

UNIVERSIDAD DE CHILE
ESCUELA DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA

Memoria de Título

**COMPARACIÓN DE TRES MÉTODOS PARA LA EXTRACCIÓN DE GOMA DE
LA SEMILLA DE ACACIA DE TRES ESPINAS (*Gleditsia triacanthos L.*)**

PATRICIA ANDREA MARTÍNEZ VÁSQUEZ

SANTIAGO - CHILE
2007

UNIVERSIDAD DE CHILE
ESCUELA DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA

Memoria de Título

**COMPARACIÓN DE TRES MÉTODOS PARA LA EXTRACCIÓN DE GOMA DE
LA SEMILLA DE ACACIA DE TRES ESPINAS (*Gleditsia triacanthos L.*)**

**COMPARISON OF THREE METHODS FOR THE GUM EXTRACTION OF THE
SEED OF ACACIA OF THREE THORNS (*Gleditsia triacanthos L.*)**

PATRICIA ANDREA MARTÍNEZ VÁSQUEZ

SANTIAGO - CHILE
2007

UNIVERSIDAD DE CHILE
ESCUELA DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA

**COMPARACIÓN DE TRES MÉTODOS PARA LA EXTRACCIÓN DE GOMA DE
LA SEMILLA DE ACACIA DE TRES ESPINAS (*Gleditsia triacanthos L.*)**

Memoria para optar al Título Profesional de:
Ingeniero Agrónomo
Mención: Agroindustria

PATRICIA ANDREA MARTÍNEZ VÁSQUEZ

PROFESORES GUÍAS	Calificaciones
Sra. Berta Escobar A. Prof. de Química y Cs. Naturales	68
Sra. Ana María Estévez A. Ingeniero Agrónomo, M.S.	68
PROFESORES EVALUADORES	
Sr. Fernando Figuerola R. Ingeniero Agrónomo, M.S.	67
Sr. Julio Haberland A. Ingeniero Agrónomo, Ph.D.	65

SANTIAGO, CHILE. 2007.

A mi Familia

AGRADECIMIENTOS

Agradezco sinceramente a todas las personas que hicieron posible la realización de esta memoria, en especial a:

- A mis profesores guías, Sra. Berta Escobar y Sra. Ana María Estévez, por su disposición, aportes y orientación durante la realización de esta investigación.
- A los profesores Sr. Fernando Figuerola y Sr. Hugo Núñez por su colaboración y conocimientos aportados.
- A Tania Valenzuela y Julia Muñoz por su colaboración, simpatía y apoyo constante.
- A mis padres y hermanos, ya que sin ellos esta memoria no habría sido posible.
- A mis amigas por su apoyo y comprensión.
- A mis compañeros por los momentos compartidos durante todo este tiempo y a todas aquellas personas que de un modo u otro ayudaron en la realización de este proceso.

INDICE

RESUMEN.....	7
Palabras claves	7
SUMMARY	8
Key Word	8
INTRODUCCIÓN	9
MATERIALES Y MÉTODO	13
Lugar de estudio	13
Materiales	13
Método	14
Tratamientos y diseño de experimentos	14
Análisis físicos y químicos.....	15
Análisis estadístico.....	16
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
Goma obtenida	17
Características químicas y físicas de la goma obtenida	20
Humedad	20
Proteínas	21
Extracto etéreo.....	21
Fibra cruda.....	22
Cenizas	22
Color.....	23
Propiedades Tecnológicas y Viscosidad	26
Capacidad de retención de agua	26
Capacidad de absorción de aceite.....	27
Hinchamiento	28
Viscosidad	29
CONCLUSIONES	31
LITERATURA CITADA.....	32

RESUMEN

Debido a la necesidad de encontrar nuevas alternativas de gomas comerciales, la obtención de goma de semilla de acacia de tres espinas (*Gleditsia triacanthos* L), se ve como una posibilidad interesante. Los objetivos de esta investigación fueron comparar el rendimiento de tres métodos de extracción para la obtención de goma de la semilla de acacia de tres espinas; estudiar el efecto de la temperatura de las soluciones utilizadas y del tiempo de contacto entre semilla y solución; además de caracterizar física, química y tecnológicamente la goma de mejor rendimiento.

Para la obtención de goma, se utilizaron 3 métodos de extracción, los cuales fueron soluciones de H₂SO₄ (72% p/v) y NaOH (0,75% p/v) y agua. Para los tres métodos se ocuparon las mismas temperaturas (70 y 90°C) y tiempos de contacto entre semilla y solución (15 y 25 minutos). La relación semilla : solución fue 1:3.

Las extracciones de mayor rendimiento se analizaron física y químicamente, determinando: color, humedad, cenizas, proteínas, fibra cruda y lípidos. Además, se las analizó tecnológicamente, determinando: capacidad de retención de agua, absorción de aceite, hinchamiento y viscosidad, esta última, a dos concentraciones (0,3% y 0,6%) y temperaturas (20°C y 80°C). A cada uno de los tratamientos se les realizaron tres repeticiones; la unidad muestral utilizada fue de 100 g de semillas de *gleditsia*.

El medio de extracción por agua no produjo una separación de la testa por lo cual no se pudo extraer goma. Lo mismo que ocurrió al utilizar temperaturas de 70°C en que se obtuvieron rendimientos muy pequeños.

El mayor rendimiento de la goma se obtuvo utilizando H₂SO₄ 72% p/v a 90°C, de un 32,4% del peso de semilla, no existiendo diferencias significativas entre los tiempos de 15 y 25 minutos. Al usar NaOH los rendimientos fueron menores alcanzando un 17,6%.

Los valores de proteína, extracto etéreo y cenizas fueron mayores en la extracción ácida; sin embargo, en el caso de fibra cruda y humedad se obtuvieron los mayores valores con la extracción alcalina.

Las propiedades tecnológicas y la viscosidad dieron como resultado que la goma extraída mediante H₂SO₄ a 90°C por 25 minutos, es la que presenta los mejores valores acercándose a los de la goma de algarrobo. Lo anterior indica que podría ser factible en el futuro, incorporar la goma de semilla de *Gleditsia* a diferentes productos alimenticios.

Palabra claves

- Gomas, hidrocoloides, galactomananos, extracción química.

ABSTRACT

Due to the need to have new alternatives to commercial gums, the obtaining of gum from acacia of three thorns seeds (*Gleditsia triacanthos* L.) it is seen as an interesting possibility. The objectives of this research, were to compare the yield of three methods of gum extraction from the seeds of acacia of three thorns; to evaluate the effect of the solutions temperature and the contact time between seed and solution; and, to characterize physically, chemically and technologically the gum of best yield.

For the gums obtaining, 3 methods of extraction were used, namely H₂SO₄ (72% w/v) and NaOH (0.75% w/v) and water. For the three methods the same temperatures (70 and 90°C), and times of contact between seed and solution were used (15 and 25 minutes). The relation seed: solution was 1: 3.

