



EL POTENCIAL QUIMICO E INDUSTRIAL DEL ACEITE DE JOJOBA

DR. JAIME WISNIAK*

La jojoba (Simmondsia chinensis Link Schneider) es una planta originaria de zonas desérticas capaz de crecer y desarrollarse en regiones críticas de sequía.

Una de las cosas que se conocía sobre la jojoba a partir de la conquista de México, a través del cura Clavijero, era que los indígenas usaban especialmente el aceite de jojoba para el tratamiento del cabello.

El aceite de jojoba fue desarrollado originalmente como un sustituto para el aceite de esperma de ballena, esta etapa ya ha sido superada, teniendo ahora este aceite una serie de aplicaciones no conocidas anteriormente.

* Conferencia dictada en la Universidad de Lima por el Dr. J. Wisniak, Catedrático Rector del Dpto. de Investigación y Desarrollo de la Universidad Ben Gurión del Negev de Israel (setiembre 1992)

- *Notas tomadas por Rosario Mâ y Alfonso Sarmiento (Círculo de Estudio de la Jojoba).* -
Resumido y Revisado por Ing. Bertha Díaz Garay.

A fines de los años 60 el aceite de jojoba ganó prominencia especial como el mejor sustituto del aceite de ballena. El estudio intensivo de las propiedades y características químicas del aceite ha demostrado que éste posee un potencial industrial que es superior varias veces al del aceite de ballena. A diferencia de todos los aceites industriales de origen animal y vegetal, el aceite de jojoba es una molécula no saturada con estructura lineal que no contiene glicerina. El aceite puede

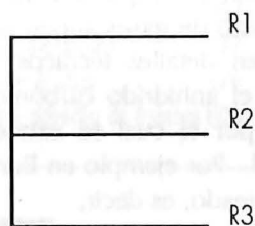
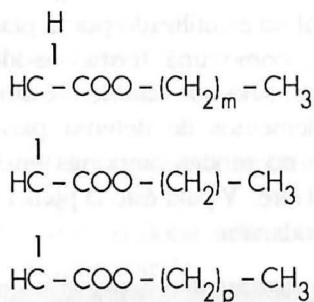
ser extraído de las semillas usando equipo convencional, con la ventaja de no requerir purificación adicional. En su estado natural puede ser utilizado como base de productos farmacéuticos y cosméticos, y como aditivo para aceites lubricantes. Los dobles enlaces y el grupo éster presentes en la molécula son la fuente de un gran número de reacciones químicas que permiten transformarla en valiosos productos industriales.

¿QUE HACE A LA JOJOBA DIFERENTE?

Lo que hace al aceite de jojoba diferente o distinto de todos los otros aceites vegetales que comúnmente conocemos, es en primer lugar, que los aceites comestibles tales como el aceite de algodón, aceite de soya, aceite de girasol, etc. son aceites que contienen glicerina. El aceite de jojoba está formado por una o dos

¿QUE HACE A LA JOJOBA DIFERENTE?

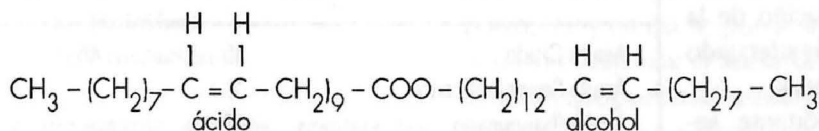
- Los aceites vegetales comunes son triglicéridos



Glicerol Acidos grasos

Donde m, n, p son usualmente 16 y los ácidos grasos contienen, 0, 1, 2 y 3 dobles enlaces. El peso molecular típico está entre 800 y 900

- El aceite de jojoba es un monoéster de cadena lineal de ácidos monoetilénicos y de alcoholes monoetilénicos.



El peso molecular promedio es 606, muy poco glicerol está presente.

