

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
CÁTEDRA DE TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS



GUÍA DE SEMINARIOS Y TRABAJOS PRACTICOS
Año 2024

PROFESORES:

Dra. Marcela L. Martínez

Dr. Pablo D. Ribotta

Esp. Ing. Qco. Hernán C. Severini

Dr. Pablo M. Palavecino

TRABAJO PRÁCTICO N° 3

“EXTRACCIÓN DE ACEITE DE SEMILLAS DE SÉSAMO POR PENSADO”



OBJETIVOS

- Interpretar el fundamento de la extracción de aceite de semillas o partes de semillas oleaginosas mediante prensado.
- Analizar la influencia de la humedad del material en el proceso de extracción de aceite de sésamo mediante prensa de tornillo helicoidal a escala piloto.
- Evaluar el rendimiento de la extracción de aceite de maní mediante prensa de tornillo helicoidal a escala piloto.
- Determinar la acidez libre como parámetro de calidad química de los aceites obtenidos.

EXPECTATIVAS DE LOGRO

Comprender:

- El principio de funcionamiento de una prensa de tornillo helicoidal
- Las diferencias físicas y de funcionamiento que existen entre las prensas hidráulicas y las de tornillo helicoidal.
- La influencia del contenido de humedad del material durante el prensado.
- El fundamento de la metodología analítica seleccionada para evaluar la calidad química del aceite de maní.

Demostrar capacidad para:

- Organizar de las actividades planteadas.
- Realizar las actividades en forma coordinada y ordenada.

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PENSADO

Cada semilla o partícula retiene el aceite en su interior y el objetivo del prensado es lograr que el mismo salga del sistema hasta el exterior. En virtud de esto último se

debe considerar la forma en que el aceite se encuentra retenido por la estructura celular, y los efectos que sobre esta última produce el prensado.

En las figuras que se presentan a continuación se muestran microfotografías de la estructura celular del maní, antes y después de ser prensado; se observan allí distintos elementos inmersos en el protoplasma celular, rodeado y limitado por la pared celular. Entre estos elementos se encuentran los gránulos de aleurona, almidón y pequeños órganos de forma esférica (oleosomas o esferosomas¹), ubicados sobre la superficie de los antes mencionados, rodeados por una fina membrana y en cuyo interior se encuentra el aceite. El número y tamaño de las gotas de lípidos que posee una célula dependen del tipo celular y estado fisiológico en el que se encuentre (pueden variar entre de 100 a 200 nm a 100 o 200 μm de diámetro. El tamaño y número puede variar rápidamente en una misma célula (Figura 8).

COTYLEDON STRUCTURE OF PEANUT . . .

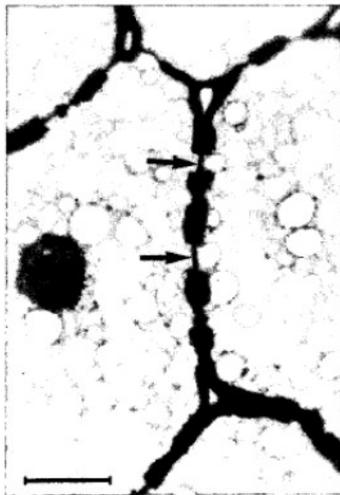


Fig. 2—Light photomicrograph of the parenchyma cell wall pitting (arrows) in the unpressed cotyledon stained with toluidine blue. Marker: 20 μ .



Fig. 3—Scanning electron photomicrograph of the parenchyma cell wall pitting (arrow) in the unpressed cotyledon. Marker: 20 μ .



Fig. 4—Scanning electron photomicrograph of the entire cellular contents of a parenchyma cell of the unpressed cotyledon. Note the numerous 1–2 μ spherosome ghosts (arrows) surrounding the larger starch and aleurone grains. Marker: 20 μ .

- a) (Fig. 2) Células de maní antes de ser prensadas. Se indican puntos débiles en las paredes celulares. Se observan gránulos de almidón y aleurona; también los poros intercelulares.
- b) (Fig 4) Detalle del contenido de una célula de maní. Se indican los lugares de fijación de los esferosomas (1-2 μm).

¹ Los esferosomas, comúnmente conocidos como lisosomas vegetales, son diminutos orgánulos celulares que producen y almacenan lípidos y están rodeados por una sola membrana. Solo las células vegetales los contienen.