Gums of the highest yield, were analyzed physically and chemically determining: colour, moisture, ashes, proteins, crude fibre and lipids. The three gums which showed the best yields were analyzed to determined their technological properties: water retention capacity, oil absorption, swelling; and viscosity at two concentrations (0.3% and 0.6%) and temperatures (20°C and 80°C). To each one of the treatments three replication were done; the used unit sample was of 100 g of seeds of *Gleditsia*. When used water as extraction media, it did not produce any destruction of the seed coat, thus gum could not be extracted. The same happened when using temperatures of 70°C, obtaining very low yields.

The highest yield of gum was obtained when using H₂SO₄ at 90°C, 32.4% related to the seed weight; it does not exist significant differences between the times of 15 and 25 minutes. When using NaOH, the yields were smaller, 17.6%.

The values of protein, ether extract and ashes were higher in the acid extraction, but in the case of crude fibre and moisture the highest values were obtained with the alkaline extraction.

According to the technological properties and viscosity, the gum extracted by H₂SO₄ at 90°C for 25 minutes, showed the best values, approaching to those of the algarrobo seed gum, So, it could be feasible in the future, to incorporate the *Gleditsia* seed gum into different food products.

Key words

Gums, hydrocolloids, galactomannans, chemical extraction

INTRODUCCIÓN

Existen varias leguminosas arbóreas proveedoras de gomas vegetales. Solo algunas tienen potencial o han sido aprovechadas con fines comerciales.

La factibilidad técnica del aprovechamiento del fruto de la acacia de tres espinas para obtener un espesante similar al que se obtiene del algarrobo europeo (*Ceratonia siliqua L.*), ha sido demostrada por varios estudios (Garibotti, 2001).

La acacia de tres espinas (*Gleditsia triacanthos L.*), conocida también en Argentina como espina corona, es un árbol de hoja caduca, de 25 m de altura, de hojas compuestas bipinadas; flores pequeñas y yemas florales protegidas por grandes espinas; sus frutos, legumbres indehiscentes y elongadas, son de 30 a 45 cm. de longitud, en cuyo interior se encuentran numerosas semillas aplanadas, duras y lisas (Hoffmann, 1995).

Las semillas de color pardo a castaño oscuro, muy duras y lisas, se encuentran dentro de la vaina en número de 20 a 22 semillas (Escobar *et al.*, 2005b).

Dentro de sus usos, se planta abundantemente para formar cercos vivos y cortinas cortaviento. A pesar de su hermoso aspecto, no es muy utilizada como ornamental, debido a sus grandes y peligrosas espinas (Hoffmann, 1995).

Según Sánchez (1999), la madera se emplea en carpintería y ebanistería. Los frutos se han empleado como alimento para el ganado, aunque solo en épocas de escasez, debido a que tiene efectos laxantes. De las semillas se obtiene un tipo de goma que se extrae del endosperma, la cual, se puede emplear para cremas, helados, etc.

Resico (2001), señala que el principal inconveniente de la goma, para alcanzar su desarrollo como producto comercial radica en la presencia de saponinas, que aunque mínima, ha impedido su inscripción en el Código Alimentario Argentino, y por lo tanto ha cortado sus posibilidades en el mercado.

Por la necesidad de extraer las gomas es necesario conocer que son y de que se componen.

Las gomas o hidrocoloides son macromoléculas polisacáridos que tienen gran capacidad de retener agua y formar suspensiones coloidales, se usan en la formulación de muchos alimentos principalmente por su capacidad texturizante, de viscosidad o espesamiento. Poseen la ventaja de no impartir aroma ni sabor a los productos en que se añaden, pero inciden en su aceptabilidad ya que mejoran su textura y/o consistencia; su complejidad les impide ser metabolizadas por seres humanos, por lo cual no aportan calorías a la dieta (Glicksman, 1991, citado por Dziezack, 1991).

Los agentes espesantes y de gelificación se usan extensamente en productos alimenticios, principalmente para hacerlos atractivos al consumidor y para mejorar su vida útil ligando el agua, para controlar la textura, para influenciar la cristalización, para mejorar el comportamiento congelamiento/descongelamiento, para prevenir sinéresis, y la retrogradación de los productos con almidón, para mantener la turbiedad de bebidas y jugos con fibras dietéticas. También se utilizan en productos farmacéuticos y cosméticos (Williams y Phillips, 2001).

Las gomas vegetales de uso generalizado son los galactomananos de semillas de guar y algarrobo europeo, los exudados, goma arábiga y tragacanto, las de las algas, carragenanos y alginatos. Todos ellos son muy utilizados en la tecnología alimentaria (Fennema, 1993).

El contenido de galactosa de la goma de algarrobo europeo es 17-26% p/p.; en la goma de tara 25%p/p; y en la goma guar 33-40%p/p. Los galactomananos se componen de una cadena lineal de D-manosa unidas por enlaces β (1-4), con ramificaciones formadas por unidades de D-galactosa ligados a ella, por enlaces glucosídicos α (1-6) (William y Phillips, 2001).

Debido a la similitud que existe entre la acacia de tres espinas y el algarrobo chileno (*Prosopis chilensis* (Mol.) Stuntz), en cuanto a su fisiología y características de la semilla; se ve como una posibilidad obtener gomas de semillas de acacia de tres espinas, mediante métodos químicos ya utilizados en el algarrobo chileno.

Estévez *et al.*, (2004) han ensayado diversos métodos de extracción de goma de semilla de algarrobo, probando H_2SO_4 al 72% p/v como medio de extracción, con la cual se logra la desintegración de la testa.

Según Suárez (2003), en la semilla de algarrobo chileno, el método de extracción con NaOH (0,75% p/v), fue más eficiente que el realizado con H_2SO_4 (72%p/v), pues, se obtuvo un mayor rendimiento de goma extraída, con temperaturas de 80°C y altos tiempos de extracción.

Por la dificultad de extraer la goma desde el endospermo de las semillas, al poseer una testa muy dura y difícil de escarificar, se ve como una posibilidad ocupar medios químicos de extracción, ya probados en la goma de algarrobo chileno, con la desventaja de que estos son potencialmente agresivos para el medio ambiente; es por esto, que se busca encontrar el tratamiento más eficiente tanto en el rendimiento como en la pureza de la goma obtenida.

Para evaluar el uso posible de la goma de la semilla de *Gleditsia* como aditivo alimenticio, es necesario saber sobre su método de extracción, de sus propiedades funcionales y otros, como la viscosidad bajo algunas condiciones, de temperatura y concentración.

Los hidrocoloides se caracterizan porque su dispersión en agua se ve afectada por la temperatura y porque presentan una limitada solubilidad en solventes orgánicos. Así, para

que exista una máxima solubilidad de la goma del algarrobo en agua se necesita temperatura de ebullición, al contrario de la metilcelulosa que se dispersa en agua fría (Yáñez, 1986; citado por Espinoza, 2002).