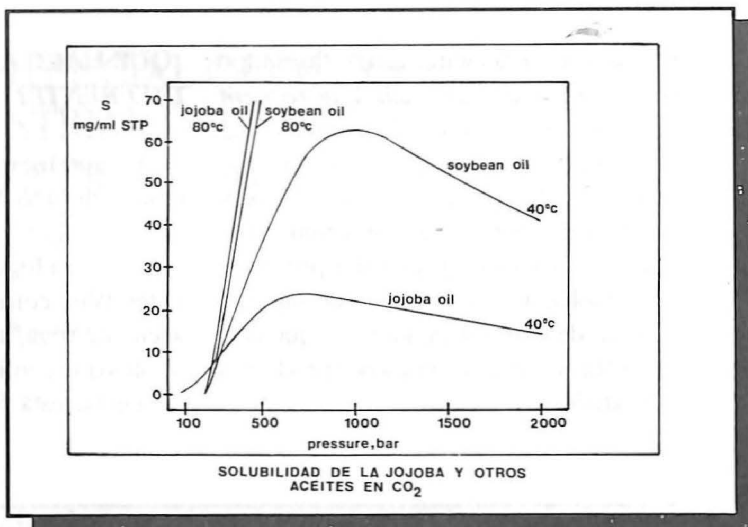
moléculas que representan casi el 90% del aceite, es decir su composición es casi la de un compuesto puro.

La mayor parte de los aceites vegetales que consumimos hoy en día, son extraídos con hexano. El nivel de hexano permitido en los aceites comestibles ha ido bajando en forma drástica. Es muy fácil esperar que en el futuro

el hexano sea un compuesto prohibido para extraer aceite.

Uno de los métodos que está cobrando mucha importancia como método de extracción, es el que se llama extracción por medio de gases supercríticos. Sin entrar en detalles técnicos, la idea es utilizar el anhídrido carbónico como el medio por el cual se extrae cualquier material. Por ejemplo en Europa el café descafeinado, es decir, la cafeína se saca no con un solvente sino con anhídrido carbónico. Este tiene la ventaja de que deja cero residuos en lo que se va a comer y por lo tanto, desde el punto de vista de conservación de la salud, es más adecuado que el hexano.

Es importante señalar, que mucha gente cree que basta extraer el aceite, hacerle un



blanqueo y ya se ha obtenido un excelente aceite para venderlo como materia prima. Cualquier aceite vegetal en forma natural no es utilizado por la planta solamente como una forma de almacenar energía, sino que también le otorga ciertos elementos de defensa para que el aceite no se descomponga en contacto con el aire. Y para esto la planta produce antioxidantes.

Tabla 4: Períodos de Inducción de Diferentes Aceites durante Oxidación Acelerada a 98°C

| Muestra de Aceite | Métodos | |
|----------------------------|--------------------|----------------------|
| | Curva de Oxidación | Índice de Refracción |
| Aceite Crudo | 45 | 45 |
| Aceite Semiclarificado | 2 | - |
| Aceite Blanqueado | 12 | - |
| Aceite Blanqueado+0.02%BHT | 50 | 52 |
| Aceite Blanqueado+0102%BHA | 85 | 85 |

Al comienzo, el error que se cometía era no investigar cuáles eran los antioxidantes presentes en el aceite de jojoba. Se desarrollaba un proceso de blanqueo, quedando un aceite transparente, que en contacto con el aire se ponía rancio rápidamente, por la eliminación previa de los antioxidantes naturales.

El estudio desarrollado en Israel permite sugerir la estrategia del Programa de Investigación sobre posibles usos de la jojoba:

A) Sin cambiar la composición química

A1) Aceite puro (usos médicos, comida, usos eléctricos, usos mecánicos).

A2) Isomerización geométrica de el doble enlace (incremento del punto de fusión).

B) Cambiando la composición química

B1) Atacando el doble enlace

- 1) Hidrogenación
- 2) Sulfurización
- 3) Sulfo-Halogenación
- 4) Halogenación
- 5) Fosfosulfuración
- 6) Fosfonación
- 7) Alquilación (Friedel - Kraft)

B2) Atacando el enlace esteárico

- 1) Hidrólisis
- 2) Amidación

Es importante además, resaltar las propiedades del aceite de jojoba que se muestran a continuación:

PROPIEDADES DEL ACEITE DE JOJOBA

| | |
|------------------------------------|------------------------|
| Punto de Fusión, °C | 7.0 - 10.6 |
| Calor de Fusión por DSC, cal/g | 21 |
| Índice de Refracción a 25°C | 1.4650 |
| Constante dieléctrica | 2.680 |
| Conductividad específica | 8.86.10 ⁻¹³ |
| Gravedad Específica | 0.863 |
| Viscosidad Sayboldt, 100C, SUS° | 127 |
| Punto de Humeo | 195 |
| Punto de Ignición | 295 |
| Punto de Vaporización | 338 |
| Índice de lodo | 82 |
| Índice de Saponificación | 92 |
| Índice de Acidez | <2 |
| Índice de Acetilo | 2 |
| Materias insaponificables | 51 |
| Acidez total % | 52 |
| Índice de lodo de alcoholes | 77 |
| Índice de lodo de ácidos | <76 |
| Peso molecular promedio de ésteres | 606 |

