tiempos atrás formó parte importante para los prehispánicos, lo cual lo ocupaban como endulzante en bebidas típicas; en estos tiempos el aguamiel se ha venido desaprovechando porque se consume de manera principal como pulque, mismo que a pesar de ser una bebida balanceada que contiene los niveles vitamínicos y energéticos que necesita el ser humano; presenta riesgos de provocar enfermedades crónico - degenerativas, por lo tanto se opta obtener miel de agave en lugar de producto fermentado, la cual es rica en inulina (fructosa).

Debido a lo anterior se llevó a cabo la caracterización fisicoquímica del aguamiel y la valoración de dos procesos para la obtención del mismo a partir de aguamiel del *Agave Atrovirens* Karw.

CAPITULO 2

OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Obtener un producto alimenticio funcional a partir del aguamiel (*Agave atrovirens* karw) con alto contenido de inulina (azúcar reductor), comparando concentración a vacío y calor, tratando de mantener al máximo el contenido de aminoácidos presentes en la muestra original.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar la flora microbiana presente en el aguamiel.
- Identificar los compuestos constitutivos del aguamiel.
- Diseñar un proceso de elaboración de miel de agave considerando los componentes de la materia prima.
- Comparar los cambios en los componentes de la miel de agave después de aplicar los dos procesos de elaboración.

CAPITULO 3.

HIPÓTESIS

El uso de la metodología de evaporación a vacío en el proceso de obtención de miel de agave permite conservar los principales componentes nutritivos del aguamiel, de manera más adecuada que con la evaporación por aplicación directa de calor.

CAPITULO 4

JUSTIFICACIÓN

Narro (2007), reporta que en el ámbito nacional el consumo de pulque, a diferencia de otras bebidas alcohólicas, aparece como característica común entre las entidades federativas con las tasas de mortalidad más elevadas de cirrosis hepática, a pesar de la disminución progresiva de su consumo.

Por otra parte casi 50 millones de mexicanos tienen problemas de obesidad y más de 11 millones presentan cuadros diabéticos. Para ambos grupos la miel de agave puede ser una opción, porque contiene inulina que participa en la generación de insulina (hormona pancreática que regula la cantidad de glucosa en la sangre).

Por la problemática de la cirrosis hepática, la obesidad y la diabetes a nivel nacional y mundial se establece este proyecto de tesis para mejorar las condiciones de salud de los propensos a sufrir la obesidad y la diabetes. En este trabajo de tesis se pretende concentrar el aguamiel bajo dos procesos de evaporación a vacío y calor en diferentes temperaturas, con la intención de realizar un comparativo de propiedades químicas y físicas. Además; la miel de agave es útil para los diabéticos por su alto contenido de oligofructosa, lo que al consumir la miel de agave hará un fácil gasto de energía evitando concentrar azúcares en la sangre.

CAPITULO 5

REVISIÓN DE LITERATURA

5.1 MAGUEY

Nobel (1998), comenta que *Agave* significa noble (griego), fue descrito por primera vez por el botánico sueco, Carlos Linneo en 1753, en donde nombró a la primera especie *Agave Americana*. Determinando que el *Agave* es el género más importante en la familia monocotiledónea Agavácea y existen 136 especies.

5.1.1 Distribución geográfica a nivel nacional

Loyola en 1956, determinó que las especies de magueyes productoras de aguamiel, se ubican desde el extremo meridional del Distrito Federal y Estado de México, Puebla (el eje volcánico), hasta las llanuras de San Luis Potosí y Saltillo, Perote y Teziutlán por el Oriente, hasta Zitácuaro y Morelia por el occidente; a continuación en la Fig.1 muestra la producción de maguey en los distritos del Estado de Oaxaca, el cuadro No.1 indica las especies de magueyes en los distrito señalados.

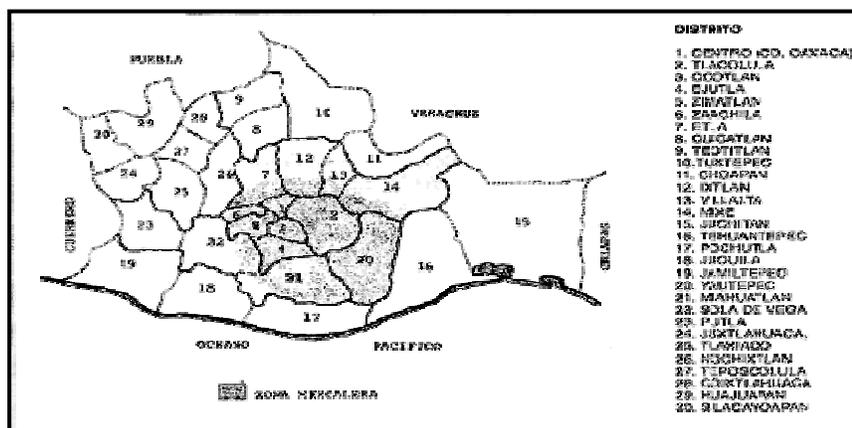


Fig. 1. Producción de maguey en Oaxaca, México (Martínez,1995).

Cuadro No 1. Especies de Agaves existentes en Oaxaca.

Nombre	Nombre común	Distrito territorial
<i>A. potatorum</i> Zucc	Maguey Papalomé	1,2,5,6,7,8,9,12,13,14,16,17,20,21,22,26,27,28,29.
<i>A. angustifolia</i> Haw.	M. espadín	1, 2,3,4,5,6,7,8,15.
<i>A. angustiarum</i> Trel	M. rabo de león.	2,8,9,20,22,24,27,29.
<i>A. angustifolia rubescens</i> (Gentry)	M. espadilla	4,7,8,15,16,22.
<i>A. kerchovei</i> Lem	M. jabalí	2,9,13,22,25,27,29.
<i>A. americana</i> L. var. <i>Americana</i>	M. arroqueño	2,3,4,12,13,26,29.
<i>A. rodacantha</i> Trel	M. mexicano	2,3,5,7,16,22,29.
<i>A. karwinskii</i> Zucc.	M. cirial	1,2,3,5,9,12.
<i>A. salmiana</i> Otto ex. <i>Salmiana</i>	M. cimarrón	2,7,8,24,26,27
<i>A. atrovirens</i> Karv ex. <i>Salm.</i>	M. de la montaña	1,2,12,21,28.
<i>A. marmorata</i> Roezl	M. de caballo	2,3,20,29.
<i>A. ghiesbreghtii</i> Lem ex. <i>Jacobi</i>	M. jabalí	2^21.
<i>A. americana</i> L. var. <i>Oaxacensis</i>	M. blanco	1,2,3,4.
<i>A. salmiana</i> var. <i>Ferox</i>	M. del valle	26,29.
<i>A. seemanniana</i> <i>Jacobi</i>	M. bilía	21,22.
<i>A. angustifolia</i> Haw var. <i>Marginata</i>	M. pinto	29.
<i>A. stricta</i> Salm-Dick	M. sotolín	29
<i>A. tequilana</i> Weber	M. azul	20.
<i>A. guiengola</i> Gentry	M. de la piedra	16.
<i>A. seemanniana</i> <i>Jacobi</i> x <i>potatorum</i>	M. bilía	2

Fuente: Martínez, 1995.

5.1.2 Labores de cultivo del maguey aguamielero

Loyola (1956), determinó la forma de realizar las labores de cultivo del maguey; indicando que para obtención de aguamiel habitualmente son magueyes cultivados. Existe poca explotación de los magueyes silvestres, por lo que su volumen es insignificante dentro de la industria alimentaria. La multiplicación del maguey se obtiene mediante la utilización de los hijuelos o mecuates, que se producen a grandes cantidades.

La técnica más utilizada para la propagación del cultivo es la siembra de los hijuelos, método que tiene dos variantes: Cultivo de las plantas en vivero antes de la plantación definitiva y una plantación directa definitiva.

En la primera situación que es poco frecuente, plantas de cinco a seis meses de vida, con medio metro de altura, se siembran a una distancia de 1 a 2 metros. Esta planta permanece en el vivero tres años aproximadamente, hasta alcanzar la altura conveniente (un metro aproximadamente) de igual modo con las condiciones requeridas para su trasplante.

La segunda situación es más común, el maguey para plantar no recibe el cultivo de almácigo descrito, sino que permanece junto a la planta grande durante el tiempo suficiente (dos o cuatro años) hasta alcanzar la altura de 1 metro, son las condiciones requeridas por el agricultor. Tiempo después el agricultor lo arranca, limpia, desbaba, poda, y lo deja al campo a la intemperie durante algunas semanas, con el propósito de que se escurra. El objetivo de escurrir y podar, es para que la planta pierda peso para que sea más fácil su transporte.

5.1.3 Descripción botánica de *Agave Atrovirens* karw

Conzatti en 1980, describió el *Agave atrovirens* karw, maguey de hojas verdes, gruesas, ascendentes en las puntas, de 2 a 2 ½ metro de largo. Terminaciones con espinas de color gris. Es la principal fuente de industrias pulqueras, oriundo de Puebla y Oaxaca.

5.1.4 Taxonomía

Bautista (2006), determina la clasificación taxonómicamente del maguey de estudio en el cuadro No.2, esta determinación es de acuerdo a C.I.N.B (Código Internacional de Nomenclatura Botánica).

Cuadro No.2 Clasificación taxonómica del agave de investigación.

Reino	Vegetal
División	Fanerógamas
Subdivisión	Angiospermas
Clase	Monocotiledóneas
Sub- clase	Angiospermas
Orden	Iridíneas
Familia	Amarilidáceas
Subfamilia	Agavoidea
Genero	<i>Agave</i>
Especie	<i>atrovirens</i> karw

Fuente: Bautista, 2006.

5.1.5 Características del suelo y del clima

Loyola (1956), reportó que la gran parte de la República Mexicana, por sus condiciones geográficas es muy apropiada para el crecimiento del maguey, porque requiere de condiciones poco lluviosas y suelo seco, características meteorológicas adecuadas para el crecimiento del maguey.

Payno (1990), indica que el maguey de estudio crece entre 2000 y 2400 msnm en zonas semiáridas del altiplano central y regiones aledañas, con temperaturas templadas y frías, suelos resacos y duros; de composición arcillosa.

5.1.6 Explotación del maguey

Loyola (1956) menciona que en México existen 170 especies de magueyes y en la región de Apam, Estado de México, la zona pulquera por excelencia, se cultivan 33 y solo tres pueden considerarse como pulqueras. Los nombres populares de las especies o variedades de maguey más conocidas y cultivadas son: manso, penca larga, cimarrón, chalqueño, ayoteco, cenizo, carrizo o carricillo, mano larga, poblano, mexicano, criollo, santaneco, chichimeco, muthá, xamini, sálate, xilomen.

5.1.7 Productos que se obtienen del maguey

En el cuadro No. 3 se enlistan los usos que se brindan a los productos obtenidos del maguey.

Cuadro No 3. Usos del maguey.

Usos	Productos obtenidos
Tejido y vestuario	Hilos para: costales, bolsas, manta, telas, tapetes, mecates, morrales, lazos, sandalias, huipiles, cinchos, hamacas, petates, pencas para tortillas.
Doméstico	Cepillos, escobas, canastas, clavos, recipiente para comida, recipiente para agua y como cubierta para barbacoa.
Alimentación	Aguamiel, jarabe, pulque, miel, vinagre, aguardiente, mezcal, atole, gusano blanco, saborizantes, condimentos, mezcal.
Ornato	Adornos navideños, fibras para arcos florales y sonajas.

Fuente: Campos , 2002.

5.2 AGUAMIEL

Flores (1995), define el aguamiel como un fluido obtenido del agave, en donde este líquido se produce en las plantas adultas y se obtiene en la etapa previa a la floración. El jugo se acumula en la parte baja de la planta. Este fluido es rico en carbohidratos como inulina, sacarosa y fructosa, además contiene pequeñas cantidades de aminoácidos y vitaminas.