Fox (1992, citado por Cruz, 1999), señala que la viscosidad es el criterio de calidad más importante para los agentes de espesamiento, y que los galactomananos producen dispersiones acuosas altamente viscosas en bajas concentraciones (0,5-2%), exhibiendo un comportamiento no newtoniano.

Según el Reglamento Sanitario de Alimentos Chileno, se permite el uso de espesantes o hidrocoloides como agar, alginatos, carragenanos, agar danés, goma arábiga, goma garrofin, goma gelan, goma guar, goma karaya, goma tragacanto, goma xantano y pectinas, entre otros, de acuerdo con las prácticas correctas de fabricación (Ministerio de Salud, 1998).

A la hora de seleccionar una goma para su aplicación, se deben tener en cuenta varios factores como, la solubilidad o dispersabilidad de la goma; la compatibilidad con otros ingredientes en el alimento; estabilidad a pH, temperatura y estrés mecánico, sinergismo o antagonismo con otras gomas; efecto sobre el color y gusto; estabilidad microbiana; permiso de ser incorporado en alimentos y su rentabilidad (Blenford, 1986; citado por Dziezack, 1991).

Sáenz *et al.*, (2003) señalan que los métodos de extracción influyen en las propiedades funcionales de los hidrocoloides, y que la goma de algarrobo presenta propiedades similares a las gomas comerciales de mayor utilización en la industria de alimentos como goma guar, arábiga, y xantano.

De acuerdo con lo anteriormente expuesto se plantea la siguiente hipótesis y objetivos.

Hipótesis

El método de extracción con agua es igual en rendimiento que los otros métodos.

Objetivos

- Comparar tres métodos de extracción para la obtención de goma de la semilla de acacia de tres espinas en cuanto a rendimiento y pureza.
- Determinar el efecto del tiempo de contacto entre semilla y solución, y de la temperatura de las soluciones utilizadas, sobre la cantidad de goma obtenida.
- Caracterizar física, química y tecnológicamente la goma de mejor rendimiento y calidad.

MATERIALES Y MÉTODO

Lugar del estudio

El proceso de extracción de goma de semilla de la acacia de tres espinas además de los análisis físicos y químicos al producto obtenido, se llevó a cabo en los laboratorios del Departamento de Agroindustria y Enología, de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

Materiales

Se trabajó con semillas de la acacia de tres espinas (*Gleditsia triacanthos L.*), provenientes del campus Antumapu, Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile. Para la extracción, se utilizaron soluciones de NaOH (0,75 % p/v), H₂SO₄ (72%p/v) y agua, a temperaturas de 70°C y 90°C; y tiempos de contacto de 15 y 25 minutos, con una relación entre solución y semilla de 3:1.

Método

Tratamientos y Diseño de Experimentos

El proceso se inició con la selección de la materia prima, en términos sencillos semillas sin daño mecánico ni provocado por insectos. Posteriormente se llevó a cabo la extracción de goma, para lo cual, se realizó una inmersión de las semillas en tres soluciones diferentes, a diferentes tiempos y temperaturas de contacto; en el cuadro 1 se detallan los diferentes tratamientos y los pasos seguidos para la obtención de goma.

Cuadro 1. Extracción de goma desde la semilla

Tratamiento Hidróxido de sodio	Tratamiento Ácido sulfúrico	Tratamiento Agua ¹
Inmersión en NaOH (0,75 % p/v), a T°(70 y 90°C).	Inmersión en H ₂ SO ₄ (72%p/v), a T°(70 y 90°C).	Inmersión en Agua, a T°(70 y 90°C).
Lavado de semillas con agua.	Lavado de semillas con agua.	
Remojo de semillas en agua por 16 horas.	Remojo de semillas en agua por 10 horas.	Remojo de semillas en agua por 12 horas.
Separación manual, testa, goma y cotiledón.	Separación manual, testa, goma y cotiledón.	Separación manual, testa, goma y cotiledón.
Secado de la goma en estufa a 37°C hasta 4-5% de humedad.	Secado de la goma en estufa a 37°C hasta 4-5% de humedad.	Secado de la goma en estufa a 37°C hasta 4-5% de humedad.
Molienda en moladora de café marca Moulinex 505.	Molienda en moladora de café marca Moulinex 505.	Molienda en moladora de café marca Moulinex 505.
Envasado.	Envasado.	Envasado.

Para los tres métodos se ocuparon los mismos tiempos de contacto entre semilla y solución (15 y 25 minutos).

¹ Fernando Figuerola, Ing. Agrónomo, M. S. Profesor Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Fac. Cs. Agrarias, Universidad Austral de Chile. Comunicación personal (2005).

Análisis físicos y químicos

La goma obtenida fue sometida a los siguientes análisis físicos y químicos:

Rendimiento: Se calculó usando el peso de goma obtenido por los distintos métodos, después de ser deshidratada en estufa; con relación a 100 gramos de semilla.

Humedad: Secado en estufa a presión reducida a 70°C a peso constante (A.O.A.C, 1984).

Color: Se determinó con colorímetro de reflectancia, marca Minolta modelo CR-2001, midiendo los parámetros L*,a*,b*; además se calculó C* y H* (McGuire, 1992).

Las tres gomas de mejor rendimiento entre los tratamientos se analizaron química y tecnológicamente:

Cenizas: Incineración en mufla a 550°C (A.O.A.C, 1984).

Proteínas: Por el método de Micro-Kjeldhal El factor de conversión usado fue de 6,25. (A.O.A.C, 1984).

Extracto etéreo: Se determinó por extracción en Extractor Soxhlet, usando éter petróleo como solvente (A.O.A.C, 1984).

Fibra cruda: Hidrólisis ácida, con H₂SO₄ 0,255N, e hidrólisis básica con NaOH 0,313N (A.O.A.C, 1984).

Capacidad de retención de agua (WRC): Capacidad de retención de agua, en solución buffer fosfato (Femenia *et al.*, 1997).

Capacidad de absorción de aceite (FAC): Índice de absorción de aceite (Femenia *et al.*, 1997).

Hinchamiento (Sw): en solución buffer fosfato (Femenia *et al.*, 1997).

Viscosidad: Las dispersiones se prepararon a dos concentraciones (0,3 y 0,6% p/v); fueron mezcladas con un agitador magnético a 50°C por 90 minutos, y homogeneizadas con un Braun Minipimer por un minuto (Kronberg, Alemania). Se midió con viscosímetro Haake durante 5 segundos, a 20°C y a 80°C, después de 24 horas.

Análisis estadístico

El diseño fue completamente aleatorio con estructura factorial 3*2*2, con 3 repeticiones. El primer factor correspondió a las soluciones de inmersión (NaOH, H₂SO₄, Agua); el segundo factor, la temperatura de exposición (70 y 90°C); el tercer factor correspondió al tiempo de contacto entre solución y semilla (15 y 25 minutos). La unidad experimental fue de 100 gramos de semilla.

