

# Extracción por prensado de aceite de maní: Influencia de las características del material y de condiciones de proceso sobre el rendimiento y parámetros de calidad de los aceites



AUTORES: MARTÍNEZ MARCELA L.<sup>1,3\*</sup>, BODOIRA ROMINA M.<sup>2,3</sup>, GRASSO FLORENCIA V.<sup>3</sup>, PENCI MA. CECILIA<sup>2,3</sup>, CITTADINI MA. CECILIA<sup>1</sup>, MAESTRI DAMIÁN M.<sup>1,3</sup>

\*E-mail: marcela.martinez@unc.edu.ar

<sup>1</sup> Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (IMBIV) – Universidad Nacional de Córdoba (UNC). Av. Vélez Sarsfield 1611, Córdoba, Argentina.

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (FCEyN) – Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos Córdoba (ICYTAC) – Universidad Nacional de Córdoba. (UNC). Av. Vélez Sarsfield 1611, Córdoba, Argentina.

<sup>3</sup> Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (FCEyN) – Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA) – Universidad Nacional de Córdoba (UNC). Av. Vélez Sarsfield 1611, Córdoba, Argentina.

Trabajo original preparado especialmente para A&G.

## Resumen / Abstract

El maní es una fuente importante de aceite comestible. En general, el aceite se obtiene a partir del grano tostado y “blanqueado”, es decir, sin tegumento (MB). Una alternativa al proceso usual de extracción, no considerada hasta el momento, es la utilización del grano completo, con tegumento (MT). Este trabajo tuvo como objetivo analizar la influencia de las características de la materia prima (MB y MT) y de determinados parámetros de proceso sobre el rendimiento y la calidad de los aceites extraídos. Para cada material, las condiciones de temperatura de proceso, T; humedad del material, H) para lograr el máximo rendimiento de extracción fueron diferentes. Para MT, el porcentaje máximo de aceite extraído se obtuvo a 90 °C y 8 % H, mientras que en el caso de MB se logró a 50 °C y 10 % H. Los rendimientos máximos obtenidos para cada material fueron similares (aproximadamente 81 % del contenido total de aceite disponible, y en ambos casos los indicadores de calidad química se encontraron dentro de los rangos de valores sugeridos para aceites vírgenes. Como rasgo distintivo se pueden mencionar una mayor proporción de tocoferoles y una pequeña cantidad de compuestos fenólicos en los aceites extraídos a partir de MT. En su conjunto, los resultados sugieren que es posible utilizar grano de maní con tegumento como materia prima para la obtención del aceite. Esta alterna-

*Peanuts are a major source of edible oil. Peanut oil is commonly obtained from roasted and/or blanched peanuts (BP, i.e. without seed coat or skin). There is a paucity of research on processing conditions as applied to whole peanuts (WP, i.e. with skin) in traditional screw-pressing extraction operations. The present research was conducted to evaluate the influence of the condition of the raw material (BP and WP) and process parameters on the yield and quality of the extracted oils. In each material, the moisture level (ML) and temperature (T) conditions were different in order to optimize the maximum extraction efficiency. For WP, it was achieved at 8 % ML and 90 °C, whereas for BP it was reached at 10 % and 50 °C. The extractions carried out with the two types of materials indicated similar maximum oil yields (about 81 % of the total seed oil content), in both cases with chemical quality indicators within the ranges of values suggested for virgin oils. As a distinctive feature, a higher proportion of tocopherols and a small amount of phenolic compounds were found in oils extracted from WP. As a whole, the results suggest the possibility of using whole peanut kernels (with tegument) as raw material to obtain the oil. This alternative implies a decrease in operating costs and*

tiva supone una disminución en los costos de operación y en la generación de residuos, y resultaría en aceites con cualidades superiores a los extraídos a partir de maní blanqueado<sup>(1)</sup>.

*waste generation, and would result in better quality oils to those extracted from blanched peanuts.*

## Palabras claves / Key words

Extracción de aceite de maní; condiciones de proceso; maní “blanqueado”; maní con tegumento; parámetros de calidad y composición de aceites.

*Peanut oil extraction; process conditions; blanched peanuts; peanuts with tegument; quality parameters and oil composition.*

### • Introducción

A nivel global, el cultivo de maní (*Arachis hypogaea* L.) se ubica en el cuarto lugar en volumen de producción entre los granos oleaginosos comestibles (FAO, <http://faostat.fao.org/>). Argentina es el mayor productor en América Latina y el séptimo en el mundo. Asimismo, es el primer exportador mundial de maní, destinando aproximadamente el 80 % de su producción al mercado externo. Cerca del 90 % del cultivo de esta oleaginosa se localiza en la provincia de Córdoba y su producción reviste una gran importancia para esta economía regional.