5.2.1 Composición química del aguamiel

Campos (2002), comenta que el aguamiel presenta un pH promedio cercano a la neutralidad (6.8) con un porcentaje de humedad elevado (86%) y una proporción de sólidos solubles de 10.85 °Brix. En el cuadro No.4 se indican las características físicas y químicas del aguamiel de diversas variedades y en el cuadro No. 5 se indica su contenido de sacarosa y acidez, en el cuadro No. 6 se indica el contenido nutrimental del aguamiel.

Cuadro No. 4 Características fisicoquímicas de aguamiel de diferentes variedades.

Componentes de aguamiel	Variedades		
	Manzo	Cenizo	Amarillo
Densidad (g.L ⁻¹)	1.298	1.268	1.231
pH	6.3	6.4	6.6
Índice de refracción	1.352	1.353	1.365
Sólidos solubles (°Brix)	11.44	11.01	12.67
Acidez (%)	1.65	1.41	1.47
Humedad (%)	87.0	87.9	86.0
Proteínas (g.L ⁻¹)	3.41	3.11	2.49
Cenizas (g)	0.534	0.413	0.480
Azúcares reductores(g.L ⁻¹)	1.637	1.973	1.069
Glucosa (mg.L ⁻¹)	2.310	3.12	2.5
Fructosa (mg.L ⁻¹)	4.703	4.928	4.5

0.5 % error experimental
Fuente: Flores, 2007.

Cuadro No. 5 Azucares totales y acidez en aguamiel

Características y componentes	Secretaría de Industria y Fomento Agropecuario.
Azucares totales g/l	9.45
Acidez %	1.04

Fuente: Loyola, 1950.

Cuadro No.6 Cuadro nutrimental del aguamiel.

Propiedades	Porcentaje
Proteínas %	0.3
Cenizas %	0.4
Calcio %	20
Fosforo %	9.0
Tiamina %	0.02
Riblofavina	0.04
Niacina (mg%)	0.4
Vitamina C (mg%)	6.7

Fuente: Macedo, 1950.

5.2.2 Recolección del aguamiel

Bucasov (1981), recomendó la forma de recolectar aguamiel, argumentando que cuando la planta llega a su madurez, comienza a engrosarse el meristemo floral, anunciando la formación del vástago florífero. Esto ocurre según los informantes, en un tiempo que va de cinco a siete años, lo que parece condicionado por la calidad del terreno y a las condiciones climáticas. El operador se coloca frente a la

planta, haciéndose un camino, despejando las hojas que rodea el meristemo, se corta en unos 30 o 40 centímetros del suelo, de manera que permita acercarse sin herirse. Continúa partiendo y aproximándose a las hojas centrales, más tiernas e inmediatas al ápice vegetativo.

Una vez alcanzado el centro se corta el meristemo, con una barreta hace una cavidad en el centro de la planta, en la que se acumulará la savia.

La protegen cubriéndola con una piedra o un pedazo de hoja de la misma planta, con la finalidad de conservar la humedad del depósito e impedir que los animales domésticos, abejas insectos o pájaros, sean atraídos y vengán a catarse en el líquido.

Diariamente se retira la savia producida por la planta, que es llamada “aguamiel”, para lo cual se raspa el fondo de la cavidad, para el raspado se utiliza un objeto áspero, con bordes afilados que van profundizando la cavidad. A medida que avanza la madurez, aumenta el contenido de almidón y azúcares, mejorando el sabor. En México la operación que permite obtener el aguamiel se realiza en los meses de primavera y verano, en periodo de lluvias se reduce el contenido de azúcares, mientras que en verano se concentra.

Buscasov (1980), determina las cantidades de producción diaria que es de 4 a 5 litros, en un período de recolección de 4 a 5 meses. Citando a diversos autores registra una producción que puede ir desde 200 hasta más de 500 litros de aguamiel por pié, lo que resulta coherente porque aplicando los parámetros máximos de recolección diaria (5 litros) y de periodo de recolección (150 días) la producción podría alcanzar un máximo de 750 litros.

5.2.3 Microbiología del aguamiel

Cervantes (2007), reportó la existencia de levaduras, *Leuconostoc*, bacilos Gram positivos y cocobacilos Gram negativos en aguamiel aislados por fases sucesivas. Respecto a las morfologías macroscópicas, las colonias para cada género presentan tres formas características, las primeras colonias de color blanco, cremosas, de borde regular y gran tamaño; el segundo grupo formado por colonias pequeñas, puntiformes y traslucidas. El último grupo crece en forma de colonias grandes mucoides semitransparentes.

Payno (1990), indica que en la fermentación se va presentando cierta acidez, lo que favorece el desarrollo de las levaduras y no de las bacterias. La transformación ocurre por etapas: Primero actúan las bacterias productoras de ácido láctico (*Leuconostoc*) luego las levaduras (*Sacharomyces cereviciae*, *Pichia*) intervienen, después otros microorganismos que estimulan la viscosidad (*Acidificans longisimus*) y la producción de ácido acético (*Bacterium acetii*), finalmente los que promueven las sustancias nitrogenadas.

5.2.4 Métodos de conservación del aguamiel

Bautista (2006), establece que el sorbato de potasio se utiliza como conservante químico para el aguamiel, la razón de usar este conservante es porque tiene principalmente efecto antimicótico y tiene poca actividad antibacteriana. Aunque muchas veces se obtienen productos solo sometiendo a medios físicos, como el tratamiento térmico para el almacenamiento, pero no todos los productos soportan un tratamiento térmico o no son suficientes como para eliminar microorganismos presentes que influyen en el tiempo de conservación.

5.2.5 Propiedades nutraceuticas del aguamiel

Abundis (2007), indica que el aguamiel es considerado como producto nutraceutico, por su alto contenido de inulina, mismo que incluye ingredientes con funciones nutricionales en su formulación, lo cual confiere un efecto benéfico sobre la salud del consumidor.

También los oligosacáridos han destacado porque son capaces de aumentar la absorción de calcio o de reducir el colesterol; propiedades que dependen de sus características estructurales. Por otro lado, el concepto de que el uso de determinados alimentos o sus componentes pueden influenciar características fisiológicas del tracto gastrointestinal y tener efectos sistémicos beneficiosos para el individuo ha despertado mucho interés, especialmente aquellos relacionados con los efectos prebióticos (nutrientes de bacterias que colonizan el intestino grueso y que promueven la salud). En el caso del maguey pulquero, se tiene completo este beneficio ya que se cuenta con el prebiótico de una gran importancia en la actualidad, que es la inulina que alimenta a los prebióticos presentes en el pulque, potencializando beneficios a la salud al consumir el producto.

5.2.6 Aprovechamiento del aguamiel para la obtención de la miel de agave.

Madrigal y Sangronis (2008), en sus estudios de investigación, encontraron que varios vegetales como el maguey contienen fructooligosacáridos (FOS) que es un polímero de reserva energética. La inulina es el FOS más difundido, produciendo al hidrolizarse, además de fructosa, glucosa (5 a 6%); la cual se encuentra en los extremos de la cadena. Las propiedades fisicoquímicas y biológicas de estos componentes son tales que sus implicaciones trascienden su naturaleza como fibra dietética y son de suma importancia en la salud humana. El aumento de las

defensas se debe a las capacidades inmunomodulatorias de las bacterias lácticas que crecen a expensas de los fructanos, es decir está implícito en la acción simbiótica. Debido a su proceso fermentativo, ellos pueden afectar el epitelio intestinal favoreciendo el desarrollo de la mucosa y aumentando la resistencia a las enfermedades intestinales por un mecanismo de barrera, Siendo el tratamiento de corto tiempo basado en la ingesta de FOS y *Bífidobacterias* una de las mejores terapias para la inflamación asociada a la colitis ulcerativa activa.

5.3 MIEL DE AGAVE

Ramírez y Gentry (1982), definen la miel de agave como un carbohidrato simple, color ámbar, también conocido como el azúcar de las frutas que es más soluble y ligera que el azúcar de mesa proveniente de la caña procesada, apariencia viscosa igual a la miel de abeja para ser determinada como miel.

Hernández (2008), señala que los aztecas empleaban la mayor parte del aguamiel que producían para fabricar el néctar del Maguey (miel de agave) ya que también era utilizado como remedio energético y de curación para varias enfermedades, pero ante la llegada de los españoles, la miel de agave fue sustituida por el azúcar de caña y en la época colonial la explotación del maguey se redujo a la producción de pulque.

5.3.1. Comercialización de miel de agave a nivel nacional

Fregoso (2009), comenta que la miel de agave contiene minerales, hierro, calcio, fósforo y magnesio, así como fibras que favorecen la flora intestinal. La miel de agave es una especie de melaza obtenida del agave azul (*A. tequilana* weber) que se comercializa en Estados Unidos y Canadá, no así en México. Su desventaja frente a otros endulzantes es el precio, pues un frasco de 250 mililitros cuesta unos

35 pesos, mientras una botella similar de miel de maple, maíz o de abeja fluctúa entre 15 y 28 pesos.

La producción de miel también aliviará los problemas de sobreproducción y bajo precio del agave. En 2007 se construyeron cuatro plantas productoras: tres en Jalisco (Tepatitlán, Cuquío y Jiquilpan) y una en Michoacán, que captarán hasta el 25 por ciento de la producción en la zona de denominación de origen para el agave azul (*A. tequilana* weber), prevista en un millón 137 mil 400 kilos, pero el mercado tequilero demandará sólo 782 mil. El gobierno federal destinó 48 millones 800 mil pesos para las plantas de Jalisco y 17 millones para la de Michoacán, que en conjunto podrían producir unas 20 toneladas diarias de miel de agave y la inulina (sustancia que permite el desarrollo de una flora de *bifidobacterias* y *lactobacillus* utilizada en productos dietéticos).

Sosa (2006), reportó que hace aproximadamente una década se encareció la materia prima, el mercado se ha reactivado desde 2004 y ahora se descubre que existe una gran oportunidad para colocar el producto a nivel internacional". En 2004 el consumo de miel fue de mil 400 toneladas en México y para el extranjero mil 200 más fueron comercializadas. Desde entonces, el mercado ha mostrado un crecimiento del 30 por ciento anual, por lo que se estima que para el año 2010 se producirán 30 mil toneladas. "En el mejor de los escenarios, si el 10 por ciento de la población consumiera la miel de agave, se venderían 63 mil toneladas en un año".

5.3.2 Ventajas al consumir miel de agave

Hernández (2008), enumera los beneficios que aporta la miel de agave.

1. Es 25% más dulce que el azúcar de mesa.
2. Resalta los sabores naturales de los alimentos.
3. No se cristaliza aún en bajas temperaturas.

4. Soluble en cualquier alimento o bebida.
5. Producto natural y sin ningún agente químico o extraño.
6. Evita el crecimiento de microorganismos por su alto índice osmótico.
7. Mantiene una frescura y humedad por más tiempo dadas a sus características higroscópicas.
8. Puede almacenarse hasta por dos años a temperaturas de 5°C a 35°C.

5.3.3 Características químicas de la miel de agave

Hernández (2008), establece que el néctar de maguey tiene alto contenido de fructosa, su índice glicémico es de 33, dato proporcionado por “Glicemic Index Laboratories” de Toronto Canadá, contiene Fructoligosacaridos, (FOS, Fibra Dietética Soluble) que mejoran el sistema digestivo y la capacidad de eliminación de grasas y toxinas que dañan al cuerpo humano. Estimulante del crecimiento de la flora intestinal (prebiótico), lo cual ayuda a personas con gastritis,

Además contiene Vitamina A, B, B2, C, Hierro, Niacina, fósforo y proteínas, tiene la función de inhibir el crecimiento de bacterias patógenas (*E.Coli*, *Listeria*, *Shigella*, *Salmonella*). Disminuye los niveles de colesterol y triglicéridos, mejorando la metabolización de toxinas en el cuerpo. La niacina que contiene, permite que limpie, drene y desintoxique, venas y arterias. Aumenta la absorción del calcio y del magnesio, siendo un auxiliar en la prevención de osteoporosis. Facilita la motilidad intestinal, y se recomienda a las personas con estreñimiento, el cuadro No.7 nos informa el contenido nutrimental de miel de agave y en el cuadro No. 8 se indican los microorganismos permitidos en la miel de agave.