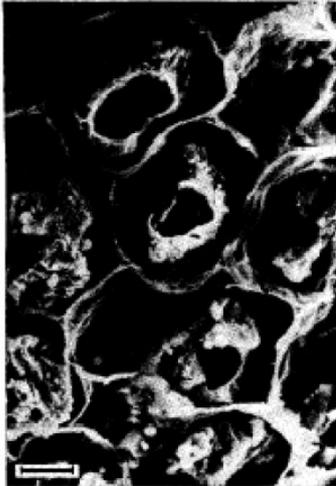


Fig. 6—Scanning electron photomicrograph of parenchyma cells of the pressed cotyledon. Note the absence of the majority of the distinct spherosomes. Marker: 20 μ .

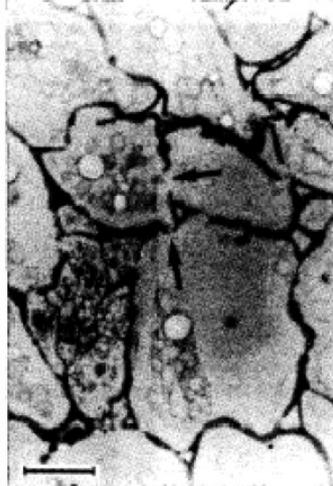


Fig. 7—Light photomicrograph of the pressed cotyledon stained with toluidine blue. Note the small, broken regions (arrows) of the cell walls and the compactness of the cellular contents. Marker: 20 μ .

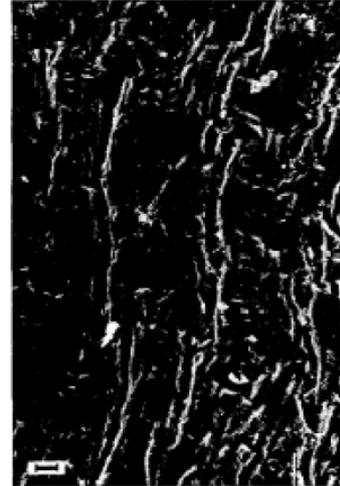


Fig. 8—Scanning electron photomicrograph of the rounded, outer surface of the pressed cotyledon. Note the absence of stomata and large fissures (arrows) along the epidermal cells caused by pressing. Marker: 20 μ .

(Fig 7) Células de maní después de prensadas. Se notan los puntos de rotura de la pared celular.

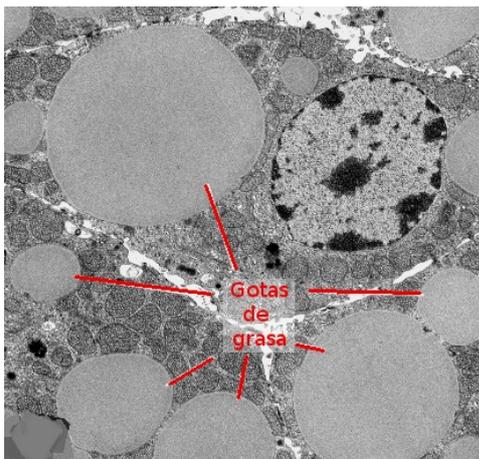


Figura 8. Imagen tomada con un microscopio electrónico de transmisión. Las gotas de grasa muestran en su interior un aspecto homogéneo (<https://mmegias.webs.uvigo.es/5-celulas/6-gota-lipidos.php>).

Visto en términos de resistencias al flujo, el aceite debe vencer dos resistencias en serie en su camino al exterior; la intrapartícula mayor que la interpartícula debido al tamaño de los poros que las definen. La fuerza externa aplicada durante el prensado, produce una serie de alteraciones tanto a nivel microscópico (células) como macroscópico. Las membranas que limitan a cada esferosoma se destruyen (los tratamientos térmicos a los que se someten las partículas previo al prensado ayudan a que eso ocurra); las paredes celulares se rompen permitiendo al aceite escapar por el sistema de poros intercelulares hacia el exterior de la partícula y luego, a través del

sistema macroscópico, hacia el exterior. Estos dos últimos efectos resultan de la deformación producida durante el prensado y la consecuente reducción del espacio físico disponible.