El grano de maní provee una extraordinaria fuente de aceite (45 - 50 %) y proteínas (25 - 30 %). La producción mundial de aceite de maní ocupa el sexto lugar entre los aceites vegetales comestibles. Nuevamente Argentina posee un lugar destacado como país productor y exportador, aunque los volúmenes elaborados muestran una tendencia errática debido a la variabilidad en la disposición de materia prima, por tratarse de un eslabón de transformación de excedentes de la producción primaria. El aceite de maní se emplea casi exclusivamente como producto de uso alimenticio, en gran medida como aceite crudo (sin refinar).

La mayor parte del aceite de maní se produce por extracción mecánica, en general mediante el uso de prensas de tipo “expeller”, utilizando grano de

maní “blanqueado” (sin tegumento) y tostado. Si bien este último proceso puede mejorar la extracción del aceite (al disminuir la viscosidad de la fase fluida), favorece reacciones que alteran la calidad química y nutricional. Las mismas incluyen, fundamentalmente, reacciones de degradación de Maillard y de peroxidación de lípidos, y dan como resultado la generación de aromas descriptos como tostado y rancio (Bolton y Sanders, 2002; Liu *et al.*, 2011). Asimismo, se han observado alteraciones en la composición de ácidos grasos (Rodríguez *et al.*, 2011) e incrementos en el grado de acidez del aceite (Makery *et al.*, 2011), como consecuencias de las elevadas temperaturas utilizadas durante el proceso de tostado. Todos estos factores condicionan la estabilidad y la aceptabilidad del producto.

La búsqueda del proceso óptimo de extracción por prensado, es decir aquel que permita obtener la máxima cantidad de aceite sin alterar su calidad, supone un diseño de grandes dimensiones en el cual intervienen factores propios del material a extraer (tamaño de partícula, contenido de humedad), variables de proceso (principalmente temperatura) y características de la configuración del dispositivo de prensado. Con relación a la extracción de aceite de maní estos aspectos, aparentemente básicos, han sido poco explorados.

Numerosos estudios en los que se han utilizado prensas de tipo expeller para la extracción de diversos granos oleagino-

sos indican que el rendimiento de aceite depende en buena medida de las características específicas de cada material, aunque la aplicación de pretratamientos como la molienda, el calentamiento y la humectación del mismo son también importantes (Savoire *et al.*, 2013; Martínez y Maestri, 2015; Sena-Moreno *et al.*, 2016; Catalán *et al.*, 2017; Rabadán *et al.*, 2018).

Además de la molienda, que facilita la liberación del aceite y permite obtener tamaños de partícula adecuados para la alimentación del equipo de prensado, el contenido de humedad y la temperatura del material son dos factores clave para alcanzar elevados rendimientos de extracción. La humedad incrementa la plasticidad del material y, por su efecto lubricante, también contribuye a la correcta alimentación de la prensa, todo lo cual influye positivamente en la tasa de extracción de aceite. Se debe tener en cuenta, sin embargo, que elevados niveles de humedad del material pueden conducir a una escasa recuperación de aceite. Esto puede atribuirse a dos factores interrelacionados: una excesiva plasticidad, que reduce el nivel de compresión, y un efecto lubricante en demasía, que no permite la fricción necesaria y suficiente durante el prensado. El nivel de humedad del material también puede afectar el contenido de sedimentos (sólidos finos en el aceite) y la calidad de este último, al modificar los contenidos de ácidos grasos libres y pigmentos (Evangelista y Cermak, 2007; Evangelista, 2009). Abundante

(1) **Nota del Editor:** Cuando al maní descascarado se le elimina la piel, recibe el nombre de maní blanqueado.

evidencia científica obtenida durante la extracción de diversas semillas oleaginosas (colza, sésamo, chía, lino, nuez y almendra, entre otras) indica que los rendimientos de aceite más elevados se logran con contenidos de humedad que varían entre el 6 y el 12 % (Zheng *et al.*, 2005; Savoie *et al.*, 2013; Martínez y Maestri, 2015).