Cuadro No. 7 Información nutrimental de la miel de maguey.

Componentes	Ración de 100 gr.
Humedad	24-26%
Energía	45 Kcal.
Carbohidratos totales	99.9g
Fructosa	71.8 -72.5g
*Inulina	0.67 g
Potasio	9.05mg.
Calcio	8.33mg.
Magnesio	6.52mg.
Proteína	0.50mg.
Grasas	0.00mg
Sólidos solubles totales	60-70 °Brix
pH	4.0- 4.5
*Densidad	1.38 g/ml

Fuente: Empresa Pointer, 2000. * Empresa Madyava, 2008 .

Cuadro No. 8 Cantidad de microorganismos permitidos en la Miel de Agave (NMX).

Microbiología	
Hongos y levaduras	-10CFU/g
Bacillus cereus	Ausente en 1 g
Staphylococcus aureus	Ausente en 1 g
Salmonella	Ausente en 25g
Coliformes	Negativo
Mesofilicos	Máximo 100 UFC

Fuente: Empresa Pointer, 2000.

5.3.4 Funcionamiento de la fructosa en el organismo humano

Frangner (1990), indica que la fructosa está presente en las reservas de las piñas del agave, además es un prebiótico o ingrediente alimenticio no digerible que estimula selectivamente el crecimiento y/o actividad de bacterias del colon.

Padilla (1996), determina que en el metabolismo la fructosa tiene dos características reconocidas:

a.- Se metaboliza en el hígado y en el riñón del organismo humano a través del ciclo de glicolisis.

b.- Los productos finales del metabolismo de la fructosa en la célula hepática son: glucosa, glucógeno, lactato, triglicéridos, y CO₂.

La glucosa sintetizada a partir de fructuosa después de ingestión de la misma, no es en adición a la glucosa endógena presente en el estado basal, sino que la fructuosa tiene un efecto importante de reemplazo de la glucosa, seis horas después de la ingestión de fructuosa, aproximadamente el 50% de las dos cargas de fructosa se transformaron en glucosa y el 60% es utilizada para proveer energía (oxidación). El bajo efecto hiper - glicémico se debe a la baja conversión de fructosa a glucosa.

5.3.5 Los aminoácidos en miel de agave

Morales (2006), indica que la composición de aminoácidos es esencial para calcular la cantidad y calidad de proteína cuando se ingiere sola o como parte de

la dieta. En el cuadro No.9 se muestran los aminoácidos y cantidades que suelen presentarse en miel de agave.

Cuadro No. 9 Aminoácidos encontrados en Miel de Agave

Aminoácidos en miel de maguey	100gr
Triptófano	0.217mg
Alanina	0.136mg.
Lisina	0.621mg
Valina	0.459mg
Histidina	0.322mg
Metionina	0.119mg
Arginina	0.644mg
Isoleucina	0.290mg
Leucina	0.263mg
Tiroxina	0.572mg
Serina	1.030mg
Prolina	0.290mg
Fenil-Alanina	2.128mg
Acido Asparítico	1.370mg
Acido Glutámico	1.088mg

Fuente: Empresa Sangre Azteca (2007).

5.4 CLASIFICACIÓN DE LOS AMINOÁCIDOS

5.4.1 Aminoácidos esenciales

Son aquellos aminoácidos que el ser humano por si no puede sintetizar, esto implica la ingesta directa a través de la dieta.

A continuación se indican los aminoácidos esenciales en adultos y niños, mes adelante se describe la función de cada aminoácido esencial.

- Adultos.- Valina, Isoleucina, Leucina, Fenilalanina, Triptófano, Treonina, Metionina, Lisina.
- Niños.- Histidina, Arginina.

Bradford (1998), describe las funciones que tiene cada aminoácido esencial en el cuerpo humano.

Valina

La Valina es un aminoácido hidrofóbico de cadena alifática. Es considerado como un aminoácido esencial. Tiene un efecto de estimular el crecimiento y reparación de los tejidos, el mantenimiento de diversos sistemas y balance de nitrógeno.

Isoleucina

Junto con la L-Leucina y la Hormona del Crecimiento intervienen en la formación y reparación del tejido muscular.

Leucina

Junto con la L-Isoleucina y la Hormona del Crecimiento (HGH) interviene con la formación y reparación del tejido muscular.

Fenilalanina

La fenilalanina es un aminoácido que tiene la habilidad única de bloquear ciertas enzimas, como las encefalinasas en el sistema nervioso central, que por lo normal se encargan de degradar las hormonas naturales parecidas a la morfina, es efectivo como tratamiento para el dolor de espalda baja, dolores menstruales, migrañas y dolores musculares.

Triptófano

Aminoácido aromático. Es útil para la reducción del dolor. Las variedades de dolor que pueden responder son ciertos dolores de cabeza, dental y el dolor asociado con el cáncer, efectivo en la depresión, apoya en la viabilidad espermática humana.

Treonina

Junto con la L-Metionina y el ácido L- Aspártico ayuda al hígado en las funciones de desintoxicación.

Metionina

Este aminoácido colabora en la síntesis de proteínas y determina el porcentaje de alimento que va a utilizarse a nivel celular.

Arginina

La Arginina es un aminoácido no esencial para los humanos adultos ya que se sintetiza a partir de la L-glutamina. La arginina Interviene en el mantenimiento del equilibrio de nitrógeno y de dióxido de carbono. También está implicada en la producción de hormona de crecimiento, relacionada con el crecimiento de los tejidos y músculos y en el mantenimiento y reparación del sistema nervioso.

Histidina

En el humano adulto la saturación de Histidina produce alteraciones cuando ésta se prolonga en el tiempo, por lo tanto es no esencial. En niños es necesario el aporte por alimentación. Se encuentra abundantemente en la hemoglobina; se ha utilizado en el tratamiento de artritis reumatoide, enfermedades alérgicas, úlceras y anemia. Su deficiencia puede causar problemas en la audición. En combinación con la hormona de crecimiento y otros aminoácidos, contribuye a la reparación de los tejidos, especialmente en el sistema cardiovascular

Lisina

Aminoácido necesario para la construcción de proteínas, útil para crecer, sanar y mantener las funciones corporales normales del cuerpo y el desarrollo sano del músculo, interviene en la formación de carnitina.

5.4.2 Aminoácidos no esenciales

Aminoácidos que el cuerpo humano es capaz de sintetizar para mantener el metabolismo. Los aminoácidos no esenciales en el cuerpo humano son: Glicina, Alanina, Prolina, Tirosina, Serina, Ácido aspártico, Ácido glutámico, Asparagina, Glutamina, Cisteína.

A continuación se menciona la función que tiene cada aminoácido no esencial en el organismo, descrito por Velásquez (2008).

Glicina

En combinación con muchos otros aminoácidos, es un componente de numerosos tejidos del organismo, tiene una función neurotransmisora.

Alanina

Interviene en el metabolismo de la glucosa. La glucosa es un carbohidrato simple que el organismo utiliza como fuente de energía.

Prolina

Está involucrada también en la producción de colágeno y tiene gran importancia en la reparación y mantenimiento del músculo y huesos.

Tirosina

Se sintetiza por medio de la degradación de la fenilalanina, a través de la acción de la Fenilalanina - hidroxilasa. La tirosina actúa como neurotransmisor. Está relacionado con la síntesis de las catecolaminas en el cerebro, células cromafines (de la glándula suprarrenal) y en los nervios y ganglios del sistema simpático

Serina

Junto con algunos aminoácidos mencionados, interviene en la desintoxicación del organismo, crecimiento muscular, y metabolismo de grasas y ácidos grasos.

Ácido aspártico

Es muy importante para la desintoxicación del Hígado y su correcto funcionamiento. El ácido L- Aspártico se combina con otros aminoácidos formando moléculas capaces de absorber toxinas del torrente sanguíneo.

Ácido glutámico

Tiene gran importancia en el funcionamiento del Sistema Nervioso Central y actúa como estimulante del sistema inmunológico.

Asparagina

Interviene específicamente en los procesos metabólicos del Sistema Nervioso Central (SNC).

Glutamina

Nutriente cerebral e interviene específicamente en la utilización de la glucosa por el cerebro.

Cisteína

Junto con la L-Cistina, la L-Cisteina está implicada en la desintoxicación, principalmente como antagonista de los radicales libres. También contribuye a mantener la salud de los cabellos por su elevado contenido de azufre.

5.4.3 Punto de fusión y ebullición de aminoácidos esenciales.

En el cuadro No.10 se indican los puntos de fusión y ebullición de aminoácidos encontrados en aguamiel del *Agave atrovirens* karw.

Cuadro No. 10 Punto de fusión y ebullición de aminoácidos esenciales:

Aminoácidos	Punto de fusión	Punto de ebullición
Fenilalanina	270°C – 275°C	100°C
Triptófano	n/d	289°C
Valina	58°C-62°C	93°C
Metionina	281°C	60°C
Arginina	244°C	n/d
Histidina	282°C	144°C
Lisina	283°C	212°C-214°C
Isoleucina	283,85 °C	-273,15 °C
Leucina	292,85 °C	-273,15 °C
Treonina	200 °C	n/d

Fuente: Reglamento (CE) 1907/2006.

5.5.4 Cuantificación de aminoácidos

Simpon y Col (1976), establecen que los procedimientos más utilizados son el analítico que determinan la composición química precisa de aminoácidos o péptidos con una hidrólisis simple.

En la fig. 2 se observa el porcentaje de los aminoácidos encontrados en aguamiel proveniente de agave manso. El aminoácido que está presente en mayor proporción es el aspártico, le sigue el glutámico. Los aminoácidos como lisina y metionina + cisteína se encuentran en proporción considerable. Esto hace al aguamiel un producto que se pudiera utilizar no solamente para un proceso de fermentación sino para la elaboración de otros productos.

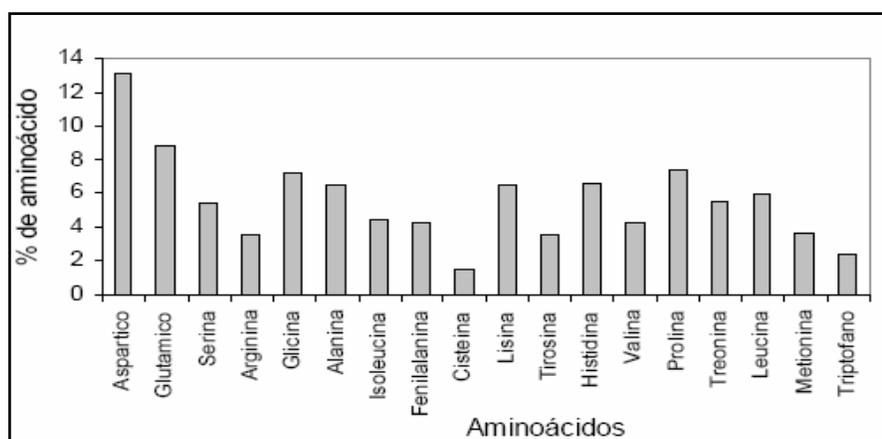


Fig. 2 Aminograma de aguamiel de agave pulquero variedad manzo, datos obtenidos de estudios de investigación de Flores (2007).

5.5 CONCENTRACIÓN POR TEMPERATURA CONTROLADA

Fennema (2000), establece que las proteínas se desnaturalizan al exponerse en tratamientos térmicos moderados (60 - 90°C) en un tiempo de 1 hora.

5.5.1 Ventajas del sistema de evaporación controlada

Por la necesidad de mantener los aminoácidos y propiedades naturales de los productos alimenticios, Fennema (2000), establece las ventajas que existe en el sistema evaporación controlada.

1. La desnaturalización de las proteínas ayudan a mejorar la digestibilidad y la disponibilidad biológicas de sus aminoácidos esenciales.
2. Inactiva diversas enzimas, como proteasas, lipasas, lipooxigenasas, amilasas, polifenoloxidasas y otras enzimas oxidativas e hidrolíticas.
3. Al no desactivarse las enzimas pueden provocar enranciamientos, cambios en la textura, decoloraciones durante el almacenamiento.