Los resultados se analizaron por análisis de varianza (ANDEVA), y cuando se detectaron diferencias significativas se aplicó el método de rango múltiple de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Goma obtenida

Debido a la imposibilidad de obtener goma con la extracción mediante agua, y el mínimo obtenido con temperaturas de 70°C; de manera de evitar errores en el análisis estadístico y tener una mejor comprensión de los valores arrojados, fue necesario cambiar la estructura factorial de 3*2*2; a una estructura 2*2*2, por lo tanto, fue eliminada el agua del análisis de este experimento.

El agua a pesar de ser un solvente universal, no fue capaz de romper la testa de las semillas de gleditsia, al estar muy lignificadas; el leve hinchamiento arrojado por una mínima porción de semillas de gleditsia, podría deberse a alguna herida o daño en la testa, pero a pesar de la hidratación de la goma, la fuerte adhesión de la goma a la testa hace muy difícil su remoción. Todo lo cual hace pensar, que una solución podría ser una previa trituration de las semillas y luego proceder con el tratamiento térmico.

En la Figura 1, se puede apreciar el leve hinchamiento de las semillas de gleditsia tratadas con agua a 90°C.



Figura 1. Semillas de gleditsia, después del tratamiento térmico con agua a 90°C.

Los tratamientos efectuados con temperaturas de 70°C en las diferentes soluciones tampoco arrojaron datos para evaluación debido a la imposibilidad de esta temperatura de romper la testa de las semillas, observándose en estos casos sólo un hinchamiento de las semillas muy parecido a lo que ocurre con el agua; por esta razón es ínfima la extracción de goma.

Al utilizar H₂SO₄ (72% p/v) a 90°C, como medio de extracción, se desintegró la testa, lo que permitió una fácil remoción, y finalmente la extracción de la goma, con la separación del cotiledón. La cantidad de goma obtenida aumentó a medida que la temperatura fue mayor, en cuanto a los tiempos, el rendimiento fue igual tanto para 15 como 25 minutos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Goma obtenida (g/100g de semilla) al utilizar H₂SO₄ (72% p/v) como medio de extracción.

Temperatura (°C)	Tiempo (min)		
	15	25	Prom. Tiempo
70	0,13	1,2	0,67B*
90	32,43	32,43	32,43A
Prom. Tem	16,28a	16,82a	

* Letras distintas indican diferencias significativas con probabilidad de error de 5% (las letras mayúsculas comparan verticalmente el factor temperatura, las letras minúsculas comparan horizontalmente el factor tiempo).

En el Cuadro 2 se observa que el mayor rendimiento se obtiene al usar H₂SO₄ (72% p/v) a 90°C, pero que no existen diferencias en cuanto al tiempo de contacto, ya que este es igual para 15 y 25 minutos, alcanzando 32,4 % respecto del peso de semilla. Este valor es superior al obtenido por Suárez (2003), quien utilizando semillas de algarrobo chileno, obtuvo al extraer con H₂SO₄ un 24,4%.de goma.

Cuadro 3. Goma obtenida (g/100g de semilla) al utilizar NaOH (0,75% p/v) como medio de extracción.

Temperatura (°C)	Tiempo (min)		
	15	25	Prom. Tiempo
70	0,30	0,43	0,37B*
90	8,03	17,6	12,82A
Prom. Temp.	4,17b	9,02a	

* Letras distintas indican diferencias significativas con probabilidad de error de 5% (las letras mayúsculas comparan verticalmente el factor temperatura, las letras minúsculas comparan horizontalmente el factor tiempo).

El Cuadro 3 presenta la cantidad de goma obtenida al utilizar NaOH (0,75% p/v) como medio de extracción. Los valores obtenidos por la extracción alcalina, demuestran un menor rendimiento, notándose la insignificancia de los valores a 70°C. También se ve que el mejor tratamiento es a 25 minutos con 90°C.

Según Suárez (2003) la extracción con NaOH (0,75% p/v) permite un mejor pelado de la semilla de algarrobo chileno que una extracción ácida, ya que al usar temperaturas altas de contacto (70, 80 y 90°C) durante 10, 15 y 20 minutos sin dañar la testa y la goma, obtuvo un rendimiento de 27,7%. Al igual que en el caso de H₂SO₄, los mayores rendimientos de gomas se obtienen al usar temperaturas y tiempos más altos de contacto.

Comparando los rendimientos de goma obtenidos con H₂SO₄ (72% p/v), éste fue mayor que en el caso de NaOH (0,75% p/v), lo que se puede deber al efecto desintegrador del ácido sobre la testa a temperaturas de 90°C. A 70°C el ácido no causa un efecto total sobre la testa de la semilla, lo cual, impide la hidratación de la goma y finalmente su extracción.

A diferencia de lo que señala Suárez (2003), quién obtuvo los mejores rendimientos en la extracción de mucílago de semillas de algarrobo chileno con el NaOH a temperaturas de 80°C a altos tiempos de contacto, en *gleditsia* se obtuvieron buenos rendimientos, pero menores comparados a los obtenidos por la extracción con ácido; lo que puede explicarse por diferencias propias de la especie, o tal vez, a que la semilla utilizada en su investigación no estaba en buenas condiciones, por la presencia y daño de insectos (bruco), lo cual puede haber influido en los rendimientos.

Escobar *et al.* (1987), estudiaron frutos y semillas de algarrobo chileno de distintas zonas, concluyendo que el rendimiento de las semillas es variable de acuerdo a la procedencia de estas. Las semillas presentaron contenidos de alrededor de 30% de goma, extraídas con NaOH al 0,5% a 75°C durante 4 a 10 minutos.

Al comparar los rendimientos, se observa que los mejores valores fueron al utilizar ácido como medio de extracción, lo que se puede explicar por la acción que tiene este sobre la testa, ayudando a una fácil remoción, favoreciendo una mayor calidad de la goma, al no dejar testa adherida, lo que favorece a la pureza, y el color de la goma obtenida.

Según Escobar *et al.*, (2005a) los métodos de extracción pueden ser una limitante, tanto desde el punto de vista económico como ambiental, por lo que es un aspecto que se debe continuar estudiando.

Debido a la imposibilidad y a los mínimos rendimientos obtenidos en algunos tratamientos, solo se caracterizarán química y físicamente, cuatro gomas, las que correspondieron a los mejores rendimientos de los tratamientos a 90°C por 15 y 25 minutos, con H₂SO₄ (72% p/v), y con NaOH (0,75% p/v). Cabe señalar que a la goma extraída con álcalis a los 15 minutos, solo se analizó humedad y color, por el bajo volumen obtenido.

Características químicas y físicas de la goma obtenida

Los resultados obtenidos de los análisis físicos y químicos realizados a la goma extraída con H₂SO₄ (72% p/v) y NaOH (0,75%) se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Características químicas de la goma de gleditsia obtenida mediante H₂SO₄ (72% p/v) y NaOH (0,75% p/v), a 90°C.