Por otra parte, la aplicación de un tratamiento térmico antes o durante el prensado mejora generalmente la recuperación del aceite (Savoie *et al.*, 2013; Martínez y Maestri, 2015). Este hecho puede explicarse no sólo por una disminución de la viscosidad del aceite, lo cual aumenta su fluidez, sino también como resultado de la ruptura de estructuras celulares y coagulación de proteínas, lo que favorece la liberación del aceite. Es importante señalar que este incremento del rendimiento de extracción con el aumento del calentamiento se produce dentro de un determinado intervalo de temperaturas. Durante la extracción de aceite de almendra (un material de características similares al grano de maní) se ha observado que temperaturas superiores a 50°C pueden incrementar la resistencia a la fricción, lo que conduce a sobrecalentamiento, además de causar compactación del material y obstrucciones frecuentes en el interior del dispositivo de prensado (Martínez *et al.*, 2013). Las temperaturas elevadas también pueden influir negativamente en la calidad del aceite al aumentar el contenido de ácidos grasos libres y los parámetros oxidativos (Martínez y Maestri, 2015; Rabadán *et al.*, 2018).

Mediante diseños multifactoriales que contemplan las distintas operaciones unitarias involucradas en la extracción por prensado de aceites vegetales, ha sido posible mejorar el rendimiento y la calidad química del producto, o conferirle al mismo alguna propiedad beneficiosa (Martínez y Maestri, 2015; Martínez *et al.*, 2017). Un ejemplo de esto último es la obtención de aceites ricos en fenoles, lignanos u otros componentes bioactivos (Martínez *et al.*, 2017),

los cuales pueden ser co-extraídos cuando se emplean condiciones de proceso adecuadas.

Una alternativa al proceso usual de extracción del aceite de maní, no considerada hasta el momento, es la utilización del grano con tegumento. La misma supone, por un lado, una ventaja desde el punto de vista de proceso ya que evita el tratamiento de “blancheado” y por otro, la posibilidad de obtener aceites con una carga endógena de antioxidantes naturales. El tegumento de maní constituye una fuente abundante de sustancias de naturaleza fenólica (principalmente flavonoides monoméricos y condensados, ácidos fenólicos y estilbenos) (Bodoira *et al.*, 2022), con notables propiedades antioxidantes.

El presente estudio tuvo como objetivo principal evaluar el impacto de condiciones de proceso, previamente seleccionadas, sobre el rendimiento y parámetros de calidad del aceite de maní extraído mediante prensa tipo expeller. Otro objetivo se centró en el efecto de la materia prima (es decir, maní con o sin tegumento) y su relación con las propiedades químicas y la estabilidad de los aceites. La investigación se llevó a cabo partiendo de la hipótesis de que, mediante el adecuado ajuste de condiciones y parámetros de proceso, el grano de maní con tegumento puede proporcionar rendimientos de extracción y calidad del aceite similares o aún superiores a los obtenidos con maní “blancheado”.

## • Materiales y métodos

Se utilizaron granos de maní tipo Runner (alto contenido de ácido oleico) sin tegumento (MB, maní “blancheado”, proceso industrial, 90°C, 10 min) y con tegumento (MT, maní crudo, sin procesar). En ambos casos, los granos se trituraron en un molino de rodillos y se seleccionó el rango de tamaño de partícula del material entre 3 y 5 mm, el cual resultó más adecuado para la alimentación de la prensa.

## Acondicionamiento del material y diseño de experiencias de extracción de los aceites

La extracción de los aceites se llevó a cabo mediante un proceso continuo, en una sola etapa, utilizando una prensa de tornillo helicoidal en escala piloto (Komet modelo CA 59 G; longitud, total y efectiva, y diámetro interno del barril: 7 cm, 3 cm y 3,5 cm, respectivamente; longitud y diámetro del tornillo: 15 cm y 3 cm, respectivamente). En la Figura 1 se muestra una representación esquemática de la misma, junto con las corrientes y componentes del proceso de extracción del aceite.

Para evaluar la influencia de condiciones de proceso y de configuración del dispositivo de prensado, se implementó un diseño factorial completo aleatorizado considerando los siguientes parámetros: contenido de humedad del material (6, 9 y 12 %, base húmeda), temperatura de prensado (50 y 90°C), diámetro de restricción (boquillas de 5 y 6 mm) y velocidad de la prensa (20 y 40 rpm). Los distintos niveles de humedad se lograron mediante aspersión de agua sobre el material molido y posterior estabilización por 48 h en un recipiente metálico sometido a agitación periódica (Martínez y Maestri, 2015). La temperatura del proceso de prensado se ajustó a cada una de las temperaturas de trabajo por medio de una camisa termostatazada en forma de anillo que envuelve al barril de la prensa, y se controló mediante un termómetro digital colocado junto a los orificios de salida de la cámara de prensado.