5.5.2 Alteración química de los aminoácidos

Fennema (2000), establece que las proteínas sufren varios cambios químicos durante su procesado a temperaturas elevadas, entre ellas está la racemización. La velocidad de racemización de aminoácidos, se ven afectados por la capacidad de captación de electrones de su cadena lateral.

El Ácido Aspártico, Serina, Cisteína, Ácido Glutámico, Fenilalanina, Anserina y Treonina se racemizan más de prisa que otros aminoácidos. La velocidad de racemización depende también de la concentración de iones hidroxilo.

5.6 Normas mexicanas de la miel de agave

La Secretaría de Economía (2006), informó que existe fundamento legal a nivel nacional en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, mencionados en los Artículos 51-A, 51-B y 66, 47 y 69 de su Reglamento con la Sociedad Mexicana de

Normalización Y Certificación, S.C. (Normex) y el Comité Técnico de Normalización Nacional para la Industria alimentaria nali-10.

Establecen los criterios de inocuidad de los alimentos, tomando como referencia la Norma Internacional; ISO 22000- food- safety management systems- requirements for any organization in the food chain.

- Alimentos-Jarabe de Agave-Especificaciones y Métodos de Prueba.
- Alimentos-Inulina de Agave-Especificaciones y Métodos de Prueba.

5.7 INULINA

Frangner (1990), define la inulina $[(C_6H_{10}O_5)_n \cdot H_2O]$ como un compuesto formado por unidades de fructosa y constituye una de las materias primas de reserva de las piñas del agave, además es un prebiótico o ingrediente alimenticio no digerible que estimula selectivamente el crecimiento y/o actividad de bacterias del colon.

López (2008) comenta que la inulina, está constituida por unidades de fructosa unidas por enlace $\beta(2-1)$. Estas cadenas pueden ser lineales o presentar ramificaciones en posición $\beta(2-6)$. La inulina resiste a la hidrólisis de las enzimas digestivas específicas para enlaces glicosídicos α presentes en el intestino delgado.

En el siguiente cuadro No.11 se indica la composición química de la inulina.

Cuadro No. 11 Propiedades químicas y físicas de la inulina.

Características	Inulina
Estructura química (*)	GF (2=n=60)
GP	12
Materia seca (gr/100gr)	95
Pureza (gr /100gr)	92
Azucares (gr/100gr)	8
pH	5-7
Cenizas (g/100gr)	<0,2
Materiales pesados gr/100 gr secos	<0,2
Apariencia	polvo blanco
Sabor	Neutral
Dulzor % (Vs sacarosa=100)	10
solubilidad en agua a 25 °C	120
Viscosidad en agua (5% p/p sol. Acuosa) a 10 °C) (mPa.s)	1,6
funcionalidad en alimentos	sustituto de grasas
Sinergismo	con agentes gelificantes
(*)G: Unidades de glucosa, F: Unidades de fructosa	

Fuente: Madrigal y Sangronis, 2008.

5.7.1 Descomposición de la inulina en hidrólisis.

Other (1999) en sus investigaciones realizadas revela una concentración de 24 gramos de inulina por Kg de jugo de piña de maguey tequilero en base húmeda, con un promedio de longitud de cadena cercano a 30 monosacáridos.

5.7.2 Uso de la inulina en la industria alimentaria

El Centro de Automatización Robótica y Tecnología de la Información y de la Fabricación (CARTIF) en el 2009 estableció el uso de la inulina en los alimentos para:

- Retención de agua (pastelería, panificación, embutidos).
- Mejorar y/o modificar la textura de algunos alimentos.
- Sustitución de grasas en nata, helados, margarinas, mantequillas, productos cárnicos, horneados.
- Enriquecimiento con fibra dietética en leche, yogures, bebidas dietéticas, productos de soja.



Fig.3 Actuación de inulina en el cuerpo humano. CARTIF (2007).

CAPITULO 6

MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Localización del sitio experimental

El presente trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Ciencia y Tecnología de Alimentos del mismo Departamento, localizado dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, la cual se ubica en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, a los 25° 22" de latitud norte, 101 00", longitud oeste y a 1743 msnm, la localización está basada por lo que establece Mendoza (1983).

6.2 Caracterización del sitio experimental

Según Valdés (1985), clima semi-seco, templado con lluvias escasas en todo el año, temperatura media de 17.8°C y la precipitación de 490 mm anuales.

6.3 Procedencia de muestra experimental

Las muestras de aguamiel se obtuvieron en el Estado de Oaxaca, México, en el municipio Santa María Tlahuitoltepec Mixe. Se localiza al noreste del Estado de Oaxaca, aproximadamente a 123 Km, datos obtenidos del INEGI (2007).

Santa María Tlahuitoltepec se localiza en la región de la Sierra Norte, pertenece al distrito Mixe. Se ubica en las coordenadas 17° 06' de latitud norte y 96° 04' de longitud oeste, a una altitud de 2,240 metros sobre el nivel del mar, con clima templado – frío, temperaturas de 0°C a 30°C. Indicados en las Enciclopedias de los municipios de México, Estado de Oaxaca (2009).

6.4 ETAPA 1.- CARACTERIZACIÓN DEL AGUAMIEL

Se adquirieron 6 litros de aguamiel del Municipio de Santa María Tlahuitoltepec Mixe, Oaxaca a los cuales se les evaluaron las variables pH, densidad, acidez titulable, azúcares totales (sacarosa), inulina (fructosa como azúcar reductor), viscosidad, colorimetría, análisis microbiológico y perfil de aminoácidos, todos estos se analizaron en tres repeticiones.

6.4 .1 pH

Los Métodos oficiales de Análisis AOAC (1980), son los que recomiendan el uso de potenciómetro (Hanna Instruments, H1233), calibrado con una solución buffer pH 4.0 y pH 7.0, para determinar el pH de productos alimenticios.

6.4.2 Ácidos orgánicos

Los métodos oficiales de Análisis AOAC (1980), indican que la acidez debe ser determinado mediante titulación con hidróxido de potasio utilizando como indicador fenolftaleína.

6.4.3 Sólidos solubles totales

Los sólidos solubles totales, se obtuvieron con un refractómetro de mano (0 - 32%), marca ATAGO, colocando directamente una gota de muestra en la lente del refractómetro.

6.4.4 Azúcares totales

Basados por el método de Dubois (1956), a las muestras tratadas se les agrega fenol sulfúrico, para este procedimiento posteriormente se lee la absorbancia a 480 nm en el espectrofotómetro (Thermo Electron Corporation, Génesys 10 UV), utilizando la solución madre sacarosa para determinar la concentración en muestras.

6.4.5 Azúcares reductores

Utilizando el método de Miller (1960), para determinar la concentración de inulina como azúcar reductor (fructosa) en muestras se utilizó el reactivo DNS (ácido dinitrosalicílico) dentro del proceso, posteriormente se leyó la absorbancia a 540 nm en un espectrofotómetro (Thermo Electron Corporation, Genesys 10 UV). Se preparó solución madre de fructosa para calcular la concentración.

6.4.6 Perfil de aminoácidos

Este método fue realizado de acuerdo a Sánchez (2008). La digestión de las muestras se realizó utilizando solución Ácido clorhídrico:Acetona (1:100).

Para la técnica de cromatografía en papel se cortaron hojas de papel filtro Whatman en cuadros de 20 x 20 centímetros. En cada 5 centímetros del cuadro se agregaron 20 µl de una muestra, se colocaron los cuadros en el tanque cromatográfico, con la respectiva mezcla de solventes; se le da un tiempo determinado para que el solvente corra en todo el papel, al secarse se asperja con solución de ninhidrina y posteriormente se hacen mediciones y así obtener el Factor de Resolución (Rf), para cada aminoácido, después los aminoácidos revelados y medidos se cortan en cuadros pequeños y se colocan en solución de alcohol isopropílico al 30%. Posteriormente, la solución anterior se lee a 570nm en el espectrofotómetro.

6.4.7 Color y luminosidad

Cortinez (2009), establece la técnica de este procedimiento, por la cual se analizaron los tratamientos ocupando un colorímetro (Minolta, CR- 300) en el espacio de color L* (Luminosidad), a*(Color), b* (Saturación), en donde los datos para las coordenadas de cromaticidad se graficaron en el diagrama de cromaticidad.

6.4.8 Densidad

Portillo (2008), establece en su manual de laboratorio, el proceso para determinar la densidad, con el método de picnometría, que consiste en utilizar el picnómetro haciendo una diferencia de peso y volumen de la muestra.

6.4.9 Viscosidad

Henderson (1994), y su equipo de trabajo establecieron el viscosímetro (Cannon Instrument Company, ASTM D445) para determinar la viscosidad de las muestras, para lo cual se empleó la siguiente fórmula:

$$\mu = \nu * \rho$$

Donde : μ = Viscosidad absoluta

ν = Viscosidad cinemática

ρ = Densidad

6.4.10 Análisis microbiológico del aguamiel.

Siembra directa en agar nutritivo, las cajas sembradas se incubaron por un tiempo de 24 horas a temperatura constante de 37°C manteniendo condiciones de microaerofilia. Esto con la finalidad de obtener colonias aisladas para después estriarlo en agar leuconostoc y agar YPG.

Aislamiento en agar Leuconostoc y agar YPG.

La siembra se realizó por la técnica de estrías, tomando 1 ml de muestra para cada medio de cultivo; agar nutritivo (10 cajas), agar leuconostoc (5) y agar YPG (5).

Las cajas se incubaron por un tiempo de 24 horas, temperatura constante de 37°C manteniendo condiciones de microaerofilia.

Posteriormente se realizó el recuento de colonias expresado como UFC/ml y se seleccionaron las más representativas de los tres grupos tomando como base el porcentaje de recuperación en todas las etapas.

La morfología microscópica se visualizó por medio de coloración de Gram con lente de 10X, 40x, 100x siguiendo la metodología de tinción de Gram.

6.5 ETAPA 2.- PROCESOS PARA LA OBTENCIÓN DE MIEL DE AGAVE

Para la concentración de aguamiel se utilizó una estufa de vacío (Lab - Line Instruments, Cat NO. 3610, serial 0273, volts 120, Watts 750, cycle 50760) para obtener la muestra 1. Manteniendo una presión y temperatura constante de 24 atm y 60 °C respectivamente, hasta obtener una lectura de 60 ° Brix.

Para obtener la muestra de concentración a calor se utilizó una parrilla con agitación, ThermoLyne, modelo 53166, watts 530, volts 127, 60Hz hasta llegar a 60° Brix, a una temperatura constante de 70 °C.

Para las variables de los tratamientos térmicos a vacío y al calor, se utilizaron las mismas metodologías que la caracterización de aguamiel, exceptuando el análisis microbiológico.

6.6 TRATAMIENTOS

En el cuadro No. 12 se muestra los tratamientos aplicados a las muestras de aguamiel y miel de agave, en diferentes condiciones establecidas.

Cuadro No. 12 Cuadro de tratamientos

Tratamientos	Tratamiento Térmico			
	Condiciones			
	Equipo	Presión(atm)	Temperatura(°C)	Tiempo(Hrs)
Vacío	Horno	24	60	16, 5
Calor	Parrilla	*****	70	29
Testigo	*****	****	25	****

6.7 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el análisis de varianza de las diferentes variables registradas en el experimento se empleó el paquete computacional JMP, utilizando el diseño experimental completamente al azar evaluando tres tratamientos con tres repeticiones, en donde las medias de los datos se analizaron usando la prueba de student's con una confiabilidad del 95% ($\alpha=0.05$), apoyándose con el paquete computacional Microsoft Office Excel.

CAPITULO 7

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 ETAPA 1: ESTUDIO DE VARIABLES DE INTERÉS RELATIVO AL PROCESO.

En esta etapa se procedió con la determinación de las variables de interés; las variables y concentraciones obtenidas en aguamiel son presentadas en el cuadro No. 13

Cuadro No. 13 Resultados de caracterización de Aguamiel

Variables		Concentraciones
pH		4.30
Densidad		1.03 g/ml
Viscosidad		0.51 m.Pas
Sólidos totales		9° Brix
Azúcares totales		50.64g/100g
Color	a*	0.18
	b*	-2.12
Brillantez L*		39.14
Ácidos orgánicos	Cítrico	0.05 %
	Málico	0.50 %
	Tartárico	0.56 %

*Fuente: elaboración propia en base a las medias de los análisis realizados.