POSIBILIDADES INDUSTRIALES DE LA JOJOBA

Microencapsulado

Dentro de las posibilidades industriales una de las cosas que se han hecho es fabricar el llamado aceite de jojoba en polvo. Hoy en día se puede transformar o micro-encapsular el aceite de jojoba en un talco, que puede ser usado para bebés. El aceite de jojoba tiene una estructura especial que es muy parecida a la estructura del polietileno, por lo que una de las primeras pruebas que se hizo ya hace

muchos años, era tomar polietileno, fundirlo, mezclarlo con aceite de jojoba y después solidificarlo. El polietileno cristalizaba como esferitas o bolitas que dentro contenían el aceite. De manera que si uno espolvoreaba un material estaba lubricando la superficie espolvoreada.

Las curvas muestran lo que pasaría si se dejara tal cual la mezcla y el tiempo que demora el aceite en forma natural en salir afuera.

la capa de ozono, se le ha estudiado también en otro tipo de freones como el freón 114 y el resultado general es la muy alta solubilidad de los freones en el aceite de jojoba. El decir muy alta se refiere, muy alta comparada con la solubilidad de los otros vehículos que normalmente se utilizan en refrigeración por absorción.

Antiespumante

En la fabricación de la penicilina hay un problema muy serio y es que durante la producción del antibiótico, se produce una gran cantidad de espuma. Esto trae como resultado que el nivel efectivo del fermentador sea muy pequeño, y que a nivel industrial se deba usar un antiespumante, que hace disminuir en forma notable la cantidad de espuma.

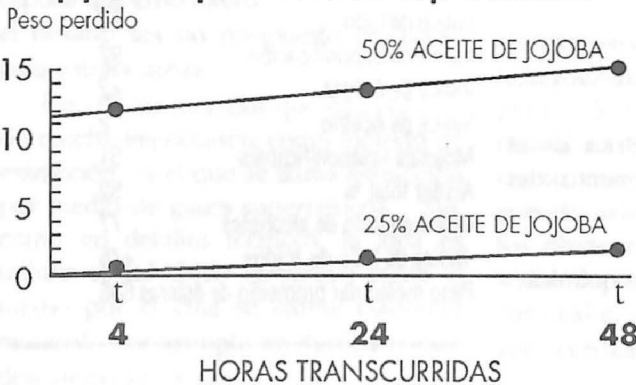
Hace 15 o 20 años atrás, se estudió la posibilidad

de utilizar el aceite de jojoba como reemplazo de los aceites que normalmente se utilizaban en la industria de fermentación.

Se pudo observar que a igualdad de condiciones el aceite de jojoba produce, sino mayores, las mismas condiciones atiespumantes que los aceites usados en forma tradicional en la industria.

Algo que lo hace más importante es que se produce un aumento significativo del rendimiento del antibiótico. Si se observa tomando como base al aceite de ballena, el aceite de jojoba a condiciones especiales puede llegar a

Microencapsulación y difusión del aceite de jojoba en polietileno de baja densidad



Vehículo de Gas Refrigerante

Se ha podido observar que la mayor parte de los gases hidrógeno, freón etc. que se utilizan en ciclos de refrigeración, presentan una solubilidad muy alta en el aceite de jojoba. Se podría entonces diseñar un sistema de refrigeración por absorción basado en los nuevos freones y utilizando la jojoba como vehículo del gas refrigerante.

Se hicieron estudios con el freón 22, pero éstos sólo tendrán un sentido histórico porque el freón 22 es un gas que ataca

Efecto de Aceites variados sobre el porcentaje de penicilina V producida en Shaken Flasks

| Aceite | Concentración | | | | |
|---------------------------------------|---------------|------|------|------|------|
| | 0.25% | 0.5% | 1.0% | 2.0% | 3.0% |
| Aceite de esperma de Ballena(Control) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Aceite de grasas animales | 105 | 105 | 113 | 90 | 85 |
| Aceite de maíz | 97 | 89 | 98 | 67 | 47 |
| Aceite de maní | 96 | 100 | 93 | 72 | 41 |
| Aceite de soya | 100 | 102 | 112 | 74 | 55 |
| Aceite de Jojoba | 108 | 101 | 115 | 125 | 119 |

casi un 25% más de rendimiento en la producción de penicilina.