## Parámetros de extracción y de composición/calidad de los aceites

La cantidad total de aceite extraído (% AE) se calculó en base al contenido inicial de aceite en el material de partida (aceite total, AT) y al contenido de aceite retenido en la torta (AR), según la ecuación indicada debajo. AT y AR se determinaron por extracción con hexano en un extractor de laboratorio Soxhlet hasta

agotamiento del material (método AOCS Ba 3-38, AOCS, 2009).

$$AE = \left[ \frac{AT - AR}{AT} \right] \times 100$$

Para calcular la cantidad de sólidos finos (SF) presentes en los aceites extraídos, éstos se centrifugaron a 11000 g durante 30 min a temperatura ambiente. Los sólidos precipitados se recuperaron y lavaron con hexano. Luego de la eliminación completa del disolvente, se pesaron y su contenido se expresó como porcentaje (% SF) en función de la masa de aceite extraída.

Los aceites provenientes de los tratamientos de extracción se secaron (sulfato de sodio anhidro), filtraron (papel de filtro Whatman N°1) y conservaron en envases de vidrio ámbar, a temperatura de -20°C bajo atmósfera modificada.

En los mismos se determinaron los siguientes parámetros:

- Composición de ácidos grasos: Se prepararon derivados metilados de los ácidos grasos por saponificación (KOH en metanol, 0,5 N) seguida de esterificación (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en metanol, 0,5 N). Los mismos se analizaron por cromatografía

gaseosa utilizando equipamiento y condiciones indicadas previamente (Maestri *et al.*, 2015).

- Composición de tocoferoles: Los aceites se diluyeron en n-hexano calidad HPLC (1 g/10 mL hexano). Las soluciones resultantes se filtraron (filtro de nylon, poro 0,45 µm) y se analizaron mediante cromatografía líquida de alta presión (HPLC) de acuerdo con protocolos y condiciones utilizadas previamente (Maestri *et al.*, 2015).

- Índices de acidez, peróxidos y coeficiente de extinción específica en el UV (K<sub>232</sub>): Se determinaron de acuerdo con normas AOCS (2009).

- Concentración de compuestos fenólicos totales: se determinó mediante reacción de Folin-Ciocalteu siguiendo un protocolo indicado para aceites de oliva (Torres *et al.*, 2009).

- Estabilidad oxidativa: Se evaluó mediante un método de oxidación acelerada empleando un equipo Rancimat (Metrohm, modelo 743). Los análisis se realizaron a temperatura de 110 °C y caudal de aire de 20 L/h. Los resultados se expresaron como tiempo de inducción (h).

## Análisis estadístico de resultados

Los distintos tratamientos de extracción se realizaron por triplicado. Los datos se analizaron estadísticamente mediante análisis de la varianza (ANOVA) o test no paramétricos de Kruskal-Wallis, según la distribución de la variable. En aquellos casos en donde se observaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, se utilizaron test a posteriori: paramétricos de comparación múltiple (LSD) o no paramétricos (Dunn). La optimización se realizó empleando un análisis de superficies de respuesta (MSR) utilizando el software estadístico Statgraphys®.

## Resultados y discusión

En ambos materiales evaluados (MT y MB) el rendimiento máximo de aceite se obtuvo operando la prensa a una velocidad de 20 rpm, utilizando una boquilla de 5 mm de diámetro. Estas dos condiciones generaron una buena relación entre fluidez y compresión del material, sin generar atascamiento del dispositivo de prensado.

Las operaciones de extracción realizadas con MT arrojaron un porcentaje máximo de recuperación de aceite (81,5 % respecto al AT disponible) al utilizar material con un nivel de humedad cercano al 8 %, empleando una temperatura de prensado de 90°C (Tabla I). Dicho porcentaje de recuperación proporciona aproximadamente 435 g de aceite por kg de material molido e hidratado.

El ajuste de los datos de rendimiento (% AE) en función de los niveles de todos factores resultó en la siguiente ecuación:

$$\% AE = -82,5 + 1,49T - 5,78R - 1,03V + 30,64H - 0,16TH + 0,12VH - 1,21H^2$$

siendo T la temperatura de extracción, R el diámetro de la reducción, V la velocidad de prensado y H el contenido de humedad del material.