	Tratamientos			
	H ₂ SO ₄ /15	H ₂ SO ₄ /25	NaOH/15	NaOH/25
Humedad ²	3,02a ¹ B	2,59aB	4,43aA	5,51aA
Proteínas ²	10,24aA	4,87bA	-	5,56bB
Cenizas ²	1,58bA	2,18aA	-	1,09bB
Fibra cruda ²	1,51aB	0,83bB	-	1,77aA
Extracto Etéreo ²	0,64aA	0,52bA	-	0,46bB
Extracto no nitrogenado*	83,01	89,01		85,61

¹Letras distintas indican diferencias significativas con probabilidad de error de 5% (las letras minúsculas comparan horizontalmente los tiempos de contacto entre semilla y medio; mayúsculas indican diferencias entre los medios de extracción).

²Unidades expresadas en g/100g b.m.s. (base materia seca).

*Por diferencia.

Humedad

La humedad de la goma extraída con H₂SO₄ a 90°C en ambos tiempos de contacto no presentó diferencias significativas, las que fluctuaron entre 3,02 y 2,59%; estos valores fueron menores a los obtenidos en la goma extraída con NaOH a 90°C que fluctuaron entre 4,43y 5,51% (Cuadro 4).

Suárez (2003), obtuvo valores similares de 2,96 y 5,58%, al extraer la goma de algarrobo con ácido, al igual que los obtenidos con NaOH 0,75% p/v por 20 minutos, de 1,4 y 5,1%.

Estos a la vez, son muy inferiores a los obtenidos por Vásquez *et al* (1984) y Carreño *et al.*, (1991), citados por Suárez (2003), que obtuvieron una humedad para la goma de algarrobo extraído con NaOH 0,5% p/v a 75°C por 10 minutos de 8 y 7,42% respectivamente.

Proteínas

Se observa diferencia significativa entre las soluciones utilizadas y en los tiempos de extracción, obteniéndose un mayor contenido con el ácido a menos tiempo de contacto.

El contenido de proteínas en la goma extraída con H_2SO_4 a $90^\circ C$ disminuyó al aumentar el tiempo de contacto de 15 a 25 minutos. El tratamiento de $90^\circ C$ por 15 minutos fue significativamente más alto, llegando a 10,5% de proteínas, ya que a 25 de contacto fue de 4,54% (Cuadro 4).

En los resultados obtenidos al usar NaOH a la misma temperatura, el mayor valor fue de 5,76% al usar 25 minutos de contacto; muy parecido a lo que se extrajo con ácido.

Según Suárez (2003) el factor temperatura influyó en los resultados obteniéndose diferencias significativas entre los tratamientos, a $70^\circ C$ (4,03% de proteína) y los $80^\circ C$ y $90^\circ C$ (5,03 y 5,29% de proteína respectivamente), para la extracción alcalina (0,75%) por 10 minutos, en goma de algarrobo chileno. Estos últimos valores son muy similares a los obtenidos en esta investigación.

Benucci (2001) señala que la goma de gleditsia extraída con NaOH 0,75% p/v por 10 minutos a ebullición, tiene un contenido de 5,55% de proteínas.

Al compararlos con los valores obtenidos por Vásquez *et al.* (1984). y Carreño *et al.* (1991), citados por Suárez (2003), quienes obtuvieron en la goma de algarrobo 6,9 y 6,0% de proteínas respectivamente, utilizando álcali como medio de extracción, concuerdan con los valores arrojados por su parte durante la extracción alcalina en gleditsia.

Escobar *et al.*, (1987) obtuvieron 7,5% de proteínas en goma de algarrobo chileno extraído con NaOH al 0,5% a $75^\circ C$ durante 4 a 10 minutos.

Estévez *et al.* (2004), señalan que la extracción ácida dio lugar a un contenido proteínico más bajo debido a la hidrólisis molecular causada por el ácido. En la extracción alcalina el valor observado fue más bajo que lo divulgado por Vásquez *et al.*, (1984), citado por Suárez (2003) para el algarrobo chileno (6,9%); el cual también es superior al obtenido en esta investigación.

Extracto Etéreo

Los resultados del extracto etéreo obtenidos en la goma extraída con H_2SO_4 presentaron diferencias significativas, comparados con la extracción alcalina, obteniendo 0,64% de lípidos en la extracción ácida y 0,46% en la alcalina.

En cuanto al tiempo de contacto también se observan diferencias siendo mayores a los 15 minutos (0,64%), en comparación (0,52%) a los 25 minutos, a 90°C, para la extracción ácida (Cuadro 4).

En el caso de la extracción realizada con NaOH, los valores permanecieron similares a los de la extracción ácida a 25 minutos con un valor de 0,49% de lípidos, no se puede ver la comparación a los 15 minutos, debido a que la extracción de goma fue mínima, no alcanzando para hacer una caracterización de está.

Benucci (2001) señala que la goma de gleditsia posee 0,53% de lípidos al ser extraída con NaOH a 0,75% p/v por 10 minutos a ebullición.

Los valores también se asemejan a los obtenidos por Vásquez *et al.* (1988), en gomas de algarrobo, de 0,4% de extracto etéreo en goma extraída con NaOH 0,5 % a 75°C por 5 a 10 minutos, utilizando semillas provenientes de la Estación experimental Germán Greve Silva. Por otro lado, Escobar *et al.* (1987), obtuvieron en gomas de algarrobo, de semillas provenientes de Ovalle y Polpaico, valores menores que oscilaron entre 0,1 y 0,2 % de lípidos respectivamente, esta diferencia podría deberse a diferencias de la especie en estudio.

Fibra Cruda

La extracción mediante H₂SO₄ (72% p/v) a los 90°C arrojó un contenido de fibra cruda de 1,52 y 0,83% a los 15 y 25 minutos respectivamente. Lo que demuestra una diferencia significativa entre los tiempos de contacto (Cuadro 4).

La obtención de goma con NaOH (0,75%) a los 90°C y 25 minutos de contacto, dio como resultado un contenido de 1,77% de fibra cruda. Valor inferior a lo que señala Benucci (2001), obteniendo en goma de gleditsia extraída con NaOH a 0,75% p/v por 10 minutos a ebullición, un contenido de 5,27% de fibra cruda.

Escobar *et al.*, (1987) obtuvieron valores de fibra cruda de gomas extraídas de semillas de algarrobo de Polpaico y Ovalle, de 1,4 y 1,3% respectivamente, mediante un tratamiento con NaOH al 0,5% a 75°C durante 4 a 10 minutos, los cuales se asemejan a los obtenidos en esta investigación.

Cenizas

Los valores de ceniza de la goma obtenida a través de la extracción con H₂SO₄ a 72% p/v, analizados por tiempo demuestran que existen diferencias significativas entre los tratamientos. Los valores más altos se obtuvieron utilizando 25 minutos de contacto a 90°C (2,18%), y de 1,58% de cenizas a los 15 minutos.