Aceite Dietético

Otra posibilidad fue la de utilizar el aceite de jojoba como aceite dietético.

La razón, muy sencilla era que el aceite de jojoba no contiene glicerina, al no contener glicerina no debería ser asimilado por el cuerpo, ya que toda la asimilación de grasas y aceites por cualquier ser viviente es a través de glicéridos y triglicéridos.

La compañía Nestlé en su época invirtió muchísimo dinero, varios millones de dólares, en investigación con el fin de utilizar el aceite de jojoba como una alternativa para la gente que quiere mantener la figura.

Experimentos definitivos muestran que el aceite de jojoba no puede ser utilizado directamente como aceite no digestible, de bajo poder calórico.

La mayor parte del aceite es absorbido como tal o hidrolizado.

Las enzimas (transminasa) aumentan

en forma notoria estimulando el daño celular.

Se presentan serios cambios intestinales, vacuolización masiva, depósito de lípidos en enterocitos, distensión de los vilos y ciclo celular acelerado.

Las células epiteliales en el intestino vacuolizadas con

alto porcentaje de grasa, son incapaces de digerir el aceite.

Hidrogenación Parcial

Transformar el aceite de líquido a sólido sin cambiarle su composición química es una ventaja que se obtiene por la hidrogenación. El aceite, que es líquido y que tiene un punto de fusión determinado de alrededor de 10 grados Celcius, se convierte en una cera plástica que puede llegar a tener una temperatura de fusión de hasta 50-60 grados, que es lo máximo que se puede alcanzar. Se puede realizar el proceso que se utiliza en la industria de fabricación de margarinas, por medio del cual tomamos el doble enlace de la jojoba (que tiene la forma de una C mirando al revés) y simplemente le damos vuelta. Los químicos pueden hacerlo sin ningún problema. Todas las grasas naturales poseen la forma TRANS y para los aceites como el aceite de ballena, de jojoba, de algodón, la forma clásica es la forma CIS. Esta última tenemos que transformarla en forma artificial a la forma TRANS. Todo el

estudio de los procesos ya ha sido realizado y utilizado industrialmente. En EEUU se vende lo que se llama JOJOBA BUTTER, es decir la mantequilla de jojoba. En cosmetología, la cera de jojoba podemos utilizarla por ejemplo en la fabricación de lápices labiales. Esto se puede hacer sin ningún problema y es extremadamente barato. La ventaja de la cera de jojoba usada como lápiz labial consiste en la facilidad de pasar del estado sólido al líquido en contacto con la temperatura del cuerpo, cosa que no sucede con otras grasas vegetales o animales empleadas para el mismo fin.

Una plantación de jojoba en una zona desértica del sureste de California.



Hidrogenación total

Otro mercado extremadamente importante de la jojoba resulta la hidrogenación total. Este proceso transforma el aceite en una cera extremadamente dura con un punto de fusión muy alto, 68 grados. Consiste en tomar el aceite y tratarlo con hidrógeno en presencia de un catalizador (níquel) con hidrógeno y transformar el enlace simple en enlace doble o saturado. El costo del proceso es extremadamente barato y no requiere ningún equipo especial. La mayor parte de las industrias que hoy en día trabajan las oleaginosas, normalmente tienen un equipo hidrogenador para fabricar margarinas, el aceite de jojoba se utiliza en la misma forma, no hay que hacerle ningún



cambio especial al equipo. El aceite hidrogenado de jojoba presenta un aspecto similar a escamas de naftalina, es extremadamente cristalino y brillante. Este aceite hidrogenado sirve para producir barnices o ceras de automóviles. Algunas sumamente duras y con mejores rendimientos por su solidez para su uso en protección para pisos. Un ejemplo clásico es la marca que deja el taco cuando éste resbala un poco sobre un piso encerado. La cera de carnauba (que proviene de la palma de carnauba del Brazil) es excelente para este tipo de aplicaciones, pero la jojoba resulta más resistente a la fricción. El aceite de jojoba es posible utilizarlo como reemplazo de la cera de carnauba, con un potencial de 5 mil tal vez a 10 mil toneladas por año. En una prueba, se envió a fabricantes de ceras que hicieran comparaciones entre la cera de carnauba, la cera de abeja y la cera de jojoba hidrogenada, de acuerdo a las especificaciones con las cuales se compra normalmente la cera. Para medir la dureza del material se presiona una aguja bajo ciertas condiciones y se ve cuanto penetra dentro del material (índice de penetración). Todo el que conoce la cera de abeja sabe que es muy blanda, tiene número 20 o 41, contra la jojoba-carnauba que son casi la mitad o tercera parte de la cera de abeja. Con esto se demuestra que el aceite de jojoba hidrogenado es un excelente sustituto de la cera de carnauba.