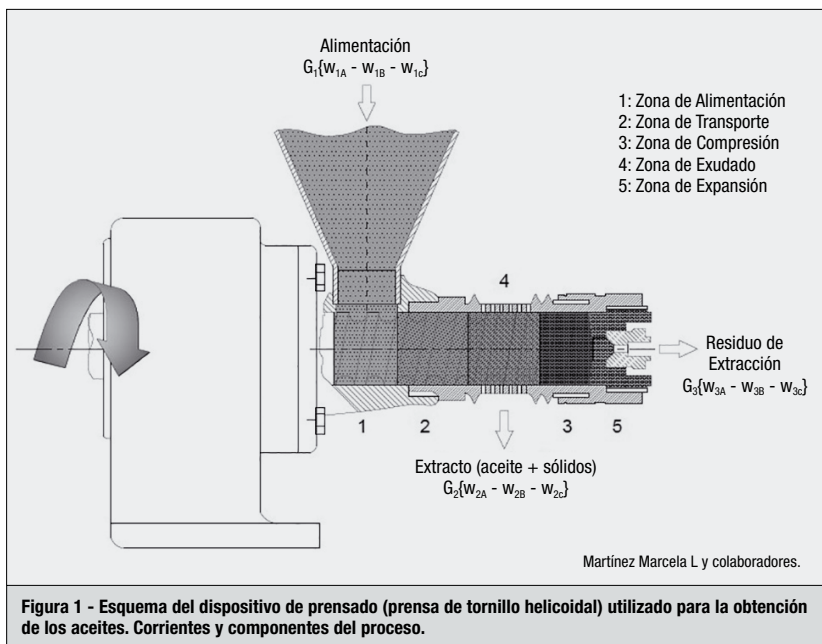


Figura 1 - Esquema del dispositivo de prensado (prensa de tornillo helicoidal) utilizado para la obtención de los aceites. Corrientes y componentes del proceso.

El coeficiente de determinación del modelo ( $R^2$ ) explicó el 83,43 % de la variabilidad de los datos. El valor máximo estimado por el modelo (82,16 % AE) no mostró diferencia estadísticamente significativa respecto del valor experimental observado (81,5 % AE) lo que indica un buen ajuste del modelo a los datos experimentales.

Respecto de los efectos individuales de los factores analizados (Figura 2), se destaca la influencia positiva de la temperatura de prensado y el efecto cuadrático de la humedad del material, como así también un efecto cruzado negativo entre ambos factores: a 90 °C, el % AE disminuyó cuando se utilizaron materiales conteniendo el nivel más alto (12 %) de humedad ensayado. Una representación gráfica del efecto combinado de estos dos factores se muestra en la Figura 3.

Considerando la totalidad de los tratamientos de extracción evaluados, los parámetros de calidad de los aceites obtenidos arrojaron valores comprendidos dentro de los siguientes rangos: índice de acidez (IA), 1,03 - 1,97 mg de KOH/g de aceite; índice de peróxido (IP), 0,35 - 1,99 meq  $O_2$ /kg de aceite; coeficiente de extinción específica, 1,22 - 2,36; estabilidad oxidativa, 41,4 - 50,6 h.

Estos valores de los parámetros mencionados hallados en el aceite obtenido bajo las condiciones óptimas, junto con datos seleccionados de composición, se presentan en la Tabla II. Los niveles de IA y de IP, dos indicadores clave de rancidez hidrolítica y oxidativa, resultaron inferiores al máximo permitido por el Codex Alimentarius (hasta 4,0 mg de KOH/g de aceite y hasta 15 meq  $O_2$ /kg de aceite, respectivamente) para aceites vírgenes, prensados en frío (Codex Alimentarius, Normas para Aceites Vegetales Especificados, <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/>).

El perfil de ácidos grasos del aceite extraído en las condiciones indicadas se asemeja al observado en aceites de

maní Runner “Alto oleico” obtenidos a partir de grano crudo prensado en frío (Martín *et al.*, 2018). Las concentraciones de tocoferoles totales (442 mg/kg aceite), y de los componentes indi-

viduales, están en concordancia con los valores promedio indicados en el protocolo de calidad para maní “Alto oleico” de origen argentino (<https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/HomeA->

