



PROGRAMA DE DESARROLLO DE LAS CIENCIAS BÁSICAS  
Ministerio de Educación y Cultura - Universidad de la República

Área Química

**1. Nombre de la Asignatura:**

TECNOLOGÍAS DE REVALORIZACIÓN DE RESIDUOS Y SUBPRODUCTOS  
AGROALIMENTARIOS

**2. Créditos: 5**

**3. Objetivo de la asignatura:**

El principal objetivo es proponer la mejora de la sostenibilidad y la minimización de los impactos ambientales en los procesos de extracción que se pueden desarrollar para la revalorización de subproductos agroalimentarios o desperdicios de alimentos. Para ello el temario incluirá conceptos como la identificación de recursos y subproductos de la industria agroalimentaria que puedan constituir una fuente potencial de riqueza; el aprendizaje de los fundamentos de procesos y tecnologías encaminados a la revalorización de residuos agroalimentarios y que se basan en los principios de la Química Verde; y el aprendizaje de las herramientas necesarias para garantizar la calidad de los productos obtenidos, así como su potencial actividad biológica, aspecto de gran interés para la industria alimentaria.

**4. Metodología de enseñanza:**

Este curso buscará ofrecer estrategias de desarrollo e innovación en el sector alimentario. Permitirá un mejor uso de los recursos para hacer más accesibles los alimentos. La formación busca mejorar el conocimiento sobre los procesos de obtención, control y seguridad de los alimentos para su mayor calidad nutricional, sensorial y microbiológica y su utilización en la prevención de enfermedades y de estrategias científicas que permitan un mayor aprovechamiento de los recursos agroalimentarios. Se procurará el mayor contacto posible con la realidad industrial. Se pretende mantener una fuerte interacción docente-estudiante durante el desarrollo del curso de manera de aprovechar al máximo las horas de dedicación a la asignatura.

**5. Temario:**

**Teórico 1.-** Introducción al curso. Identificación de fuentes de residuos y subproductos agroalimentarios como fuente de compuestos bioactivos. (IV)

**Teórico 2.-** Principales compuestos con actividad antioxidante. Polifenoles, Carotenoides, Tocoferoles y Orizanoles. Clasificación y estructura química. Fuentes naturales en los que se encuentran. (AF/IV)

**Teórico 3.-** Métodos de extracción convencionales y novedosos.  
Preparación del material de partida. Extracción por solventes. Maceración en solventes. Extracción a reflujo. Extracción por arrastre con vapor. Tratamientos enzimáticos. Ultrasonido. Microondas. Campo Eléctrico pulsado. Aplicaciones de altas presiones en la gestión de residuos y subproductos. (CA/TL)

**Teórico 4.-** Procesos verdes y sostenibilidad. Procesos basados en el empleo de Fluidos Comprimidos para la extracción de compuestos de alto valor añadido para la industria alimentaria. Fundamentos y aplicaciones. (EI)

**Teórico 5.-** Procesos verdes y sostenibilidad. Fundamentos de la extracción con fluidos supercríticos. Aplicaciones, análisis de casos concretos. (IV)

**Teórico 6.-** Biorrefinería: uso integral, medioambientalmente limpio y racional de los recursos. (EI)

**Teórico 7.-** Definición de antioxidantes. Mecanismos de acción. Antioxidantes sintéticos y antioxidantes provenientes de diversas fuentes naturales.

Procesos de oxidación lipídica. Mecanismo y cinética del deterioro oxidativo (enranciamiento). Daños producidos por especies reactivas al oxígeno. Métodos aplicados para la determinación de antioxidantes naturales y sintéticos. Métodos de evaluación de la oxidación lipídica. (IV)

**Teórico 8.-** Tecnologías avanzadas para la caracterización de compuestos bioactivos I. Metodologías *in-vitro* para la caracterización de compuestos bioactivos. Actividad antioxidante de extractos naturales. Métodos de transferencia de átomo de hidrógeno (HAT) y transferencia de electrones (ET). Análisis *in vitro* e *in vivo* de extractos naturales obtenidos de residuos. Fundamentos y aplicaciones. (AM/AF)

**Teórico 9.-** Tecnologías avanzadas para la caracterización de compuestos bioactivos II. Actividad antimicrobiana de extractos naturales. Nanobiotecnología aplicada a la inocuidad alimentaria. Fundamentos y aplicaciones. (SA)

**Teórico 10.-** Tecnologías avanzadas para la caracterización de compuestos bioactivos III. Cromatografía líquida (LC), técnicas multidimensionales (MDLC, LCxLC, LC-MS), cromatografía de gases (GC), técnicas multidimensionales (MDGC, GCxGC, GC-MS). Fundamentos y aplicaciones. (EI)

**Teórico 11.-** Tecnologías avanzadas para la caracterización de compuestos bioactivos IV. Espectrometría de masas (MS). Fundamentos y aplicaciones. (AC)

**Teórico 12.-** Tecnologías avanzadas para la caracterización de compuestos bioactivos V. Técnicas ómicas. Fundamentos y aplicaciones. (AC)

**Teórico 13.-** Foodomics. Fundamentos y aplicaciones. (AC)

**Teórico 14.-** Bioinformática estructural de compuestos bioactivos y dianas asociadas a su funcionalidad: estructura, conformaciones, propiedades fisicoquímicas, y medidas de energía libre de interacción. (MP)

**Teórico 15.-** Caracterización desde el punto de vista de las propiedades tecno-funcionales los residuos de los diferentes procesos de extracción, que constituyen harinas que pueden tener contenidos significativos de fibra y de proteína. (CA)

**Teórico 16.-** Tecnologías de encapsulación de principios activos obtenidos a partir de subproductos agroalimentarios. Fundamentos y aplicaciones.