Del análisis previo realizado, se puede concluir que:

- a) El aceite contenido en el interior de cada célula, debe moverse primero a través de cada partícula y luego, a través del conjunto de ellas para llegar al exterior del material que se está prensado.
- b) La fuerza total aplicada por algún mecanismo externo (pistón o tornillo) se utiliza para:
 - Deformar (comprimir) cada partícula y reacomodar las partículas en el conjunto.
 - Impulsar el aceite por los poros (intercelulares e interpartículas).
 - Vencer el rozamiento del conjunto con las paredes del recipiente que lo contiene.

Parámetros que afectan el prensado por prensa de tornillo

El rendimiento en la extracción por prensa de tornillo depende de varios factores, entre ellos variables asociadas a las semillas: tamaño de partícula, calentamiento, secado o humedecimiento hasta alcanzar el contenido de humedad óptimo. La aplicación de un tratamiento térmico antes o durante el prensado generalmente mejora la extracción del aceite ya que influye sobre la viscosidad del fluido y la resistencia mecánica de las partículas. Sin embargo, la variable que mayor incidencia presenta sobre el rendimiento en aceite durante el prensado es la humedad del material independientemente del tipo de semilla. Esta variable ha sido ampliamente estudiada en una gran variedad de materiales. El porcentaje de humedad no sólo aumenta la plasticidad del material, sino que también contribuye en el prensado por su acción lubricante; partículas de gran plasticidad producen sistemas de baja permeabilidad (los poros interpartícula se reducen de tamaño fácilmente) mientras que partículas de poca plasticidad producen grandes poros interpartículas pero la resistencia intrapartícula aumenta pues la rotura de las paredes y membranas celulares resulta más dificultosa. Es importante resaltar que, altos contenidos de humedad pueden afectar negativamente la extracción y a su vez, pueden alterar la calidad química del aceite, mediante la hidrólisis de glicéridos y el consiguiente incremento de la acidez.

Por sus cualidades físicas, tamaño, dureza y contenido de aceite, las semillas de sésamo constituyen un material apropiado para la extracción del aceite por prensado,

pero deben ser acondicionadas previamente para optimizar el proceso, en términos de rendimiento y calidad del producto.

Por otro lado, el presente trabajo práctico pretende generar una base de conocimientos para el desarrollo de procesos de extracción de aceite que preserve la calidad del producto y aplica una tecnología limpia, de mínimo impacto ambiental, que contribuye a la sustentabilidad de la cadena de valor del maní ya que posibilita el aprovechamiento del *expeller* obtenido como insumo de otras industrias vinculadas.

MATERIALES Y MÉTODOS PARA DESARROLLAR EL PRÁCTICO

- Prensa de Tornillo Helicoidal
- Estufa
- Centrífuga
- Agitador Magnético y buzo
- Balanza digital 0,01 g
- Material de vidrio (por comisión): 2 platos, 2 beakers de 250 mL, 4 tubos de centrífuga, 2 beakers de 50 mL o frascos color caramelo, 4 erlenmeyers, 2 probetas de 50 mL, pipeta de 1 mL, pro-pipeta y bureta de 20 mL
- Soluciones y reactivos:
- Alcohol desnaturalizado (a 100 partes de EtOH agregar 10 partes de MeOH) 1 L
- Éter Sulfúrico 1 L
- Fenolftaleína (1% en alcohol desnaturalizado)
- Solución de KOH 0,02 N (0,56 g de KOH en 500 mL de alcohol desnaturalizado)

ACONDICIONAMIENTO DEL MATERIAL

Determinación de humedad inicial de las semillas: Pesar en 2 cápsulas de papel aluminio (rotuladas) 10 g de muestra molida (en cada una). Colocar en estufa entre 70 – 90 °C. Realizar una pesada diaria hasta alcanzar un peso constante y determinar el % de humedad de la muestra. (Les será informada en el práctico para poder realizar los cálculos teóricos correspondientes).

En base a los resultados del ensayo de humedad, se procede a humectar el material hasta los valores deseados para realizar las extracciones.

Humidificación del material: (metodología propuesta por Singh y Bargale, 2000). El agua necesaria para alcanzar el nivel de humedad deseado se agrega a la muestra mediante aspersion. Luego se coloca en un recipiente con cierre hermético y se almacena durante 48 h hasta alcanzar el equilibrio. El recipiente se agita a intervalos

regulares de tiempo para asegurar una distribución uniforme de la humedad en el material.