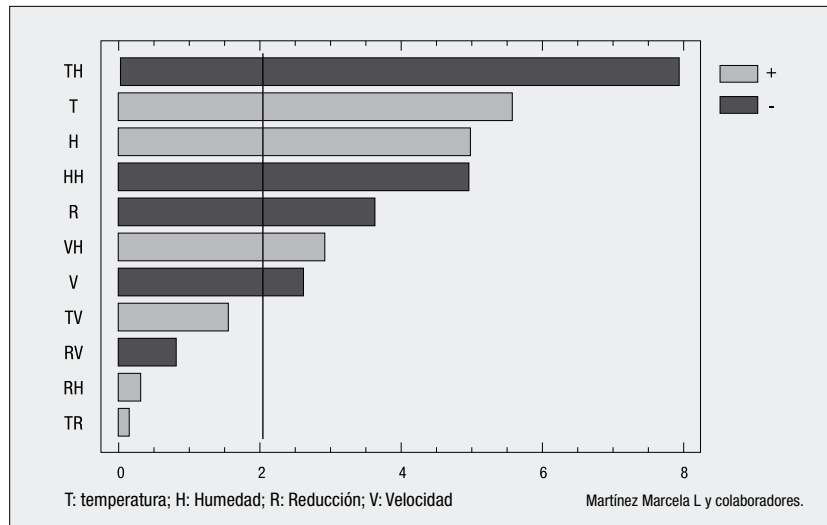
**Tabla 1 - Porcentajes de aceite extraído y sólidos finos en aceites obtenidos a partir de maní blanqueado (MB) y maní con tegumento (MT) en las condiciones de proceso para máximo rendimiento de extracción.**

Parámetros de proceso	Condición óptima (máxima recuperación de aceite)	
	MB	MT
Temperatura (°C)	50	90
Humedad del material (%)	10	8,2
Restricción (mm)	5	
Velocidad (rpm)	20	

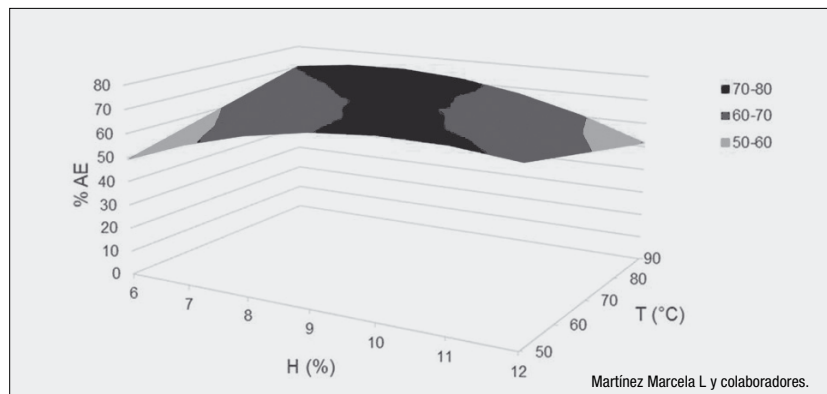
  

Variable de respuesta	Modelo	Experimental	Modelo	Experimental
Aceite extraído (%)	81,86	81,00 <sup>a</sup> ± 1,24	82,16	81,51 <sup>a</sup> ± 3,91
Sólidos finos (%)	2,72	5,20 <sup>a</sup> ± 0,95	6,07	6,34 <sup>b</sup> ± 1,26

Los valores medios (± desviación estándar) fueron los promedios de tres mediciones independientes. Los valores en cada fila con distintas letras en superíndice indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre tratamientos.



**Figura 2 - Diagrama de Pareto estandarizado para %AE empleando MT**



**Figura 3 - Superficie de Respuesta para %AE en función T y H para MT**

limentos/Sello/sistema\_protocolos/ Protocolos\_de\_calidad\_del\_maní/). De estos hechos se puede deducir que las condiciones de proceso utilizadas para máxima recuperación de aceite no alteran el perfil característico de ácidos grasos y de tocoferoles del material de partida.

Los aceites obtenidos en dicho tratamiento (MT) presentaron aproximadamente 3 mg de compuestos fenólicos totales/kg aceite. Si bien representa una escasa concentración, teniendo en cuenta la proporción de dichos compuestos presentes en el tegumento (Bodoira *et al.*, 2022), el resultado logrado consti-

tuye una novedad de interés considerando la contribución que pueden realizar los mismos a la estabilidad oxidativa del aceite.

En las operaciones de extracción realizadas con MB el porcentaje máximo de aceite extraído fue del 81 % respecto de AT con un nivel de humedad del material cercano al 10 % utilizando una temperatura de prensado de 50°C.

La ecuación del modelo ajustado para el rendimiento de aceite fue la siguiente:

$$\% \text{ AE} = 155,63 - 0,39 V + 48,41 H - 2,40 H^2$$

Se observa un efecto cuadrático negativo y lineal positivo de la humedad del material y lineal negativo de la velocidad de conque operaba la prensa. Mientras que, las temperaturas de extracción exploradas no tuvieron influencia significativa sobre el rendimiento (Figura 4). Una representación gráfica del efecto combinado de H y V se muestra en la Figura 5.