Del cuadro anterior es posible apreciar que la muestra de aguamiel del *Agave Atrovirens* karw, tiene un pH de 4.30 contrastando con lo reportado por Campos (2002) quien indican un pH de 6.30 en muestras de aguamiel obtenidas de maguey cenizo, dichas diferencia puede deberse a la temporada estacional de obtención del aguamiel, ya que el aguamiel utilizada en el trabajo de tesis se obtuvo en la estación primavera y lo indicado de Campos fue obtenida en invierno, así mismo existe una diferencia de resultados por las variedades de maguey utilizada para obtener el aguamiel.

La densidad presentada en el cuadro de resultados de aguamiel fue de 1.03 g/ml; comparando con lo reportado por Flores (2007) del agave manzo nombre común del (*Agave atrovirens* karw), en donde señala una densidad de 1.29 g/ml, la diferencia de resultados se debe por las diferentes cantidades de compuestos químicos que posee en forma natural los aguamieles, aún siendo de la misma variedad.

La viscosidad obtenida como resultado en aguamiel fue de 0.51m.Pas, comparados con las demás muestras de miel de agave el que desciende su viscosidad, este cambio es debido a la concentración térmica que se sometieron las demás muestras para obtener miel de agave.

En sólidos solubles totales el aguamiel presentó 9 °Brix, contrastando con lo reportado por Flores (2007) quien obtuvo 11.4°Brix en aguamiel en maguey manzo, la diferencia de resultados es debido a los factores climatológicos, en donde el aguamiel indicado por Flores proviene del municipio de Villa Atzayanca, Estado de Hidalgo, con un clima semi - seco, referente a la muestra obtenida para el estudio

fue recolectada en el municipio de Santa María Tlahuitoltepec, región de la Sierra Norte del Estado de Oaxaca, con clima templado – frío.

Los resultados indicados en aguamiel referente a la concentración de azúcares totales es de 50.64g/100g, comparando con los estudios realizados por Loyola (1956) en donde determinó un 9.45g/100g y la Secretaría de Industrias y Fomento Agropecuario 9.1g/100g, las diferencias es debido a las diversas variedades analizadas y la madurez que presenta cada maguey, los aguamieles que reporta Loyola y la Secretaría de Industrias y Fomento Agropecuario, los magueyes tienen una edad de 5 a 6 años, en cambio el maguey utilizado en el estudio tiene una edad de 7 años.

En cuestión del color en aguamiel se obtuvo en a^* 0.18 y b^* -2.12, indicando un blanco tenue, en miel de agave obtenido del proceso a vacío a^* 0.26 y b^* 5.97 determinando un color ámbar tenue, la miel de agave obtenida del proceso calor sus coordenadas son en a^* 6.01 y b^* 24.20 dando un color canela oscuro. Existen cambios y es porque las muestra de miel de agave fueron obtenidas por procesos térmicos que le atribuyeron coloración, en cambio el aguamiel se mantuvo en sus condiciones naturales.

En caso de luminosidad el aguamiel ocupó el espacio de coordenadas de L^* 39.14, indicado en la fig. 11, comparado con las muestras de miel de agave, el aguamiel obtuvo una menor luminosidad tendiendo un tono opaco, la diferencia es por la turbidez que presenta el aguamiel y por la interacción de los microorganismos.

En el cuadro No. 13 se reporta los porcentajes de los ácidos orgánicos, con una media de 0.37%, comparando con lo reportado por Flores (2007) de 1.65% de acidez, no existe concordancia de resultados debido a la edad de los magueyes, en donde Flores ocupó un maguey de 8 años y el maguey de estudio de esta tesis es de 7 años, aparte de la actividad microbiana, el pH que maneja Flores es de 6.3 cercano a la neutralidad y la muestra de estudio es más ácida por tanto contiene un alto contenido de ácidos orgánicos.

En el cuadro No. 14 se muestra el resultado de la determinación de inulina como azúcares reductores en aguamiel *Agave atrovirens* karw. Los resultados corresponden a la cantidad de inulina expresada como fructosa.

Cuadro No. 14 Resultados de Inulina en Aguamiel

Variable	Concentración
Inulina (fructosa – azúcar reductor) g/100g.	2.25 g

*Fuente: elaboración propia en base a la media del análisis realizado.

Respecto a la concentración de inulina (azúcar reductor) en aguamiel, resultó con 2.25 g/100g, comparado con el estudio de Flores (2007) indica 4.70g/100g en aguamiel obtenido del maguey manzo. La diferencia en la determinación de inulina se debe porque Flores utilizó una técnica más específica para cuantificar la inulina, y sus condiciones fisiológicas del propio maguey y no es de la misma variedad, por lo tanto el de Flores tiene mayor cantidad de inulina.

7.1.1 Determinación de perfil de aminoácidos en aguamiel.

Posterior a la caracterización de parámetros físicos y químicos realizados al aguamiel se procedió con la identificación y cuantificación de aminoácidos esenciales presentes en el aguamiel, los cuales son presentados en el cuadro No.15.

Cuadro No. 15 Aminoácidos presentes en el Aguamiel de *Agave atrovirens* karw.

Aminoácidos	Concentración (g/l)
Histidina	0.67
Valina	0.33

*Fuente: elaboración propia en base a las medias de los análisis realizados.

Del cuadro No. 15 se aprecia la presencia de Histidina en una concentración de 0.67 g/l y de 0.33 g/l de Valina. Los trabajos de Sánchez en 2008 y de Flores en 2007 indican también la presencia de estos dos aminoácidos en muestras de aguamiel de *Agave atrovirens* karw; difiriendo en las concentraciones reportadas ya que Sánchez encontró 0.03 g/l de Valina y 0.01 g/l de Histidina y Flores 0.5 g/l de Valina y 0.6 g/l de Histidina, dichas discrepancias en concentración se deben al tratamiento químico que le proporcionaron a las muestras, teniendo que los resultados en cuanto a la concentración de los aminoácidos reportados por Flores son similares a los encontrados en el presente estudio.

7.1 .2 Análisis Microbiológico del aguamiel

A continuación se muestran las fotografías de los microorganismos que se encontraron en el testigo (aguamiel).



Fig. 4 Fotografías tomadas en la lente del microscopio óptico compuesto de diversos microorganismos.

A. Tinción Azul de metileno en agar *Leuconostoc*, aislamiento por estrías proveniente del agar nutritivo, se observan *Levaduras*, con morfología en forma circulares y unidos en cadenas con coloración azul.

B. Tinción de Gram. Muestra obtenida de agar YPG, fotografía obtenida con objetivo 100x, todos los microorganismos que se encuentran en la muestra pertenecen a células Gram negativo, tiñéndose de color rojo.

C. Tinción de azul de metileno en agar Nutritivo, se determina que son estafilococos están aglomeradas en racimos tienen estructuras cilíndricas, fotografía obtenida con objetivo 40x .

D. Tinción de azul de metileno en agar YPG, obteniendo en colonias aisladas, tienen estructuras alargadas, unidos entre sí, determinando que son *Lactobacillus* Gram negativo.

Cervantes en el 2007 identificó *Leuconostoc*, *estafilococos* y *Lactobacillus* Gram negativos en aguamiel aislados por fases sucesivas, por lo cual coinciden con los análisis microbiológicos realizados al aguamiel *Agave atrovirens* karw.

7.2 ETAPA 2.- COMPARACIÓN DE LAS VARIABLES OBTENIDAS DE LOS DOS PROCESOS DE CONCENTRACIÓN.

En el presente cuadro No.16 se ilustran las diversas concentraciones que se obtuvieron de las variables analizadas en miel de agave, obtenidas de los procesos a vacío y calor.

Cuadro No. 16 Resultados de los procesos a vacío, calor.

Variables		Tratamiento por calor	Tratamiento a vacío
pH		4.71	4.73
Densidad		1.27 g/ml	1.28 g/ml
Viscosidad		0.59 m.Pas	1.47 m.Pas
Sólidos Solubles totales		60 ° Brix	60 ° Brix
Azúcares totales		18.97g/100g	78.13g/100g
Color a*		6.01	0.26
b*		24.2	5.97
Brillantez L*		42.04	46.19
Ácidos orgánicos	Cítrico	4.05 %	3.20 %
	Málico	4.24 %	3.35 %
	Tartárico	4.75%	3.75%

*Fuente: elaboración propia en base a las medias de los análisis realizados

El pH en los dos tratamientos vacío y calor dieron resultados de 4.73 y 4.71, concordando con los estudios de la empresa Pointer (2000) en donde obtuvieron un valor de 4.0 a 4.5 del *Agave Tequilana* weber lo cual existe un rango de resultado cercano lo que reporta la empresa Pointer.

La fig. 5 presenta los valores de pH de las muestras obtenidas por calor y a vacío contra la del testigo (aguamiel), donde es posible apreciar que hay similitud entre los valores entre las muestras concentradas, lo que indica que no hay diferencia estadísticamente significativa, como se aprecia en el anexo 1.

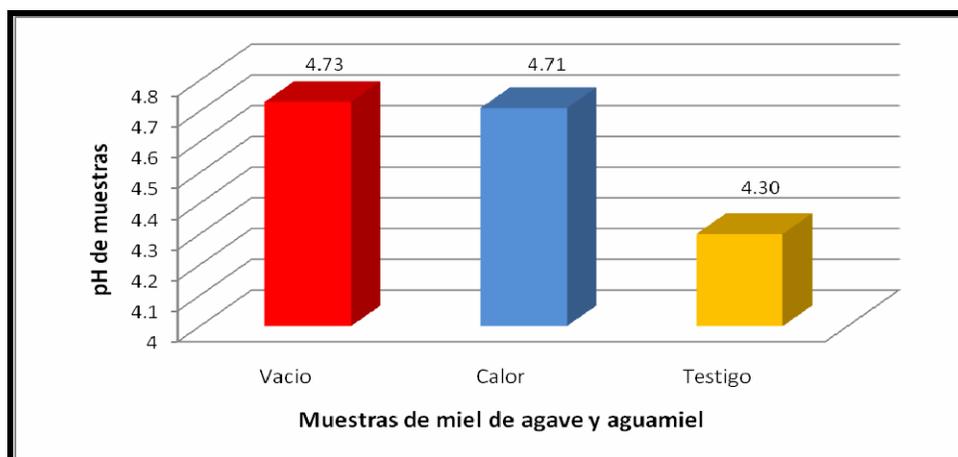


Fig. 5 Media de pH en muestras de miel de agave y aguamiel a temperatura (23.37 °C).

En la fig. 6 Se presenta los valores de densidad en los tratamientos a vacío y calor mismos que presentan densidades similares de 1.28 g/ml, 1.27 g/ml, estudios realizados por la Empresa Madyava (2008) indica densidad de 1.38 gr/ml, sin mencionar la variedad utilizada, los resultados presentados por esta empresa son semejantes a los reportados en este estudio, los resultados de estudio no existe diferencia estadísticamente significativa ni existe diferencia numérica, esto es apreciado en el anexo 2.

