

El objetivo del trabajo es resaltar la forma de aprovechar la experiencia del maestro de almazara para modelizar el efecto de distintas regulaciones sobre las pérdidas industriales en la extracción del aceite de oliva virgen

EFECTO DE LAS REGULACIONES EN DOS-FASES SOBRE LA PÉRDIDA INDUSTRIAL EN ALMAZARAS EN RELACIÓN CON LA HUMEDAD DE LA ACEITUNA 'ARBEQUINA'

J.F. Hermoso¹; A. Boudebouz²; E. Martí¹; Á. García²; M. Mestres²; L. Aceña²; R. Boqué²; A. Ninot¹; A. Romero¹

¹ IRTA-Mas Bové, ctra. Reus-El Morell km 4,5 43120-Constantí, Tarragona Contacto: * jfrancisco.hermoso@irta.es

² URV-Departamento de Química Analítica y Química Orgánica. Facultad de Enología, C/Marcel·lí Domingo, 1 – Campus Sescelades (N4) 43007 Tarragona

Durante once campañas (2011-2021) se han caracterizado las regulaciones del proceso de elaboración del aceite de oliva virgen en función de las características de la aceituna en distintas zonas geográficas de Cataluña, estableciendo los valores más usuales y el rendimiento industrial en cada una de las zonas productoras. Los resultados técnicos se pueden visualizar en la "Oficina de l'Oli" del portal web Ruralcat (<https://ruralcat.gencat.cat/oficina-de-l-oli>), donde se actualizan cada año a partir de los datos obtenidos en la última

campaña. En este trabajo se ha analizado la relación entre los factores del proceso de extracción del aceite y el contenido en humedad de los frutos en las zonas de producción de aceituna 'Arbequina' en Cataluña, determinando aquellas regulaciones que tienen un mayor impacto sobre las pérdidas industriales. Los resultados demuestran que la humedad de los frutos es un factor determinante a la hora de elegir las regulaciones del proceso de elaboración que permitan optimizar el rendimiento industrial.



INTRODUCCIÓN

A partir del año 2002, el IRTA Mas Bové con el apoyo del Departamento de Agricultura, estableció convenios con asociaciones de productores, DOPs y cooperativas oleícolas de las principales zonas productoras de Cataluña para diseñar y tutorar programas de mejora de la calidad de sus aceites.

Dicha actividad ha permitido controlar las principales etapas de extracción industrial del aceite (recepción, caracterización de los frutos, regulaciones, rendimiento, etc.), y ha proporcionado información en situación real de proceso. Entre las características morfológicas y comerciales de los frutos, el contenido en humedad es la que tiene mayor influencia en su comportamiento industrial. Parte de la producción proviene de plantaciones con riego de soporte, por lo que en muchas ocasiones se reciben aceitunas con un alto contenido en humedad (principalmente a inicio de campaña) que generan dificultades en la extracción, implicando pérdidas industriales considerables. En el caso concreto de 'Arbequina', se trata de una variedad propensa a presentar "pastas difíciles" de menor extractabilidad que otras variedades, por lo que el problema anterior se puede agravar. Aunque las almazaras más modernas puedan tener un alto grado de automatización basada en sensores, permitiendo minimizar las pérdidas en tiempo real, la mayoría de ellas todavía no disponen de esta tecnología y las regulaciones las decide el maestro de almazara a partir de su experiencia. El objetivo del presente trabajo es, precisamente, aprovechar dicha experiencia para modelizar el efecto de distintas regulaciones sobre

las pérdidas industriales en la extracción del aceite de oliva virgen, en función de la humedad del fruto, en las zonas oleícolas donde la variedad principal es la 'Arbequina'.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se han utilizado los datos recopilados durante las cosechas de 2011 al 2021 en el marco del 'Programa de mejora de la calidad de los aceites vírgenes de Cataluña', a partir de las visitas semanales realizadas por los técnicos en elaiotecnia del IRTA a 33 almazaras participantes que procesan mayoritariamente la variedad 'Arbequina'. Se dispone de una amplia base de datos de estudio que incluye más de 1.800 muestras de aceitunas y orujos, así como de las observaciones y controles de funcionamiento en las almazaras.

Para la caracterización sanitaria, morfológica y comercial de la oliva se han determinado diferentes parámetros de la aceituna en cada una de las zonas estudiadas. Se han utilizado muestras cosechadas del árbol a partir de la semana 39 (principios de octubre), hasta la 61 (mediados de enero) con el fin de incluir un rango de humedad de fruto suficientemente amplio (34-69%).