Suárez (2003) obtuvo valores de cenizas de 2,17 y 2,12% a 90°C en 15 y 20 minutos respectivamente, con la extracción alcalina en algarrobo; valor superior al 1,09% arrojado en esta investigación a los 25 minutos a 0,75% de concentración y 90°C.

Benucci (2001) señala que la goma de gleditsia extraída con NaOH a 0,75% p/v por 10 minutos a ebullición, fue de 1%, muy parecido a los 1,09% obtenido con 25 minutos a la misma concentración.

Vásquez *et al.* (1984), y Carreño *et al.* (1991, citados por Suárez, 2003) obtuvieron valores de 1,9 y 1,68% de cenizas respectivamente, en goma de algarrobo extraída con NaOH 0,5% p/v a 75°C por 10 minutos. Estos valores se acercan a los datos obtenidos.

Color

Cuadro 5. Características físicas de la goma de *Gleditsia* obtenida mediante H₂SO₄ (72% p/v) y NaOH (0,75% p/v), a 90°C.

	Tratamientos			
	H ₂ SO ₄ /15	H ₂ SO ₄ /25	NaOH/15	NaOH/25
Color				
L*	63,33a ¹ A	70,14aA	69,98aA	63,04aA
a*	4,07aA	2,27aA	0,22aA	1,32aA
b*	22,89aA	21,47aA	22,19aA	23,55aA
C*	22,90aB	21,47aB	22,20aA	23,56aA
H*	80,01aB	83,93aB	89,22aA	86,79aA

¹Letras distintas indican diferencias significativas con probabilidad de error de 5% (las letras minúsculas comparan horizontalmente los tiempos de contacto entre semilla y medio; mayúsculas indican diferencias entre los medios de extracción).

El parámetro L* mide la luminosidad de la goma y fluctúa entre 0 (negro) y 100 (blanco). La goma presentó valores de 63,04 y 70,14, para las extracciones a 25 minutos mediante álcalis y ácido respectivamente, lo que refleja una alta luminosidad en las gomas.

Estévez *et al.* (2004) señalan que el valor L* fue más alto para la goma de algarrobo chileno extraída con ácido, que la extraída con álcalis, dando como resultado una goma blanquecina.

El parámetro a^* , indica la contribución de rojo (+) y verde (-); para los tratamientos los resultados indican una leve contribución al rojo. Mientras que el parámetro b^* muestra la contribución del amarillo (+) y azul (-), que para el producto muestra un valor con incidencia al amarillo, que puede deberse a la acción del ácido.

McGuire (1992) señala que C^* indica la distancia del centro al punto de intersección entre a^* y b^* , el cual muestra un bajo valor de intensidad, mientras que H^* es el ángulo de matiz o tono, mostrando para los tratamientos un ángulo amplio, cercano a amarillo, por lo tanto al unir todas las coordenadas se obtiene un amarillo grisáceo.

Los valores obtenidos utilizando H_2SO_4 como medio de extracción, muestran que existen diferencias entre los medios de extracción para H^* y C^* . En el Cuadro 5 se aprecia una tendencia al color amarillo a medida que el tiempo aumentó, y a un color más rojizo a medida que disminuyó.

Por otro lado, los valores de color obtenidos utilizando NaOH como medio de extracción en cuanto al tiempo, muestran que la tendencia fue a un color verde grisáceo a medida que el tiempo disminuyó, el que pudo haber sido originado por el contenido de testa adherida a la goma o a la acción de la goma con el NaOH.

Céspedes (1985), citado por Suárez (2003) obtuvo en goma de algarrobo europeo un color blanco, al utilizar medios físicos de extracción de mucílago.

Suárez (2003), señala que con extracción ácida, la goma de algarrobo tiende a los colores amarillo-rojizos, con la extracción alcalina a los amarillo-verdosos, lo cual concuerda con los colores obtenidos en esta investigación.

Muchos de los pigmentos naturales de los alimentos se destruyen durante el tratamiento térmico, por transformaciones químicas que tienen lugar como consecuencia de cambios en el pH, o por oxidaciones durante el almacenamiento. El color es el atributo percibido por el consumidor y por tanto fundamental en la elección, por lo que su preservación es objeto de mucho cuidado para que el alimento tenga el color que el consumidor espera, que no es siempre el natural (Castro, 1993).

Es por esto la importancia que tiene el color de las gomas, ya que al ser agregadas a cualquier producto influye en el color final de éste.

En las Figuras 2, 3 y 4 se presentan las gomas extraídas por álcalis y ácido.



Figura 2. Goma deshidratada, extracción con NaOH (0,75% p/v) a 90°C por 25 minutos.



Figura 3. Goma extraída con H₂SO₄ 72% p/v, 90°C por 15 minutos, en fresco y deshidratada.



Figura 4. Goma extraída con H_2SO_4 72% p/v, 90°C por 25 minutos, en fresco y deshidratada.

Propiedades Tecnológicas y Viscosidad

A las 3 mejores gomas obtenidas en cuanto a rendimiento, se les midieron las propiedades tecnológicas, además de la viscosidad a dos concentraciones (0,3 y 0,6%) y dos temperaturas (20 y 80°C).

Capacidad retención de agua

La capacidad de retención de agua (WRC, Water Retention Capacity) para la extracción ácida tuvo los siguientes valores, 0,108 g/g y 0,109 g/g, a los 15 y 25 minutos respectivamente.

En el caso de la extracción con NaOH se obtuvo a los 25 minutos 0,11 g/g. Sáenz *et al.*, (2003), obtuvieron en gomas de algarrobo con extracción ácida una WRC de 0,2 g/g, y para la alcalina de 0,1 g/g, los cuales son valores muy similares a los anteriormente presentados en esta investigación.

En el Cuadro 6 se presentan los valores obtenidos de capacidad de retención de agua a las 3 mejores gomas obtenidas en cuanto a rendimiento.

Cuadro 6. Capacidad de retención de agua en gomas de *Gleditsia* extraídas con H₂SO₄ (72% p/v) y NaOH (0,75% p/v), a 90°C

Tratamiento	WRC (g/g)		Prom. Medio
	15	25	
H ₂ SO ₄	0,109	0,108	0,109A
NaOH	0	0,114	0,057B
Prom. Tiempo	0,0545b	0,111a	

*letras distintas indican diferencias significativas con probabilidad de error de 5% (las letras mayúsculas comparan verticalmente la temperatura, las letras minúsculas comparan horizontalmente el factor concentración).

Según Castro (1993), los cambios en la textura están producidos por la pérdida de agua o grasa, la formación o rotura de las emulsiones, la hidrólisis de carbohidratos poliméricos y la coagulación o hidrólisis de proteínas.

Es por esto la importancia que tiene medir las propiedades tecnológicas, ya que influyen en las características organolépticas (textura, color, flavor, y aroma), atributos claves en la aceptabilidad de los consumidores por un determinado producto.