Se trabajará con los siguientes niveles de humedad:

Semillas	Humedad semilla (g de agua/100 g de material)	
Sésamo	5,60	12

PROCEDIMIENTO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE

La extracción del aceite se realiza en una sola etapa en una prensa de tornillo helicoidal a escala piloto marca Komet (Modelo CA 59 G) (figura 1). Las muestras se alimentan a la prensa desde la tolva por gravedad según la demanda (200 g de material por experimento). Se debe encender la prensa 5 min antes de cada extracción para que entre en régimen. Durante la operación de prensado se debe controlar la temperatura de salida de la torta o residuo de extracción y del aceite con un termómetro digital colocado en el orificio de salida (restricción) de la prensa y del barral, respectivamente.

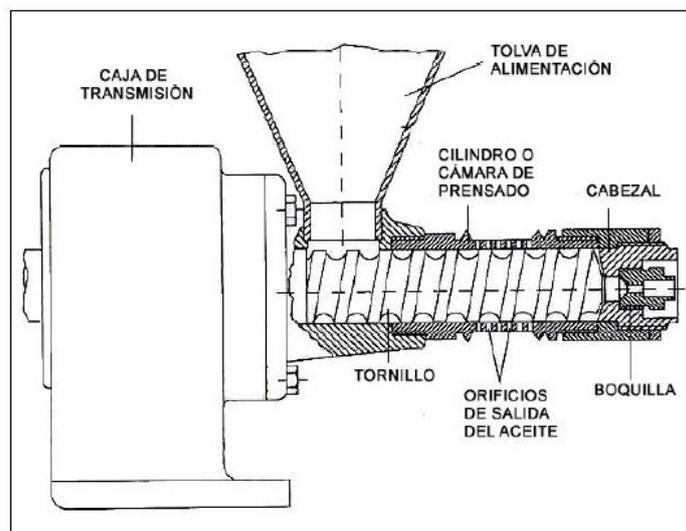


Figura 1: Esquema de la prensa de tornillo helicoidal.

Los parámetros de proceso son:

- Temperatura de prensado: 25 - 30 °C (temperatura ambiente)
- Velocidad de tornillo: 20 rpm
- Restricción de la prensa: 4 mm

Los valores de los diferentes parámetros se definieron mediante ensayos preliminares.

Aclaración: los dispositivos de la prensa se deben limpiar convenientemente luego de cada extracción y lavar y secar luego del último experimento.

Prensado:

1. Pesar 200 g de material de cada lote.
2. Armar la prensa y encenderla (la velocidad de la prensa será de 20 rpm, que corresponde a la escala 1 entero y 2 rayitas en el equipo de trabajo).
3. Agregar la alimentación. Se debe controlar en forma constante la extracción ya que se puede generar obstrucción de la prensa o pueden existir problemas de alimentación los cuales el operador debe solucionar.
4. Recoger el aceite saliente en un beacker de 250 mL y la torta en uno de los platos, ambos previamente pesados según planilla 1 del anexo.
5. Registrar el tiempo de inicio de la etapa de prensado, fin de entrada de la alimentación y fin de la etapa de prensado.
6. Al finalizar la extracción, se pesa y registra (según planilla 1 del anexo) la cantidad de extracto (aceite + sólidos) y torta obtenidos.

Clarificación del aceite:

1. Preparar las muestras para centrifugar según planilla 2 del anexo.
2. Centrifugar durante 15 min a 15 °C a 14000 rpm.
3. Separar el aceite sobrenadante al frasco correspondiente y registrar su peso (planilla 2 del anexo)

Determinación de calidad del aceite obtenido

Procedimiento para cada muestra (según planilla 3 del anexo). Se pesan (por duplicado) 5,00 g de aceite en un erlenmeyer y se determina el índice de acidez según metodología descripta a continuación.

Índice de acidez

Pesar 5,00 g de aceite en un erlenmeyer. En otro erlenmeyer agregar 10 mL de alcohol desnaturalizado, 10 mL de éter sulfúrico y 0,3 mL de fenolftaleína. Neutralizar con la solución de KOH al 0,02 N (aproximadamente 0,4 mL hasta aparición de color rosa), utilizar agitador magnético para homogeneizar. Trasvasar esta solución al erlenmeyer que contiene el aceite y titular hasta la aparición de un color rosa que persista por ± 10 s que corresponde al punto final.