En las visitas de control a las almazaras se han tomado muestras de aceitunas antes de entrar al triturador, sobre las que se ha realizado su caracterización morfológica y comercial: identificación

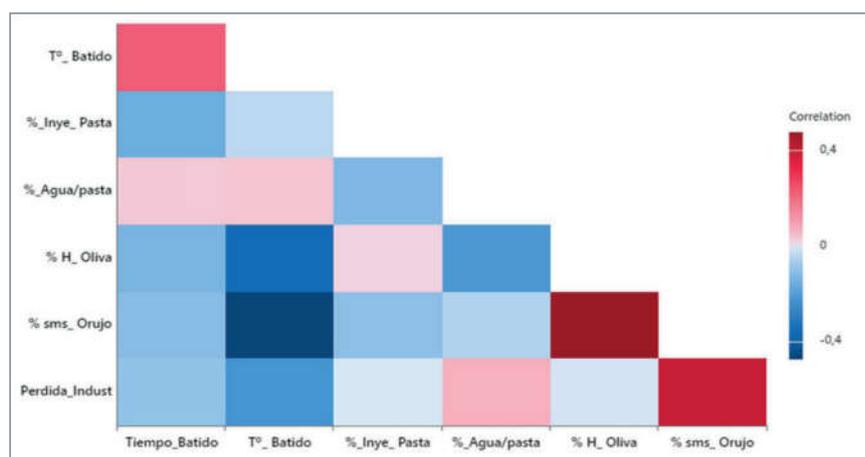
varietal, estado sanitario, índice de madurez, peso medio (g), peso del hueso (g), relación pulpa/hueso, contenido graso sobre materia seca (% por método Soxhlet) y contenido en humedad (% por diferencia de pesado). También se han tomado muestras de orujo a la salida del decánter y se ha recopilado información de las regulaciones del proceso (tiempo y temperatura de batido, inyección de masa y de agua al decánter). A partir del contenido graso y de la humedad de los frutos y del orujo se pueden calcular las pérdidas industriales y el porcentaje de extractabilidad industrial obtenido.

Para el análisis estadístico de los resultados se ha utilizado el programa SAS (versión 9.3 de SAS Institute Inc, Cary). Las superficies de cada modelo se han interpolado mediante polinomios de grado cinco, a partir de los datos observados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados demuestran que existe una correlación entre todas las regulaciones, la humedad del fruto y la pérdida industrial de aceite. Como era de esperar, la pérdida industrial de extracción está directamente relacionada con el contenido graso en seco del orujo. Además, la pérdida de aceite en el orujo se correlaciona positivamente con la humedad de las olivas. Esto se debe a que una alta humedad del fruto

Gráfico 1. Correlograma entre pérdida industrial, grasa en orujo (% sms_orujo), humedad de oliva (% H_Oliva), tiempo y temperatura de batido, inyección de pasta y de agua al decánter.



provoca emulsiones y afecta a la viscosidad de la pasta (pastas difíciles), dificultando la correcta separación de la fase oleosa durante el proceso. En el Gráfico 1 se presentan las correlaciones entre los diferentes parámetros del proceso de extracción a partir de los datos históricos analizados.

Estas relaciones principales permiten abordar el estudio del efecto de las diferentes regulaciones de la almazara de manera aislada. En concreto, aquellas que son más accesibles al maestro de almazara sin detener el sistema (Gráfico 2). Por otra parte, hay que considerar que existen puntos límite donde las funciones interpoladas dejan de ser significativas, ya que requieren de otra regulación complementaria a la analizada. Por ejemplo, cuando se observa la superficie de respuesta de la inyección de masa al decánter (Gráfico 2c) se aprecian valores muy altos de grasa en orujo cuando la humedad de la aceituna es del 70% y el ritmo de inyección es del 40%; esta relación inesperada sugiere que habría que cambiar la chapa de

salida del decánter para acomodarla al menor tamaño del anillo de aceite.

Respecto al tiempo de batido (Gráfico 2a), cuando la aceituna contiene más del 60% de humedad, la respuesta frente a esta regulación muestra un mínimo a los 90 minutos de batido que coincide con lo observado en otros estudios (Trapani et al, 2017; Polari et al, 2018), empeorando para tiempos más largos. Sin embargo, la mejora extractiva observada en el período 60-90 minutos parece casi nula, de manera que no se justifica un batido largo para este tipo de frutos. Cuando la humedad es media-alta (50-60%), los resultados indican un efecto negativo del tiempo de batido, posiblemente por generarse emulsiones y aumentar la hidratación de las sustancias pépticas, lo que implica una mayor dificultad en la separación del aceite. Para frutos de baja humedad (35-50%) se observa un mejor comportamiento para tiempos cortos de batido, con una respuesta muy acentuada a la mejora, especialmente por debajo de los 90 minutos: es posible que cuando la

aceituna está deshidratada, un batido largo aumente la deshidratación y empeore el comportamiento de la masa durante el batido.