Capacidad de absorción de aceite

La capacidad de absorción de aceite o FAC (Fat Absorption Capacity), en la extracción mediante H₂SO₄ arrojó valores de 4,08 y 2,12 g aceite/g (a los 15 y 25 minutos) respectivamente con 90°C de temperatura, lo cual evidencia una diferencia significativa entre los tratamientos, disminuyendo a medida que aumentó el tiempo de contacto.

Para la extracción con NaOH a los 25 minutos e igual temperatura se obtuvo una capacidad de absorción de aceite de 2,43 g aceite/g que es mayor a lo obtenido con la extracción ácida.

A diferencia de Sáenz *et al.* (2003) obtuvo en goma de algarrobo tanto para la extracción ácida, como la alcalina una capacidad de absorción de aceite de 0,8 g aceite/g., la cual es bastante menor, lo cual puede explicarse por diferencias de la especie.

En el Cuadro 7 se presentan los valores de capacidad de absorción de aceite de las tres mejores gomas en rendimiento.

Cuadro 7. Capacidad de adsorción de aceite en gomas de gleditsia extraídas mediante H₂SO₄ (72% p/v) y NaOH (0,75% p/v), a 90°C

Tratamiento	FAC (g aceite/g)		Prom. Medio
	Tiempo (minutos)		
	15	25	
H ₂ SO ₄	4,08	2,12	3,10A
NaOH	0	2,43	1,21B
Prom. Tiempo	2,04a	2,28a	

*letras distintas indican diferencias significativas con probabilidad de error de 5% (las letras mayúsculas comparan verticalmente la temperatura, las letras minúsculas comparan horizontalmente el factor concentración).

Hinchamiento

Para la goma obtenida por medio de H₂SO₄ (72% p/v) a 90°C, el hinchamiento (Sw, Swelling) de ésta en buffer fosfato mostró valores de 13,3 mL/g y 11,78 mL/g, a los 15 y 25 minutos respectivamente, de lo que se concluye que a mayor tiempo de contacto disminuye el hinchamiento de la goma, en el Cuadro 8 se presentan los valores de hinchamiento de las tres mejores gomas en rendimiento.

Cuadro 8. Hinchamiento en gomas de gleditsia extraídas mediante H₂SO₄ (72% p/v) y NaOH (0,75% p/v), a 90°C

Tratamiento	SW (mL/g)		Prom. Medio
	Tiempo (minutos)		
	15	25	
H ₂ SO ₄	13,03	11,78	12,54A
NaOH	0	15,74	7,87B
Prom. Tiempo	6,65b	13,76a	

*letras distintas indican diferencias significativas con probabilidad de error de 5% (las letras mayúsculas comparan verticalmente la temperatura, las letras minúsculas comparan horizontalmente el factor concentración).

En el caso de la extracción con NaOH (0,75% p/v) a 90°C por 25 minutos fue de 15,74 mL/g, valor superior a los arrojados por la extracción ácida.

El hinchamiento de la goma de algarrobo con extracción ácida obtenido por Sáenz *et al.*, (2003), fue de 8,8 mL/g y de 6,4 mL/g para la extracción alcalina. En el caso de las gomas comerciales como guar, arábica y xantana presentan valores más cercanos de 10,6 mL/g, 16,0 mL/g y 16,4/mL respectivamente.

Los valores observados en goma de gleditsia se acercan más a los de las gomas comerciales no así a las de algarrobo, lo que puede ser una característica importante a la hora de elegir un hidrocoloide para la agregación a algún producto alimenticio.

Viscosidad

La viscosidad fue medida a las mejores gomas obtenidas en cuanto a rendimiento y pureza, las que correspondieron a los tratamientos a 90°C, por medio de extracción ácida a 15 y 25 minutos, y extracción alcalina a 25 minutos.

En el Cuadro 9 se observan las diferencias de la viscosidad para la extracción ácida a 15 minutos.

Cuadro 9. Viscosidad de dispersiones de goma extraída con H₂SO₄ 72% p/v, por 15 minutos

Temperatura (°C)	Viscosidades(mPa*s)		Promedio Temp.
	0,3	0,6	
20	0,006	0,17	0,088A
80	0,000	0,01	0,005B
Promedio Concen.	0,003b	0,09 ^a	

*letras distintas indican diferencias significativas con probabilidad de error de 5% (las letras mayúsculas comparan verticalmente la temperatura, las letras minúsculas comparan horizontalmente el factor concentración).

La viscosidad de los diferentes tratamientos da como resultado un aumento a medida que la concentración también lo hace, independiente del medio de extracción.

Para el caso de extracción por medio de H₂SO₄ 72% p/v, con 15 minutos de contacto, se observaron valores menores de viscosidad comparados con el mismo medio a 25 minutos (Cuadro 10).

Cuadro 10. Viscosidad de dispersiones de goma extraída con H₂SO₄ 72% p/v, por 25 minutos

Temperatura (°C)	Viscosidades(mPa*s)		Promedio Temp.
	0,3	0,6	
20	0,039	0,305	0,172A
80	0,020	0,042	0,031B
Promedio Concen.	0,029b	0,173 ^a	

*letras distintas indican diferencias significativas con probabilidad de error de 5% (las letras mayúsculas comparan verticalmente la temperatura, las letras minúsculas comparan horizontalmente el factor concentración).

Al igual que en otras gomas, la viscosidad de las dispersiones de goma de semilla de algarrobo se incrementa al aumentar la concentración, debido a una mayor presencia de soluto en la dispersión (Espinoza, 2002; Vásquez et al., 1988), lo que también se manifiesta en la goma de gleditsia.

Con la extracción con NaOH a 0,75% p/v a 90°C de temperatura y 25 minutos, se observan valores menores a la extracción ácida, lo que coincide con lo señalado por Espinoza (2002), quién establece, que normalmente existe una relación inversa entre viscosidad y temperatura, por lo tanto, la viscosidad disminuye al aumentar la temperatura, independiente del método de extracción de la goma, de la concentración y del pH.

Cuadro 11. Viscosidad de dispersiones de goma extraída con NaOH 0,75% p/v, por 25 minutos

Temperatura (°C)	Viscosidades(mPa*s)		Promedio Temp.
	Concentración (%)	Concentración (%)	
	0,3	0,6	
20	0,005	0,203	0,104A
80	0,000	0,038	0,019B
Promedio Concen.	0,0025b	0,121a	

*letras distintas indican diferencias significativas con probabilidad de error de 5% (las letras mayúsculas comparan verticalmente la temperatura, las letras minúsculas comparan horizontalmente el factor concentración).

A bajas concentraciones se obtienen valores similares en la goma extraída con ácido y con álcalis, mostrando la goma de extracción alcalina valores mayores al aumentar su concentración.

Estévez *et al.*, (2004) señala que durante la extracción con NaOH (0,75% p/v) la goma de algarrobo chileno puede experimentar cambios en la estructura del polisacárido, causando una viscosidad más baja. A diferencia de la extracción con ácido sulfúrico a 72% p/v, que por la formación de puentes de hidrógeno, aumentaría la viscosidad de la dispersión.