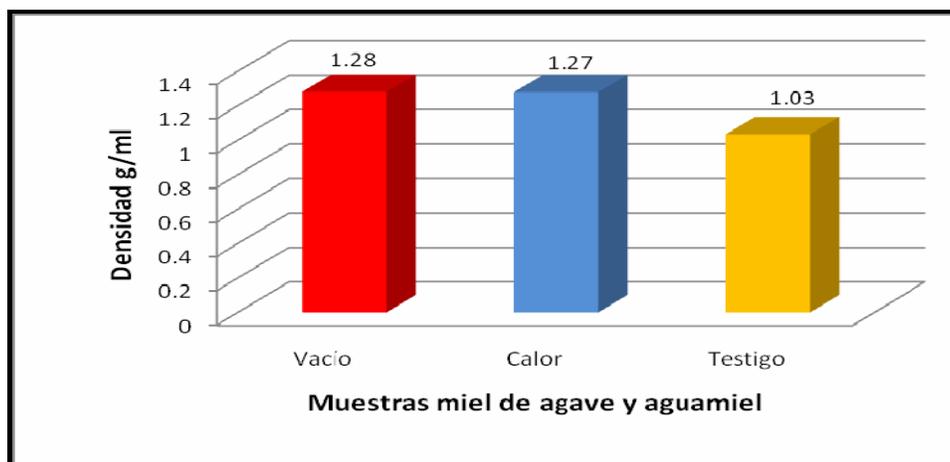


Fig. 6 Densidad en miel de agave y aguamiel

En la fig. 7 Se presenta la viscosidad absoluta de las muestras de miel de agave obtenidas mediante procesos de concentración a vacío y calor contrastando con la muestra de aguamiel sin tratamiento, donde es posible apreciar que la muestra concentrada a vacío es la que tiene un índice de viscosidad mayor con respecto a los otros dos tratamientos, dicha diferencia es estadísticamente significativa, como se puede apreciar en el anexo. 3. Cabe mencionar que la viscosidad encontrada para la miel de agave obtenida mediante procesos de vacío es semejante a la viscosidad reportada para inulina pura con 1,6 m.Pas Reportado por Madrigal y Sangronis (2008).

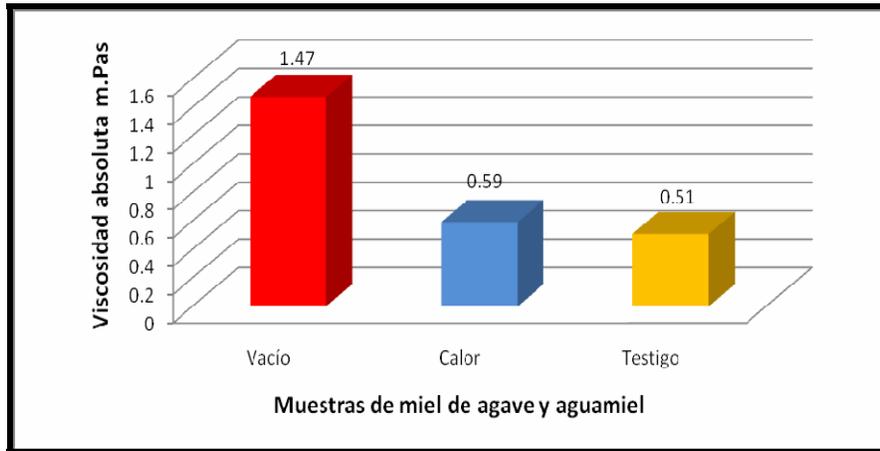


Fig. 7 Viscosidad absoluta en miel de agave y aguamiel.

En la fig. 8 se aprecia el contenido de sólidos totales de los dos procesos térmicos, los sólidos solubles totales se determinó su evaluación en base lo que indica la Empresa Pointer (2000) de 60 ° Brix, Respecto al aguamiel se evaluó con 9° Brix.

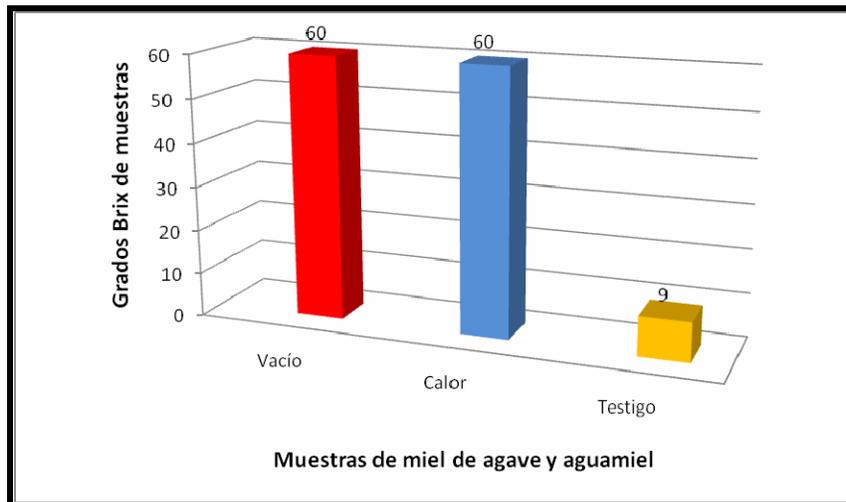


Fig. 8 Sólidos solubles totales en miel de agave y aguamiel a temperatura (25 °C).

En la fig. 9 indica las concentraciones de azúcares totales en miel de agave y aguamiel, comparando con lo que reportó la Empresa Pointer (2000), indicando 98.00 g/100g de azucares totales en miel de agave y la empresa Madyava (2008) con 99.90 g/100g, los resultados obtenidos en estudio de tesis no coinciden con los autores, son diferentes por la textura que presentan las mieles, porque las mieles que utilizaron los autores las moléculas de azucares están muy dispersas, referente a la muestras de estudio las moléculas de azúcares se encuentran unidas. con estos resultados se determina que la miel de agave en concentración térmica se puede obtener alto contenido de azucares totales, sin necesidad de agregar azucares comerciales lo cual puede ser aceptable en la NOM-145-SCFI-2001 y Codex Alimentarius. Resaltando que en un artículo PROFECO (2007) indicó que las mieles deben obtenerse naturalmente.

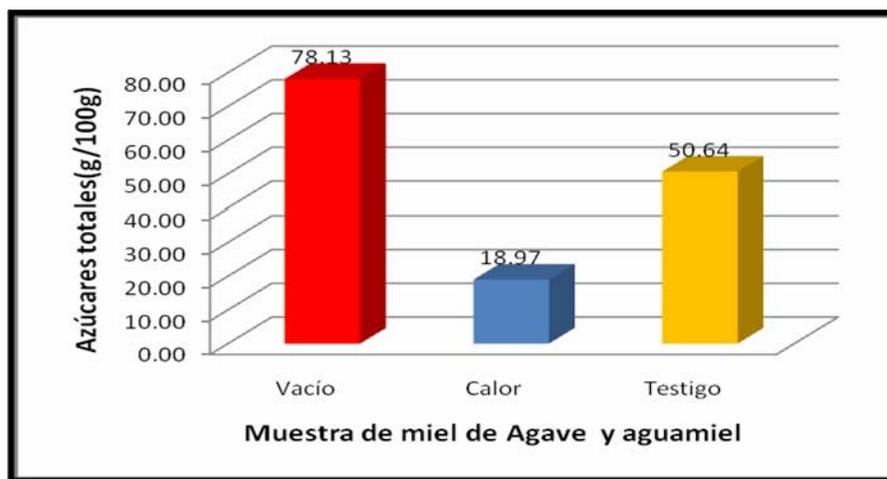
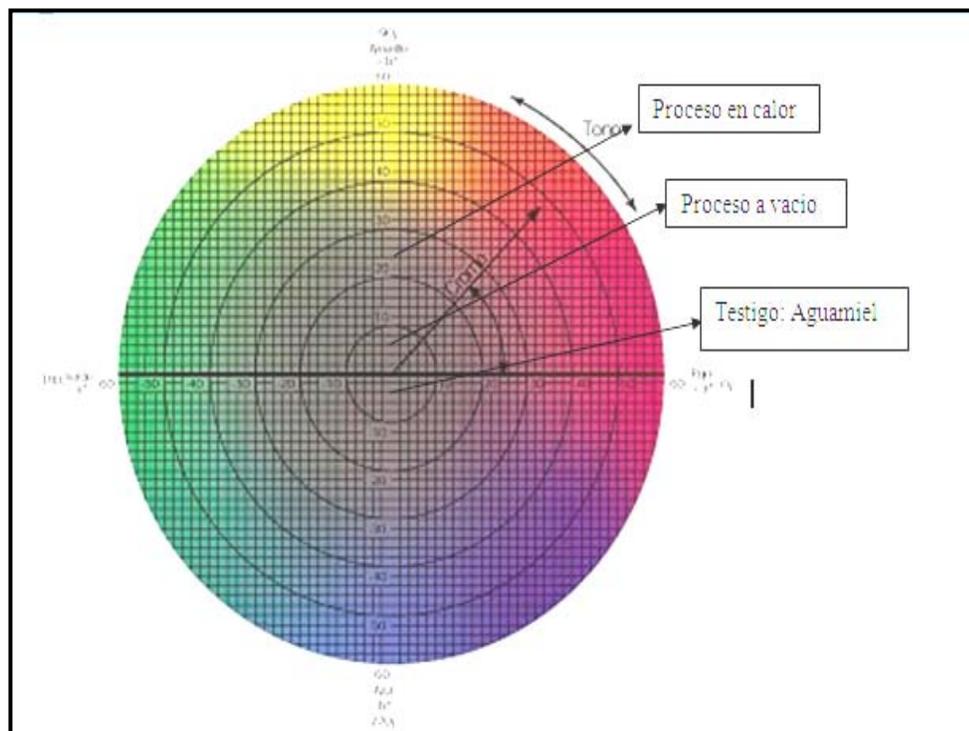


Fig.9 Azúcares totales en miel de agave y aguamiel.

Respecto al análisis de varianza de las muestras analizadas existe diferencia significativa estadísticamente entre los tres tratamientos, ver anexo.4.

Los resultados obtenidos en color se indican en la fig. 10 en donde las coordenadas de la muestra evaluadas en el proceso a vacío se presenta de esta forma $a^* 0.263$ y $b^* 5.973$, resultando un color ámbar tenue, color muy agradable para su consumo. En el proceso de calor se localizó en las coordenadas $a^* 6.01$ y $b^* 24.2$ con un color canela, los resultados son similares a los reportados por la empresa Nekutli (2007) donde obtuvieron resultado de color ámbar oscuro en miel de agave, no indicando variedad del maguey, lo cual se determina que la miel obtenida por proceso a vacío es diferente en intensidad de color, los cambios son debido al tipo de equipo y temperatura ocupada para obtener miel de agave, en cuestión del aguamiel conserva su característica turbia en tono blanco, en anexo



5 se indica diferencia estadísticamente significativa entre las muestras de miel de agave y aguamiel.

Fig.10 Diagrama de cromaticidad de a^* y b^* en miel de agave y aguamiel.

En la fig.11 se reporta el valor encontrado para el parámetro luminosidad, reflejando en que la miel de agave obtenido del tratamiento a vacío presenta mayor brillantez, que la miel de agave obtenido del proceso de calor, el aguamiel se obtuvo con tono opaco.

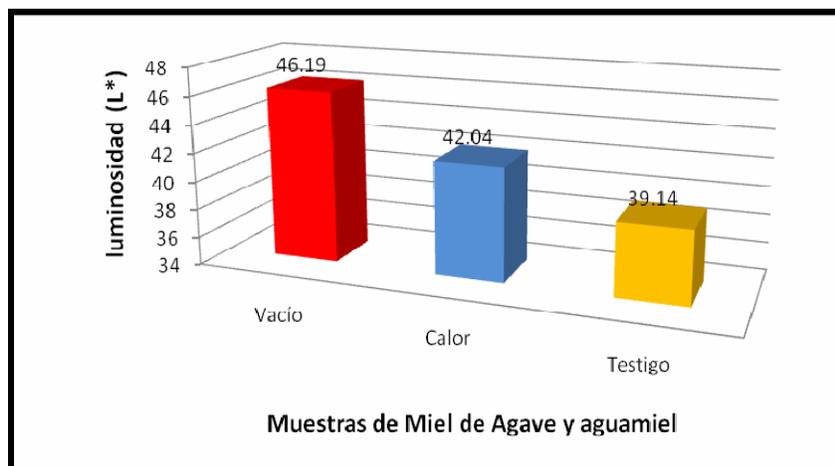


Fig.11 Luminosidad en miel de agave y aguamiel

Los resultados de la determinación de ácidos orgánicos presentes en el aguamiel y la miel de agave obtenidas en los procesos térmicos, se presentan en la fig. 12, la muestra obtenida del tratamiento a calor presentó mayor porcentaje de ácidos orgánicos con 4.34 %, en el tratamiento a vacío se obtuvo un porcentaje de 3.43%, en los anexo 6, 7 y 8 están indicados los análisis de varianza en donde se determina que existe diferencia significativa estadísticamente entre los dos procesos vacío y calor, comparando con la muestra de aguamiel es altamente significativa en las dos muestras de miel de agave, lo cual es debido al proceso de concentración de los compuestos constitutivos del aguamiel y el pH que es mucho más bajo que las demás muestras por tanto es lo que refleja el contenido de ácidos orgánicos un factor antioxidante.