El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) del modelo explicó el 93,7 % de la variabilidad del % AE. El máximo % AE predicho por el modelo (81,86 %) no difiere significativamente del valor logrado experimentalmente.

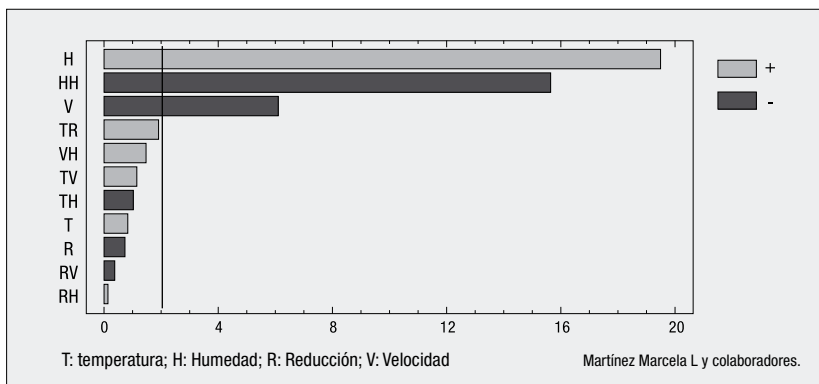
Bajo las condiciones de extracción para máximo rendimiento, los aceites obtenidos presentaron una proporción de sólidos finos inferior a 6,34 % e indicadores de calidad química aceptados para aceites vegetales comestibles (Tabla II). Asimismo, al igual que lo observado en aceites de MT, los parámetros de composición analizados fueron compatibles con los observados en aceites de maní vírgenes (no refinados), prensados en frío.

La comparación de los aceites extraídos de MT y MB indica pequeñas diferencias en sus parámetros de calidad/estabilidad y composición de ácidos grasos. Los aceites obtenidos a partir de MT presentaron un mayor contenido de compuestos fenólicos y tocoferoles totales. Este resultado sugiere profundizar la influencia de los parámetros de proceso, fundamentalmente temperatura, con el objetivo de incrementar la concentración de dichos componentes bioactivos en el aceite. En este sentido, resulta interesante destacar los estudios realizados por Wang *et al.* (2019) y Jiang *et al.* (2020) sobre metabolómica y propiedades funcionales de aceites de maní obtenidos por diferentes metodologías y condiciones de extracción. Estos autores han obtenido aceites con mayor proporción de sustancias bioactivas (tocoferoles y algunos fenoles hidrofílicos) en extracciones realizadas a temperaturas próximas a 130°C, los cuales a su vez

**Tabla 2 - Parámetros de composición y calidad de aceites obtenidos a partir de maní blanchado (MB) y maní con tegumento (MT) en las condiciones de proceso para máximo rendimiento de extracción.**

Parámetro	MB	MT
<b>Ácidos grasos (%)</b>		
Palmitico	5,53 <sup>a</sup> ± 0,12	5,29 <sup>a</sup> ± 0,32
Palmitoleico	0,68 <sup>a</sup> ± 0,15	0,13 <sup>a</sup> ± 0,01
Esteárico	1,81 <sup>a</sup> ± 0,04	2,64 <sup>a</sup> ± 1,10
Oleico	83,94 <sup>a</sup> ± 0,71	81,52 <sup>a</sup> ± 0,77
Linoleico	4,60 <sup>a</sup> ± 0,11	4,40 <sup>a</sup> ± 0,39
Linoléico	Tr	Tr
Araquídico	0,98 <sup>a</sup> ± 0,01	1,05 <sup>a</sup> ± 0,01
Eicosanoico	2,49 <sup>a</sup> ± 0,01	2,50 <sup>a</sup> ± 0,32
<b>Tocoferoles (mg/kg aceite)</b>		
α-Tocoferol	257,4 <sup>a</sup> ± 3,27	254,0 <sup>a</sup> ± 1,81
β-Tocoferol	ND	13,2 ± 1,69
γ-Tocoferol	157,2 <sup>a</sup> ± 5,74	175,0 <sup>a</sup> ± 2,15
Tocoferoles totales (mg/kg aceite)	414,6	442,2
<b>Fenoles totales (mg/kg aceite)</b>		
IA (mg KOH/g aceite)	0,59 <sup>a</sup> ± 0,09	1,53 <sup>b</sup> ± 0,03
IP (meq O <sub>2</sub> /kg aceite)	1,21 <sup>a</sup> ± 0,10	1,54 <sup>a</sup> ± 0,19
K <sub>232</sub>	1,68 <sup>b</sup> ± 0,06	0,49 <sup>a</sup> ± 0,01
Estabilidad oxidativa (h)	43,30 <sup>a</sup> ± 0,62	43,99 <sup>a</sup> ± 0,37

Los valores medios (± desviación estándar) fueron los promedios de tres mediciones independientes. Los valores en cada fila con distintas letras en superíndice indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre tratamientos.