Antillama-calefacción

Otras investigaciones realizadas se basan en la aplicación de aditivos de cloro y/o bromo. Se eligió el bromo, porque

hay una gran cantidad de materiales extremadamente importantes basados en el bromo. Desde el punto de vista industrial, estos materiales son importantes porque se les puede utilizar como: - materiales antillama (ANTI-FLAMING).- Sirven para proteger las telas u otros materiales de manera que no prendan fuego o que no propaguen la llama.

También en aceites de calefacción, como reemplazo del vapor, ya que cuando queremos calentar con vapor a muy altas temperaturas, tenemos necesariamente que hacerlo a muy altas presiones. Una de las propiedades interesantes, fue una total sorpresa, ya que el aceite de jojoba bromado, con aproximadamente un 34% en peso de bromo, resultó siendo un líquido. Se pensó obtener un sólido y resultó un líquido, menos viscoso que el aceite original, otra sorpresa inesperada que está siendo motivo de investigación.

Aceite de jojoba como reemplazo de la esperma de ballena en lubricantes

El mercado más importante, es utilizar el aceite de jojoba para lo que originalmente se pensó en reemplazo del aceite de ballena. El gran mercado, de casi un 80 o 90%, del aceite de ballena era fabricar lubricantes o más que lubricantes, aditivos para lubricantes. La idea es tomar un aceite como el de ballena o el de jojoba y agregarle los elementos clásicos que contienen los aditivos. Los más importantes son: azufre, un halógeno (normalmente cloro), fósforo o una combinación de estos. Un trabajo clásico que se hizo a comienzos del año 70, en los laboratorios de la Armada de los EEUU en Filadelfia,

fue sulfurizar el aceite de jojoba. Hay dos curvas clásicas que son de comienzos del año 70 y los cuales muestran que el aceite de jojoba sulfurizado es exactamente igual o mejor, desde el punto de vista de lubricación, que el aceite de ballena. Dentro de los mercados de la jojoba es sin duda el de más posibilidades en el futuro y del cual se puede llegar fácilmente a las 50 mil toneladas por año. Esto requiere obviamente una estructura de precios adecuada. Experimentos más detallados consistieron en introducir simultáneamente aceite de jojoba, azufre y cloro.

Residuos nucleares

Un problema importante en la industria nuclear, no es sólo el hecho de que pueda haber una explosión, que de por sí es terrible. El problema es que aún cuando se hicieran las centrales 100% seguras, queda el problema de qué hacer con los residuos. Ciertos derivados, especialmente del plutonio, tienen una vida media de 10 mil años, es decir, la cantidad que está presente en el residuo en 10 mil años más, bajará a la mitad. Lo que se hace hoy en día es guardar los residuos bajo tierra, pero quién puede saber que le puede pasar a la tierra como elemento geológico. Entonces hay muchísima resistencia a almacenar todo este tipo de materiales por el volumen enorme que ocupa. Ya que aunque los compuestos nucleicos están en porcentaje muy pequeño es muy difícil separarlos del volumen total, cuya cantidad si es extremadamente alta. Para extraerlos lo que se hace normalmente es utilizar un compuesto clásico llamado tributilfosfato. Se encontró con sorpresa