Benucci (2001), preparó un aderezo tipo salsa con diferentes concentraciones de goma de xantana, gleditsia y algarrobo; de lo cual concluyó que la goma xantana tiene mayor interacción con la goma gleditsia, que con la goma de algarrobo, lo que produce mayor viscosidad y consistencia en el aderezo tipo salsa; por lo cual hace factible la utilización de goma de gleditsia en la elaboración de productos de este tipo.

CONCLUSIONES

- El método de extracción con agua no produce deterioro de la testa, por lo que es imposible extraer goma desde la semilla, lo cual provocó rechazar la hipótesis planteada.
- El método de extracción con H_2SO_4 (72% p/v), fue más eficiente que el realizado con NaOH (0,75% p/v), pues, se obtuvo un mayor rendimiento de goma extraída, con temperaturas de 90°C a ambos tiempos de extracción.
- Tanto en la extracción con H_2SO_4 como con NaOH , al usar 70°C de temperatura, el rendimiento es mínimo, ya que la semilla sólo se hincha y su testa permanece intacta.
- Los valores de proteína, extracto etéreo y cenizas fueron mayores en la extracción ácida, no así en el caso de la humedad y la fibra cruda que fueron mayores con la extracción alcalina.
- Las propiedades tecnológicas y la viscosidad dieron como resultado que la goma extraída mediante H_2SO_4 a 90°C por 25 minutos, es la que presenta los mejores valores acercándose a los de la goma de algarrobo, por lo cual podría ser factible, incorporar la goma diferentes productos alimenticios.

BIBLIOGRAFÍA

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST.(A.O.A.C.), 1984. Official methods on analysis of the association of official analytical chemist. 14th ed. Virginia, E.U.A. 1241p.

BENUCCI, C. 2001. Elaboración de un aderezo tipo salsa utilizando diferentes agentes espesantes. Memoria Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 64 p.

CASTRO, E. 1993. Propiedades y reología de los alimentos. Disponible en: http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_quimicas_y_farmaceuticas/castroe11. Leído el 21 de septiembre de 2006

CRUZ, G. 1999. Production and characterization of *Prosopis* seed galactomannan. Thesis for the degree of Doctor of Technical Sciences. Swiss Federal Institute of Technical Sciences, Zurich. 113 p.

DZIEZACK, J. 1991. A Focus on Gums. Food Technol. 45 (3): 116-132.

ESCOBAR, B., ROMEO, M., BAEZA, G., SOTO, X., VÁSQUEZ, M. 1987. Caracterización y composición química del fruto de algarrobo (*Prosopis chilensis* (Mol) Stuntz). Rev. Chilena de Nutrición 15(2): 113-116.

ESCOBAR, B., ESTÉVEZ, A. M., LIRA, M. P., SÁENZ, C. 2005a. El Algarrobo chileno (*Prosopis chilensis* (Mol) Stuntz): Una especie productora de gomas naturales. En: La Alimentación Latinoamericana Año XXXII. N° 255 p 52 – 57.

ESCOBAR, B., ESTÉVEZ, A. M., SCHULZ, K. 2005b. Características físicas y químicas de frutos y semillas de *Gleditsia triacanthos* L. (Espina corona). En: Resúmenes de Investigación, Ciencia e Ingeniería de los Alimentos. Congreso Latinoamericano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. San Rafael, Mendoza, Argentina. Pág. 29.

ESPINOZA, S., 2002. Estudio de algunas propiedades físicas de hidrocoloides provenientes de la semilla de algarrobo (*Prosopis chilensis* (Mol.) Stuntz) y de Cladodios del nopal (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) Tesis Magíster en Ciencias Agropecuarias, mención Producción Agroindustrial. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 71 p.

ESTÉVEZ, A. M., SÁENZ, C., HURTADO, M. L., ESCOBAR, B., ESPINOZA, S., SUÁREZ, C., 2004. Extracction methods and some physical properties of mesquite(*Prosopis chilensis* (Mol) Stuntz) seed gum. Journal of the Science of Food and Agriculture. 84: 1487-1492.

- FENNEMA, O. 1993. Química de los alimentos. Editorial Acribia, Zaragoza. 1095 p.
- FEMENIA, A., LEFEBVRE, A., THEBAUDIN, A., ROBERTSON, J., BOURGEOIS, M. 1997. Physical and Sensory Properties of Model Foods Supplemented with Cauliflower Fiber. *Journal of Food Science*. 62, 635-639.
- GARIBOTTI, E. 2001. Explotación de la goma de espina corona (*Gleditsia amorphoides*). Disponible en: <http://www.mercoopsur.com.ar/forestales/notas/explotaciondelagoma.htm>. Leído el 18 de noviembre de 2005.
- HOFFMANN, A. 1995. El árbol urbano en Chile. Ediciones Fundación Claudio Gay, Chile. 253p.
- McGUIRE, R. 1992. Reporting of Objective Color Measurements. *HortScience* 27(12):1254-1255
- MINISTERIO DE SALUD. 1998. Nuevo Reglamento Sanitario de Alimentos. Santiago, Chile. 227 p.
- RESICO, C. 2001. Estado actual de la información sobre productos forestales no madereros. Disponible en: http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/006/AD393S/AD39s13.htm. Leído el 18 de noviembre de 2005.
- SÁENZ, C., ESCOBAR, B., ESTEVÉZ, A. M., HURTADO, M. L., SÉPULVEDA, E. 2003. Estudios preliminares de propiedades funcionales de hidrocoloides extraídos de plantas de zonas áridas. 206 En: 4º Congreso Iberoamericano de Ingeniería de Alimentos (CIBIA). Valparaíso, Chile.
- SÁNCHEZ, M. 1999. Ficha botánica *Gleditsia Triacanthos*. Rev. de arboricultura. Argentina. Nº1p.17-18. Disponible en: <http://www.Aerboricultura.com/Gleditsia%20triacanthos.htm>. Leído el 07 de noviembre de 2005.
- SUÁREZ, C. 2003. Utilización de dos métodos en la extracción húmeda de mucílago de semilla de algarrobo. (*Prosopis chilensis* (Mol.) Stuntz). Memoria Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas, Chile. 32 p.
- VÁSQUEZ, M., CARBONELL, E. y COSTELL, E. 1988. Comportamiento reológico de soluciones acuosas de la goma de algarrobo (*Prosopis chilensis* (Mol.) Stuntz). Comparación con el de las gomas guar y garrofín. *Rev. Agroquím. Tecnol. Alimentos* 12(12): 251-260.

WILLIAMS, P. and PHILLIPS, G. 2001. Introduction to food hydrocolloids. 138-153. En: Phillips, G. And Williams, P. (Ed), Handbook of hydrocolloids. Woodhead publishing, Cambridge, England. 447p.