El índice de acidez se expresa como % de ácido oleico y se calcula como:

$$\% \text{ ácido oleico} = (mL \text{ consumidos de KOH } 0,02 \text{ N} * N \text{ real} * PM \text{ ácido oleico}) / (g \text{ de muestra} * 10)$$

Donde N real (normalidad real de la solución de KOH) y PM ácido oleico= 282.

La determinación de aceite total de la muestra se realiza mediante Soxhlet (dato proporcionado por el docente).

CONTENIDO DEL INFORME DEL TRABAJO PRÁCTICO

- a) Título
- b) Objetivos
- c) Descripción del proceso
- d) Representación del proceso en un diagrama de flujo con nomenclatura
- e) Resultados experimentales:
 1. Humedad de la semilla (g agua/g sólido seco)
 2. Temperatura de salida del extracto (aceite + sólidos) (°C)
 3. Temperatura de salida del residuo de extracción (torta) (°C)
 4. Caudal de prensado (g alimentación/min)
 5. Rendimiento en aceite (g/100 g aceite; g aceite/g sólido seco; g aceite/g sólido seco libre de aceite)
 6. Contenido de sólidos en el extracto (g sólidos/100 g extracto)
 7. Índice de Acidez

Organización de los resultados:

1. Presentar una tabla con la media y desvío estándar para cada uno de los tratamientos llevados a cabo.
2. Graficar la cantidad de aceite extraído vs el contenido de humedad para ambas semillas ensayadas.
3. Explicar la incidencia de la humedad sobre la extracción y rendimiento en aceite.
4. Indicar si existen diferencias estadísticamente significativas entre la cantidad de aceite extraído y las distintas condiciones de humedad para cada una de las semillas ensayadas.
5. ¿Qué tendencia mostró el % de sólidos en el extracto en relación al contenido de humedad de cada una de las semillas?
6. ¿Existen diferencias estadísticamente significativas entre la cantidad de sólidos en el extracto (aceite + sólidos) y el contenido de humedad de la semilla?

7. Explicar la incidencia de la humedad sobre el índice de acidez.
8. ¿Cuál es la importancia de medir el índice de acidez? ¿Qué información nos brinda acerca del estado de la muestra? Explique.

g) Conclusiones y recomendaciones

h) Bibliografía

INFORMACIÓN ADICIONAL

Los siguientes datos serán proporcionados por los docentes de la cátedra.

	% Aceite	% Humedad
Sésamo	50 % (b.s.)	5,60

REFERENCIAS

Marcela L. Martínez, Ma. Gabriela Bordón, Rebeca L. Lallana, Pablo D. Ribotta, Damián M. Maestri. 2017. Optimization of sesame oil extraction by screw-pressing at low temperature. Food and Bioprocess Technology (ISSN: 1935-5149). DOI: 10.1007/s11947-017-1885-4

ANEXO

Planilla 1. Registro de cada una de las extracciones

Muestra	Réplica	% H real (b.h.)	T extracción (inicial – final) °C	Peso muestra (g)	Peso beacker (g)	Peso (beacker + extracto) (g)	Peso extracto (g)	Peso plato (g)	Peso (plato + torta) (g)	Peso torta (g)	Tiempo de prensado (min)	Tiempo salida de torta (min)
Sésamo 5,60 % H (b.h.)												
Sésamo 5,60 % H (b.h.)												
Sésamo 12% H (b.h.)												
Sésamo 12% H (b.h.)												

Planilla 2. Registro de la etapa de centrifugación

Muestra	Réplica	Peso (tubo + tapa) (g)	Peso (tubo + tapa + muestra) (g)	Extracto (g)	Aceite (g)	Peso (tubo + tapa + sólidos) (g)	Sólidos (g)
Sésamo 5,60 % H (b.h.)							
Sésamo 5,60 % H (b.h.)							
Sésamo 12% H (b.h.)							
Sésamo 12% H (b.h.)							

Planilla 3. Índice de acidez

Muestra	Réplica	Aceite (g)	Vi (mL)	Vf (mL)	V consumido (mL)	% Ácido oleico
Blanco	1	-----				
Blanco	2	-----				
Sésamo 5,60 % H (b.h.)	a					
Sésamo 5,60 % H (b.h.)	b					
Sésamo 12% H (b.h.)	a					
Sésamo 12% H (b.h.)	b					