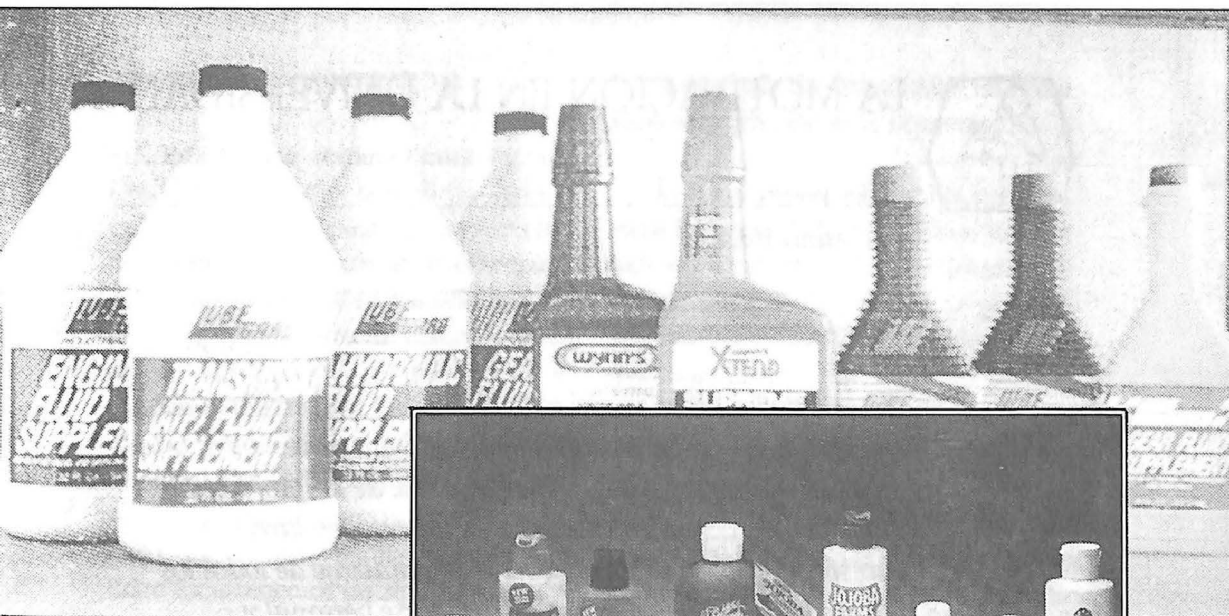
que el derivado de la jojoba llamado difosfonato tiene coeficientes de extracción casi mil veces mayor que el de los compuestos que normalmente se utilizaban en la industria. Por lo tanto si pensamos en los residuos nucleares, vemos que existe un potencial enorme para usar la jojoba en el futuro.

Medio extractivo de los metales blandos

El aceite de jojoba sulfurizado permite limpiar muy bien aguas que contienen mercurio en forma disuelta. Aún cuando lo tenga en forma metálica. Una de las alternativas que se usa en la industria, es oxidar el metal de manera que pueda disolverse en el agua. Por lo tanto hay dos maneras de tratar hoy en día los residuos de mercurio, ya sea juntando las microgotitas o transformándolos en material soluble. Si partimos de un material que tiene 146 partes por millón, lo podemos bajar hasta 5 partes por billón, el cual es el estándar en EEUU e Israel. Las aguas de las industrias que utilizan el mercurio no pueden tener más de 5 partes por billón. Utilizando el aceite sulfurizado de jojoba ese nivel es fácilmente alcanzable.

Alimento para ganado

Por cada 100 kilos de semilla de jojoba que ingresan en la industria, se producen 50 kilos de aceite, el uso general de este último es el que hemos descrito anteriormente. Por otro lado quedan 50 kilos de residuo, que es la mitad de lo que entró a la planta y se le conoce como torta o harina de jojoba. A esta torta se le puede utilizar



Cada día se está incrementando el uso de la jojoba en los productos farmacéuticos, cosméticos y lubricantes industriales.

como alimento para ganado, ya que tiene la mayor parte de los aminoácidos esenciales y posee un alto contenido de proteínas, alrededor del 30%. Se han hecho múltiples estudios al respecto. El problema que se encontró al comienzo, cuando se hacían los experimentos con ratones de laboratorio, era de que estos se ponían a dieta, dejaban de comer y simplemente se morían de hambre. Obviamente ningún ganadero querría que esto le pasara a sus vacas o animales. Lo que se encontró es que la jojoba tiene un cierto producto llamado "simondsina", el cual es un elemento de defensa que la planta desarrolla y que evita que vengan los roedores y se coman la semilla. Los roedores aprenden que no

conviene comerla porque se mueren de hambre. El departamento de agricultura de EEUU. ha encontrado que hay procesos microbiales que pueden reducir suficientemente el contenido de la simondsina a niveles que el animal pueda comerlo sin perder el apetito. Un mercado enorme para la jojoba se obtendría de aislar la simondsina y utilizarla para el consumo humano como un controlador del apetito. El problema es que resulta extremadamente caro hacer este tipo de investigaciones por ahora, pero estos estudios se continúan con el objetivo de encontrar formas más económicas. ■