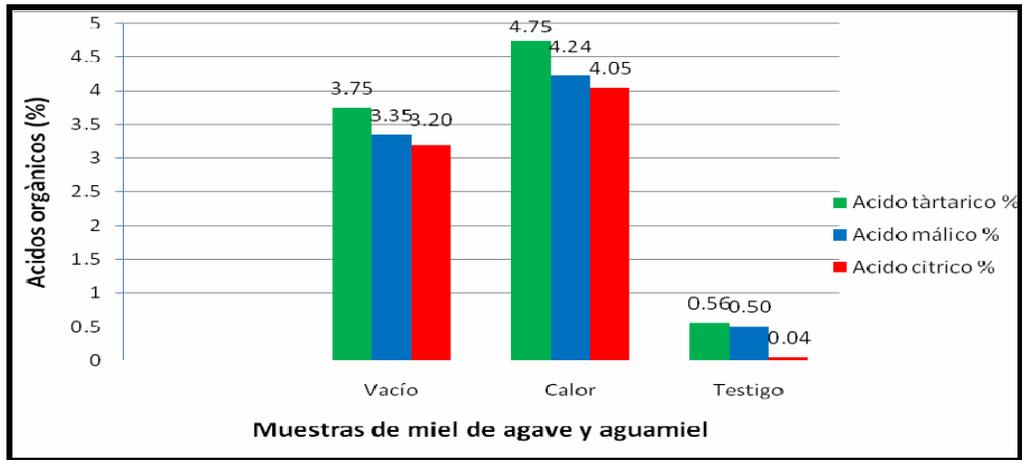


Fig.12 Ácidos orgánicos en miel de agave y aguamiel

Los resultados que se presentan en el cuadro No.17 corresponden a la cantidad de inulina expresada como fructosa, obtenidos de las mieles obtenidos a través de tratamiento a vacío y calor.

Cuadro No. 17 Resultados de la determinación de inulina en miel de *Agave Atrovirens* karw.

Variable	Tratamiento por calor	Tratamiento a vacío
Inulina (Azúcar reductor) g/100g	36.76	37.47

En la fig. 13 se aprecian el contenido de inulina como azúcar reductor, realizando una comparación con los estudios realizados por la empresa Pointer (2000) reporta 73 – 77 g/100g de fructosa como azúcar reductor, la empresa Madyava reporta 71.8 - 72.5 g/100g de fructosa como azúcar reductor, no existe ninguna similitud por el diferente proceso de cuantificación de inulina, porque la empresa Pointer

obtuvo la concentración de inulina por medio de la técnica HPLC. En cuanto a la variedad que la empresa Pointer menciona, la miel de agave es proveniente del *Agave Tequilana* weber y su apariencia es muy diluida, lo cual indica contenido de inulina menor al de la miel de este estudio. Los resultados obtenidos del análisis de varianza se indican en el anexo 9, no existe diferencia significativa ni numérica en los dos procesos térmicos, en aguamiel si existe diferencia altamente significativa comparada con las mieles.

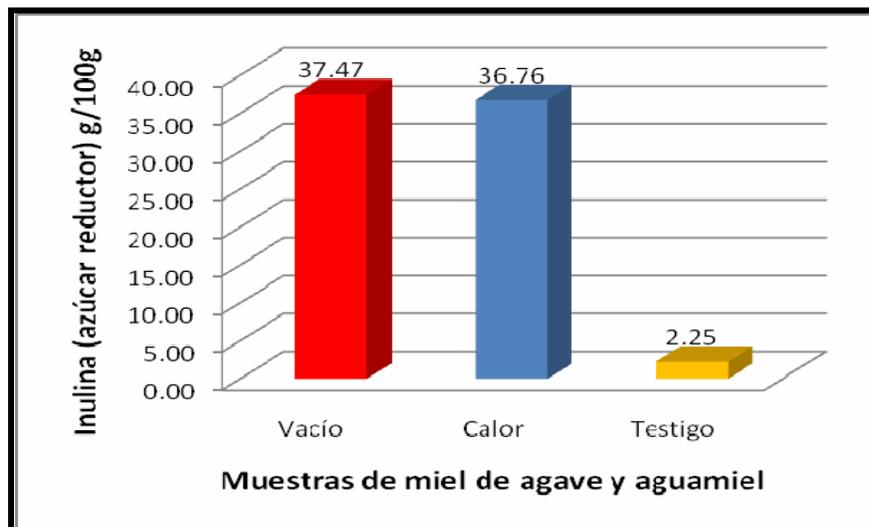


Fig.13 Azúcares reductores en miel de agave y aguamiel

7.2.1 Comparación de aminoácidos en los tratamientos.

En el cuadro No.18 se observan las diversas concentraciones de aminoácidos que presentaron los dos procesos de concentración, comparando con el testigo.

Cuadro No. 18 Aminoácidos presentes en muestra de miel de agave, comparando con el testigo.

Aminoácidos	Testigo	Tratamiento por calor	Tratamiento a vacío
Valina (g/l)	0.33	-----	-----
Histidina (g/l)	0.67	3.44	-----
Metionina (g/l)	-----	-----	.73
Tirosina (g/l)	-----	-----	3.78
Arginina (g/l)	-----	4.53	.59

En cuestión de presencia de aminoácidos se ocupó la Rf de cada aminoácido obtenido en el análisis y la Rf de cada aminoácido estándar indicados en el cuadro No. 19 y 20.

El contenido de Valina en el testigo fue de 0.33 g/l, en proceso a vacío y en el proceso en calor no se reveló, la concentración de Histidina en el testigo se obtuvo en un porcentaje menor que en el proceso de calor aumentándose en 3.37g/l, la Metionina solo se presentó en el proceso a vacío con .73g/l, el aminoácido Tirosina se presentó solo en el proceso a calor con una concentración de 3.78g/l, la Arginina en el proceso a calor permaneció con alto contenido en 4.53g/l, referente al proceso a vacío bajó su contenido hasta 5.91g/l. Se determina que la reacción de Millard se presentó más en el proceso a vacío, porque en grupos aminos e hidroxilos se efectúa reordenamiento de Amadori para formar la amino – desoxicetona que son los que establecen color melanoidinas, en donde muchos

aminoácidos se pirolizaron que por consiguiente ya no se presentaron muchos aminoácidos en el proceso a vacío, además hubo sinergismo en donde los aminoácidos que no se revelaron se unieron sus cadenas polipeptídicas, dado que algunos aminoácidos tienen dos grupos aminos (NH_2) que se suelen enlazar; información es indicado por Santos (1995), por tanto no es posible la separación de los aminoácidos. Se determina que si se puede presentar más aminoácidos en temperaturas controladas. La empresa Sangre Azteca (2007) realizó estudios referentes al contenido de aminoácidos en miel de agave encontrando al aminoácido Histidina en 0.00032g/l, Metionina 0.00012g/l, Arginina 0.00064g/l, Tirosina 0.000572g/l, no existe semejanza en resultados por las diferentes temperatura ocupadas en el momento del concentrado para obtener las mieles, se observa que en los métodos de temperaturas controladas reflejan mayor contenido de aminoácidos y referente lo que indican la empresa Sangre Azteca la concentración se realizó a temperatura mayor de 80°C por lo tanto hubo pérdida de contenido de los aminoácidos.

Los aminoácidos que se presentaron en los tratamientos se indican en la fig. 14.



Fig. 14 Fotografías de aminoácidos encontrados en los tratamientos.

El cuadro No. 19 establece los Rf de los aminoácidos encontrados en los tratamientos y el cuadro No. 20 indica el Rf de cada muestra estándar utilizado para establecer el tipo de aminoácido revelado en el cromatograma.

Cuadro No. 19 Rf de aminoácidos en las muestras.

Muestra	Aminoácidos	Media Rf (cm)
Vacío	Tirosina	2.2964
Vacío	Metionina	0.3484
Vacío	Arginina	0.2315
Calor	Histidina	0.1552
Calor	Arginina	0.2526
Testigo	Histidina	0.1578
Testigo	Valina	0.4157

Cuadro No. 20 Rf de aminoácidos estándares.

Aminoácidos	Rf (cm)
Tirosina	0.2947
Histidina	0.1736
Arginina	0.2421
Metionina	0.3473
Valina	0.4052

Las concentraciones de aminoácidos obtenidas en los dos procesos y aguamiel se aprecian en la fig.14.

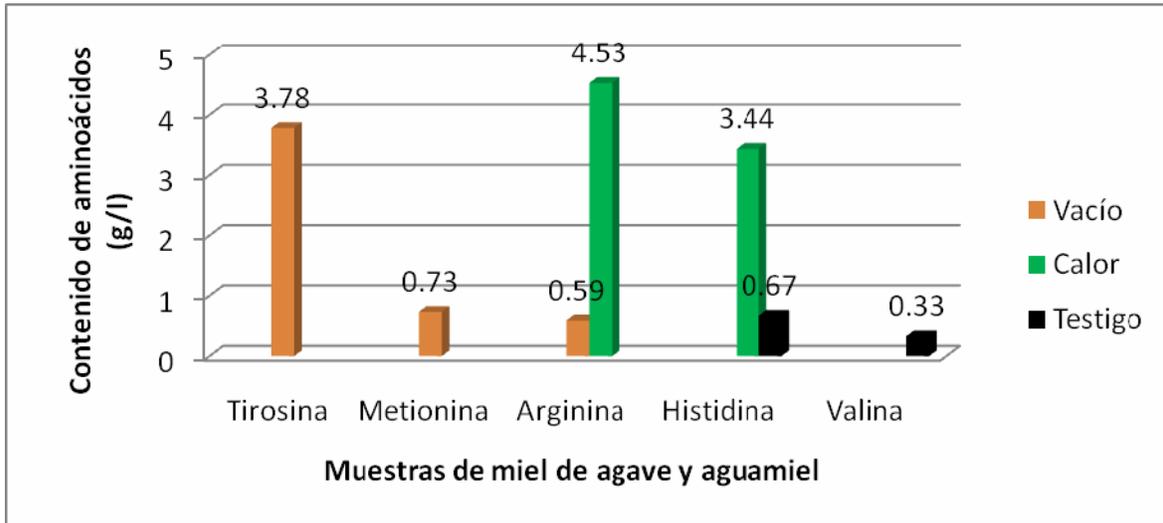


Fig.14 Aminoácidos en miel de agave y aguamiel

El análisis de varianza indicado en el anexo 10 establece que no existe diferencia significativa respecto a las concentraciones de aminoácidos en las mieles de agave, comparando con el aguamiel existe diferencia altamente significativa.

CAPITULO 8

CONCLUSIONES

La materia prima es la adecuada para obtener miel de agave, porque los datos de análisis indican un rango que se encuentran entre lo determinado por diversos autores anteriormente mencionados, por tanto es aceptable para su proceso térmico.

Las condiciones de conservación aplicados al aguamiel fueron óptimos porque se obtuvo la presencia de microorganismos nativos (*Leuconostoc*, *Levaduras Estafilococos* y *Lactobacillus*) y no microorganismos patógenos.

Las mieles de agave de los dos procesos (vacío y por calor) presentan una similitud de resultados en sólidos solubles totales, pH, densidad.

En inulina y azúcares totales el tratamiento a vacío fue mayor en su contenido, este dato permite que los pre-diabéticos puedan consumir este producto, puesto que la inulina tiene el poder de gasto fácil de energía dentro del organismo.

El tratamiento a vacío presentó una viscosidad mayor que el tratamiento a calor, porque presentó una textura semisólida, la miel obtenida en proceso a calor fue más fluida. Además el dato que más se acerca a la inulina pura es la miel obtenida del proceso a vacío.