**Figura 4 - Diagrama de Pareto estandarizado para %AE empleando MB**

mostraron efectos benéficos sobre el metabolismo de lípidos en animales de experimentación (Jiang *et al.*, 2020).

## • Conclusiones

El presente trabajo se centró en el diseño y aplicación de operaciones para la extracción de aceite de maní, mediante el uso de una prensa tipo expeller, empleando materias primas de diferentes características (maní con tegumento, MT, y maní blanqueado, MB). El empleo de un diseño factorial aleatorizado permitió una aproximación a condiciones de extracción que permitan maximizar el rendimiento de aceite. Los resultados obtenidos experimentalmente ajustaron de manera satisfactoria a los modelos propuestos. La comparación de las extracciones realizadas con los dos tipos de materiales evaluados (MT y MB) indicó máximos de rendimiento de acei-

te similares. La influencia del grado de humectación del material fue altamente significativa en ambos casos. Las temperaturas de extracción exploradas tuvieron un efecto significativo sólo para MT. Los aceites obtenidos en todos los tratamientos evaluados presentaron indicadores de calidad química dentro de los rangos de valores sugeridos para aceites vírgenes. Los parámetros de composición analizados fueron escasamente afectados por las condiciones de extracción de los aceites. La presencia de tegumento en el material a extraer no generó modificaciones sustanciales en la calidad química del aceite ni en su composición. Como rasgo distintivo se pueden mencionar una mayor proporción de tocoferoles y una pequeña cantidad de compuestos fenólicos en los aceites extraídos a partir de MT.

Los resultados de esta investigación sugieren la posibilidad de utilizar grano de maní con tegumento como materia

prima para la obtención del aceite. Esta alternativa, en comparación con el proceso usual que emplea maní “blanqueado”, supone una disminución en los costos de operación y en la generación de residuos, y calidad del aceite similares o aún superiores a los obtenidos con maní sin tegumento. Por otra parte, un proceso de extracción del aceite que utilice grano con tegumento abre la posibilidad de elaborar harina de maní “integral”, lo que representaría un beneficio adicional por su carga de componentes bio-activos (especialmente fenoles) que no estarían presentes en harinas de maní producidas mediante los procesos convencionales.

## Agradecimientos

El financiamiento para el presente estudio fue aportado por SECyT-UNC, CONICET y ANPCyT. Los autores agradecen a la empresa Lorenzati y Ruesch (Ticino, Córdoba) por el aporte de las muestras de maní utilizadas para la extracción de los aceites.

## • Bibliografía

Las Referencias Bibliográficas correspondientes al presente artículo pueden ser consultadas en el Anexo Referencias Bibliográficas ubicado al final de la versión A&G Digital de la Edición 131. Lo invitamos a acceder a nuestra publicación online en el siguiente enlace: [www.asaga.org.ar/ag-digital](http://www.asaga.org.ar/ag-digital) ■

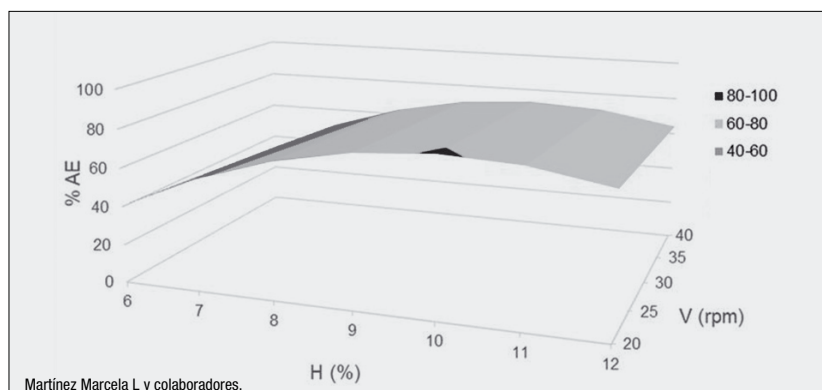


Figura 5 - Superficie de Respuesta para %AE en función H y V para MB