En relación a la temperatura de batido (Gráfico 2b), la superficie de respuesta muestra una tendencia general a disminuir las pérdidas cuando se aumenta la temperatura, de acuerdo con las observaciones de otros investigadores (Trapani et al, 2017). Sin embargo, dicho efecto es solamente significativo con frutos de baja humedad (menos del 45%) y solamente en el rango 25-35°C, no observándose ningún efecto más allá de los 35°C y debiéndose considerar los efectos negativos sobre la calidad y vida útil del aceite cuando se alcanza dicha temperatura.

Respecto a la inyección de pasta al decánter (ritmo de trabajo), la superficie de respuesta interpolada parece bastante variable (Gráfico 2c). Como ya se ha indicado, para frutos de más del 55% de humedad, se observa un mínimo de pérdida alrededor del 75% de ritmo de inyección. Por encima de dicho valor, el rendimiento de la extracción tiende a empeorar, posiblemente por un insuficiente tiempo de permanencia de la pasta en el decánter. Por debajo, la extracción también empeora, posiblemente por requerirse una regulación complementaria como el cambio de la chapa de salida del decánter. Para frutos de humedad media y baja (menos del 55%) se observa un incremento de pérdidas cuando se va subiendo el ritmo de trabajo, siendo el efecto más acentuado cuanto menor es el contenido de humedad de los frutos.

Finalmente, la inyección de agua al decánter (Gráfico 2d) presenta una clara interacción con el contenido en humedad del fruto. En efecto, con frutos de alta humedad (más del 55%) la adición de agua empeora la extracción, como parece lógico esperar en un sistema que ya dispone de suficiente

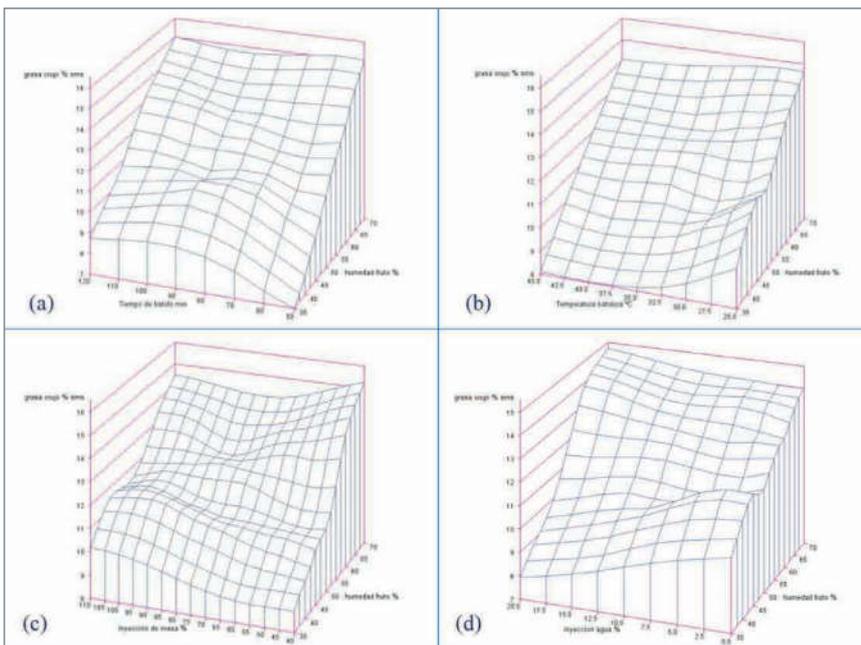


Gráfico 2. Efecto del tiempo (a), la temperatura de batido (b), el ritmo de inyección de masa (c) y la inyección de agua (d) al decánter en relación con la humedad de la aceituna 'Arbequina' en la pérdida de aceite con orujo.



Un producto excepcional
solo se puede obtener
con el mejor equipo



TAMESUR, S.A.