En ácidos orgánicos el proceso a calor obtuvo mayor porcentaje, lo que se determina que existe un factor antioxidante en la miel de agave, que al adicionar a los productos alimenticios permitirá ayudar su baja oxidación.

El proceso a vacío es el que tuvo mejor brillantez lo cual es más aceptable a la vista del público, esto indica que no hubo caramelización en el proceso, en cambio en el tratamiento a calor sí influyó la caramelización.

Se determina que el color de la miel de agave obtenido en el proceso a vacío ámbar tenue es el más similar a los que reportan los autores.

La aplicación de calor en los procesos de obtención de miel afectó el contenido de aminoácidos por el punto de ebullición que posee cada aminoácido.

En el tratamiento a vacío se presentaron tres aminoácidos: Metionina, Tirosina, Arginina, en tratamiento a calor: Histidina y Arginina, en el testigo: se obtuvo Histidina y Valina.

CAPITULO 9

RECOMENDACIONES

Para que este estudio se profundice es necesario realizar análisis bromatológico del producto realizando un estudio comparativo más profundo contra productos que están en el mercado.

Para que se compruebe la autenticidad de uso de miel de agave como alternativa de la diabetes, se debe realizar un análisis glicémico de la miel de agave para corroborar los parámetros establecidos en estudios realizados anteriormente.

CAPITULO 10

ANEXOS

Anexo.1 Análisis de varianza para la variable pH de los diferentes tratamientos en el aguamiel y la miel de agave.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	P>F
Tratamientos	2	0.350	0.1750	234.70	<.0001
Error	6	0.004	0.0007		
Total	8	0.354			

C.V 0.59 %

Anexo. 2 Análisis de varianza para la variable densidad de en los diferentes tratamientos.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	P>F
Tratamientos	2	0.12185	0.0609	5124.85**	<.0001
Error	6	0.00007	0.00001		
Total	8	0.1219			

C.V 0.29 %

Anexo. 3 Análisis de varianza para la variable viscosidad de en los diferentes tratamientos.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	P>F
Tratamientos	2	2.077	1.038	44.639	0.0002
Error	6	0.139	0.023		
Total	8	2.216			

C.V 17.78%

Anexo 4. Análisis de varianza para la variable azúcares totales de en los diferentes tratamientos en el aguamiel y la miel de agave.

F.V	G.L	S.C	C.M	FC	P>F
Tratamientos	2	150805	75402944	13.296	0.006
Error	6	340247	5670795		
Total	8	184830			

C.V 55.17%

Anexo 5. Análisis de varianza para la variable brillantez de en los diferentes tratamientos en el aguamiel y la miel de agave.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	P>F
Tratamientos	2	75.40969	37.7048	1.7784	0.2475
Error	6	127.21242	21.2021		
Total	8	202.62211			

C.V 10.84 %

Anexo 6. Análisis de varianza para la variable ácido málico en los diferentes tratamientos en el aguamiel y la miel de agave.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	P>F
Tratamientos	2	23.328	11.6640	186.789	<.0001
Error	6	0.374	0.0624		
Total	8	23.702			

C.V 28.86%

Anexo 7. Análisis de varianza para la variable de ácido cítrico en los diferentes tratamientos en el aguamiel y la miel de agave.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	P>F
Tratamientos	2	20.495	10.247	81.82	<.0001
Error	6	0.751	0.1252		
Total	8	21.246			

C.V 13.91%

Anexo 8. Análisis de varianza para la variable de ácido tartárico en los diferentes tratamientos en el aguamiel y la miel de agave.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	P>F
Tratamientos	2	28.138	14.069	81.802	<.0001
Error	6	1.031	0.172		
Total	8	29.170			

C.V 13.92%

Anexo 9. Análisis de varianza para la variable inulina (azúcar reductor) de en los diferentes tratamientos en el aguamiel y la miel de agave.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	P>F
Tratamientos	2	407807	203903	759.124	<.0001
Error	6	161163	26860.419		
Total	8	4094194			

C.V 5.05%

Anexo 10. Análisis de varianza para la variable aminoácidos de los diferentes tratamientos en el aguamiel y la miel de agave.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	P>F
Tratamientos	14	10815.167	772.512	12.2439	<.0001
Error	30	1892.815	63.094		
Total	44	12707.982			

C.V 42.29%

CAPITULO 11

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Abundis Vargas Beatriz. 2007. Catálogo de Propiedades Nutrimientales, Nutracéuticas y Medicinales del Agave Pulquero, Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla. Pag 3 – 4.

A.O.A.C.1980. Métodos Oficiales de Análisis. Association of Official Analytical Chemistry. Washintong, D.C.U.S.A.

Bautista Cruz Nelson.2006. Estudio químico bromatológico y elaboración de néctar de aguamiel de néctar de aguamiel de *Agave americana*, título profesional de químico farmacéutico, facultad farmacia y bioquímica, Perú- Lima.

Bucasov S. M..1981.*Las plantas comestibles de México, Guatemala y Colombia*. De la traducción inglesa de M. H. y Leveld. Centro Agronómico de investigación de Turrialba, Costa Rica, C. A, 1981.

Bradford H.F..1998. Fundamentos de Neuroquímica. Editorial Labor, SA. Barcelona.

Campos Mendiola R. 2002 Obtención de una bebida funcional de bifidobacterias utilizando aguamiel como base. Tesis Maestría. E.N.C.B., I.P.N. 2002.

Cervantes Contreras Mario.2002. El pulque: características microbiológicas y contenido alcohólico mediante espectroscopia Raman, México D.F.

Conzatti Casiano.1981. Flora Taxonómica, Edit. Sociedad Mexicana de Historia Natural, México D.F, p.109-110, 1981.

Dubois, M.; Giles, K.A.; Hamilton, J.K.; Rebers P.A. and Smith F. 1956. Colorímetric

Methot for Determination of Sugar and Related Substances. Analytical Chemistry 28 (3): 350- 356.

Empresa Pointer. 2000. Productos de inulina internacionales, Cuernavaca México.

Fennema Owen. 2000. Química de los alimentos, edit. Acribia, S.A, Madison Winsconsi pags 480- 481.

Flores Morales Areli. 2007. Tesis EVALUACIÓN FISICOQUÍMICA DEL AGUAMIEL DE TRES VARIEDADES DEL MAGUEY PULQUERO (Agave spp). Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala.

Loyola Montemayor Elias. 1956. Industria del pulque, Departamento de investigaciones industriales, pag 3- 4, 1956.

López Murguía Agustin. 2008. Caracterización bioquímica y cinética de algunas mutantes, UNAM (Facultad de Ciencias Químico Biológicas).

Macedo E.M. 1950. Manual del magueyero. Ed. Bartolomé Trucco. México, D.F. pags.80-90.

Madrigal Lorena, Sangronis Elba. 2008. La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales, Venezuela, 2008.

Martínez Antonio Agustino, Martínez Cruz Margarito, Felipe De Jesús Palma Y Félix Córdoba. 1995. La distribución, usos y algunas características químicas, de los agaves de Oaxaca (México).. INTERCIENCIA 20(1): 14-19. URL: <http://www.interciencia.org.ve>.

Mendoza, H.J.M. 1983. Diagnóstico climático para la zona de influencia inmediata a la U.A.A.A.N Pp.1-5.

Miller. G.L. 1959. " Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugars" Analytical, Chemical 31, 426-428.

Miller D. Dennis. 2004. Química de alimentos, Manual de laboratorio, Ed. Limusa, New York, Pp29-31.

Narro Robles José. 2007. Correlación Ecológica Entre Consumo De Bebidas Alcohólicas Y Mortalidad Por Cirrosis Hepática En México, Salud pública, vol. 39, no.3, México, pág. 1, 2007.

Nobel Park S. 1998. Los incomparables agaves y cactus, ed. Trillas, Mexico, pag. 12- 17.

Other Kirk. 1999. Enciclopedia de Tecnología Química, Tomo II, Edit. Hispanoamericana, 1ra Edición México.

Payno Rendon Manuel. 1990. Dos haciendas pulqueras en Tlaxcala. México: Universidad Iberoamericana, pág 132.

Portillo Alva Benjamin, Manual de prácticas de química analítica I, Instituto Tecnológico de Toluca Ingeniería Química, México, 2008.

PROFECO. 2007. Comercializan como miel de abeja sin serlo, Comunicado a medios No. 39. México, D.F, comunicado el 4 /04/2007.

Ramírez Pompa y Gentry. El maguey: árbol de las maravilla. Editado por el Museo Nacional de Culturas Populares. México, D. F, 1982.

Santos Moreno Armando. 1995. Química y bioquímica de alimentos, Universidad Autónoma Chapingo, Dirección General de Difusión Cultural, México, pp 208, 209.

Secretaría de Economía. 2006. Normas Mexicanas, sociedad Mexicana de normalización y certificación, S.C, Ley Federal sobre Metrología y normalización, art 51-A, 51-B y 66,47 y 69 de su reglamento.

SEDESOL, Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL. 2002.

Valdéz, R. 1985. Estudio fenológico de la U.A.A.A.N en el área correspondiente a Buenavista, Saltillo, Coahuila. Tesis de licenciatura UAAAN.

Watkins 1997. calibration and use of penetrometers, refractometers, gas monitoring equipment, and thermometers. Pp. 31-36

Wharton David. 1972. EXPERIMENTS AND METHODS IN BIOCHEMISTRY. 1ed.The MacMillan Co. Estados Unidos (1972) pp.350.

- ✓ Anónimo 1. 2006. Fichas de datos de seguridad, según reglamento (CE) 1956/, disponible en <http://www.panreac.com/new/esp/fds/ESP/X372047.htm>, accesado el 19/ 1/ 2009.
- ✓ Anónimo 2, 2008, disponible en: <http://www.textoscientificos.com/quimica/cromatografia>.accesado , accesado el 3/4/2009.
- ✓ CARTIF, 2007 boletín No.1, Los alimentos funcionales en la repostería industrial, disponible en: http://www.nutrinal.sicic.com/docs/alimentos_funcionales.pdf, accesado el 29/2/2009.
- ✓ Cortínez U. Rodrigo, Fruticultura moderna por pollotón, 2009, Manual de Minolta CR-300, disponible en: <http://www.geocities.com/Athens/Sparta/4704/indices.htm>, accesado el 22 /4/2009.
- ✓ Empresa Madyava, 2008 reportó que la miel de Agave su densidad, 1.38 gr/ml. disponible en: <http://www.madhavasagave.com/AgaveAdvantages.aspx>, accesado el 28 /7/2009.
- ✓ Enciclopedias de municipios de México del Estado de Oaxaca. 2009. Disponible en: <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/oaxaca/municipios/20437a.htm>, accesado el 28/09/200; 19:04 hrs.
- ✓ Henderson, 1994, <http://www.cannoninstrument.com>, State College, USA.
- ✓ Hernández Reyes Raúl, disponible en: http://www.alimentariaonline.com/desplegar_notas.asp?did=3627, consultada el 26/2/2009.
- ✓ Miel de agave azul orgánica, disponible en: <http://ideas2003.iespana.es/miel/index.htm>, accesado el 5/3/2009.

- ✓ Sangre Azteca, Alimentación saludable, disponible en :
http://www.acambiode.com/producto_84549455075694566656819002055385.html,
accesado el 30/5/2009 a las 22:15 hrs.
- ✓ Sosa Karla María, creciente, el mercado de la miel de agave, disponible en:
<http://www.planetaazul.com.mx/www/2006/12/23/creciente-el-mercado-de-la-miel-de-agave/>,
accesado el 24/2/2009.
- ✓ Fregoso Bonilla Juliana, Secretaría de salud, La miel de agave, una maravilla,
disponible en: <http://www.archivoconfidencial.com.mx/?c=121&a=6418>,
accesado el 20/3/2009.
- ✓ Velásquez Joaquín, 2008, ¿Qué son los aminoácidos?, disponible en:
<http://ponce.inter.edu/cai/reserva/jvelazquez/aminoac.html>,
accesado el 15/10/2009 a las 15:15 hrs.