HUMEDAD DEL FRUTO	TIEMPO DE BATIDO ^(A)	TEMPERATURA DE BATIDO ^(B)	INYECCIÓN DE MASA AL DECÁNTER ^{(*) (C)}	INYECCIÓN DE AGUA AL DECÁNTER ^{(**) (D)}
Elevada (>60%)	Prácticamente no tiene efecto. NO hay motivo para hacer batidos largos	Efecto ligero a partir de 32°C	Óptimo entre 65-80%. Se ha de combinar con el diafragma del decánter	Tiene un efecto NEGATIVO, especialmente por encima del 12%
Media (50-60%)	Sin efecto, o con un ligero efecto negativo al aumentarlo	Efecto limitado. Óptimo entre 27-30°C	Zona variable de transición. No pasar del 75%	No tiene efecto importante
Baja (<50%)	Solo van bien batidos < 1 hora o > 2 horas (la calidad se ve muy afectada)	Efecto máximo 25-35°C (>35°C genera peróxidos sin mejorar la extracción)	Es muy efectiva. Mantener < 75%. Combinar con la regulación del diafragma del decánter	Muy efectiva. Mantener entre 12-20% (según humedad del fruto)

(*) en porcentaje con respecto a la capacidad teórica de la centrífuga horizontal
 (**) en porcentaje con respecto a la cantidad de masa inyectada (a), (b), (c), (d). Representación gráfica de las pérdidas en función de cada regulación (Gráfico 2).

Tabla 1. Resumen de las regulaciones más efectivas en función de la humedad de las olivas a procesar.

agua en los propios frutos. Por el contrario, en frutos deshidratados (menos del 45% de humedad) la adición de agua permite disminuir las pérdidas significativamente. Finalmente, los frutos de humedad intermedia (45-55%) tampoco necesitan adición de agua, aunque en este caso dicha adición no parece tener un efecto negativo claro.

La Tabla 1 resume las conclusiones principales que se derivan del análisis de las superficies de respuesta interpoladas. ■

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a las cooperativas participantes en el Programa de Mejora de Calidad de los Aceites Vírgenes de Cataluña. A. Boudebouz agradece la financiación recibida a través de un contrato postdoctoral: Ayudas para la Recualificación del Sistema Universitario Español, en modalidad "Margarita Salas" y Á. García agradece la financiación recibida a través de su beca predoctoral "Martí i Franquès COFUND": 2020PMF-PIPF-6. Esta actividad está financiada a través de la "Operación 01.02.01 de Transferència Tecnològica del Programa de Desenvolupament Rural de Catalunya 2014-2022".



REFERENCIAS

- Angerosa, F.; Mostallino, R.; Basti, C.; Vito, R. (2001) Influence of malaxation temperature and time on the quality of virgin olive oils. *Food Chemistry*, 72: 19-28.
- Beltrán, G.; Uceda, M.; Jiménez, A.; Aguilera, M.P. (2003). Olive oil extractability index as a parameter for olive cultivar characterization. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Vol. 83: 503-506.
- Espinola, F.; Moya, M.; Fernandez, D. G.; Castro, E. (2011). Modelling of virgin olive oil extraction using response surface methodology. *International Journal of Food Science & Technology*, 46: 2576-2583.
- Gila, D. M.; Marchal, P. C.; García, J. G.; Ortega, J. G. (2015). Extractability control for the virgin olive oil elaboration process. " 2015 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT), Seville, Spain. pp. 240-245.
- Hermoso, J.F., Romero, A., Martí, E., Ninot, A., Batlle, I. (2015). Programa IRTA de mejora de la calidad de los aceites de oliva en Cataluña, quince años de experiencia. *Spanish Journal of Rural Development*. Vol. VI (3-4): 65-76, 2015.
- Hermoso, J.F., Martí, E., Boada, I., Romero, A. (2020). Relación entre los parámetros de la aceituna y la extracción industrial en las principales zonas oleícolas de Cataluña. *Revista Vida Rural* 477: 58-64, 1 de marzo de 2020.
- Kalogianni, E.P.; Georgiou, D.; Hasanov, J.H. (2019). Olive Oil Processing: Current Knowledge, Literature Gaps, and Future Perspectives. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, Vol. 96: 481-507
- Polari, J.J.; Garcí-Aguirre, D.; Olmo-García, L.; Carrasco-Pancorbo, A.; Wang, S.C. (2018) Interactions between hammer mill crushing variables and malaxation time during continuous olive oil extraction. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 2018, 120.
- Romero, A.; Hermoso, J.F.; Martí, E.; Beltrán, G.; Boudebouz, A.; Vichi, S. (2018). Factores de fabricación en aceites de alta calidad. *Rev. Almazaras*.
- Servili, M.; Esposito, S.; Taticchi, A.; Urbani, S.; Di Maio, I.; Sordini, B.; Selvaggini, R. (2014). The effect of diverse agricultural and technological factors on olive oil quality and yield. *Acta Hort.* 1057: 603-618.
- Trapani, S.; Guerrini, L.; Masella, P.; Parenti, A.; Canuti, V.; Picchi, M.; Caruso, G.; Gucci, R.; Zanoni, B. (2017) A kinetic approach to predict the potential effect of malaxation time temperature conditions on extra virgin olive oil extraction yield. *Journal of Food Engineering* 195 (2017): 182-190.