Elección del material encapsulante. Mecanismos de liberación. Evaluación del desempeño funcional, biodisponibilidad y estabilidad del compuesto antioxidante. (AM)

**Teórico 17.-** Desarrollo de alimentos funcionales: relación entre nutrición, satisfacción sensorial y beneficio específico en la salud de los consumidores. (AG)

**Trabajo en grupo.** Búsqueda de información para la identificación de los residuos y subproductos agroindustriales generados en diferentes industrias alimentarias. Selección para los casos de estudio y organización de trabajos. (IV)

**Taller de participantes.** Presentación de trabajos. (IV/CA/AF)

## **6. Bibliografía:**

- Anal, A.K. Food Processing By-Products and their Utilization. John Wiley & Sons, Inc., 2017.
- Ballesteros-Vivas, D., Alvarez, G., del Pilar Sánchez-Camargo, A., Ibáñez, E., Parada-Alfonso, F., Cifuentes, A. A multi-analytical platform based on pressurized-liquid extraction, *in vitro* assays and liquid chromatography/gas chromatography coupled to high resolution mass spectrometry for food by-products valorisation. Part 1: Withanolides-rich fractions from goldenberry (*Physalis peruviana* L.) calyces obtained after extraction optimization as case study, *J. Chromatogr A* 1584, (2019a) 155-164.

- Ballesteros-Vivas, D., Alvarez, G.; A., Ibañez, E., Parada-Alfonso, F., Cifuentes, A., A multi-analytical platform based on pressurized-liquid extraction, in vitro assays and liquid chromatography/gas chromatography coupled to high resolution mass spectrometry for food by-products valorisation. Part 2: Characterization of bioactive compounds from goldenberry (*Physalis peruviana* L.) calyx extracts using hyphenated techniques *J Chromatogr A* 1584, (2019b) 144-154.
- Banerjee, Rituparna, Verma, Arun K., Wasim Siddiqui, Mohammed. *Natural Antioxidants. Applications in Foods of Animal Origin.* AAP, Apple Academic press, Oakville, 2017.
- Barba, F.J., Zhu, Z., Koubaa, M., de Souza Sant'Ana, A., Orlie, V. Green alternative methods for the extraction of antioxidant bioactive compounds from winery wastes and byproducts: a review. *Trends in Food Science and Technology.*49, (2016) 96-109.
- Bockisch, M. *Fats and Oils Handbook.* American Oil Chemists' Society (AOCS Press). Champaign, 1998.
- Börjesson P., Castro-Puyana, M., Ibañez, E., Mendiola, J.A., Rodríguez-Meizoso I., Turner, V. Life cycle assessment of green pilot-scale extraction processes to obtain potent antioxidants from rosemary leaves. *Journal of Supercritical Fluids*, 72, (2012) 205-212.
- Brunner G., Roggalinski, T., del Valle J.M., Zetzi, C. Extraction of boldo (*Peumus boldus* M.) leaves with supercritical CO<sub>2</sub>. *Food research International*, 38, (2005) 203-213.
- Burt, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foodsea review. *International Journal of Food Microbiology*, 94, (2004) 223-253.
- Cabrera, M., Medrano, A., Lecot, N., Fernandez, M., Moreno, M., Chabalgoity, J., Gambini, J., Alonso, O., Balter, H., Cabral, P. A Novel Method to Radiolabel Stealth Liposome through 1,2- dimyristoyl-sn-glycero-3-phosphoethanolamine-N-DTPA with <sup>99m</sup>Tc and Biological Evaluation. *Journal of Analytical Oncology* 21, (2013) 1-9.
- Campos-Vega, R., Dave Oomah, B., Vergara-Castaneda, H.A. *Food Wastes and By-products: Nutraceutical and Health Potential.* John Wiley & Sons, Inc., 2020.
- Castro-Puyana M., Herrero, M., Ibañez, E., Mendiola, J.A. Compressed fluids for the extraction of bioactive compounds. *Trends in Analytical Chemistry*, 43, (2013).
- Cavero S., García-Risco, M. R., Marín, F. R., Jaime, L., Santoyo, S., Señoráns, F. J., Reglero, G., Ibañez, E. Supercritical fluid extraction of antioxidant compounds from oregano. Chemical and functional characterization via LC-MS and in vitro assays. *Journal of Supercritical Fluids*, 38, (2006) 62-69.
- Fernandez, A., Medrano, A., Lopez, T. Evaluation of antioxidant, antiglycant and ACE-inhibitory activity in enzymatic hydrolysates of lactalbumin. *Food and Nutrition Science* 8, 84-98, 2017.
- Frankel, Edwin N. *Lipid Oxidation.* American Oil Chemists' Society (AOCS Press). Champaign, 1998.
- Frankel, Edwin N. *Lipid Oxidation. Second Edition.* The Oily Press, Champaign, 2005.
- Herrero, M., Castro-Puyana M., Ibanez, E., Mendiola, J.A. Compressed fluids for the extraction of bioactive compounds. *Trends in Analytical Chemistry*, (2013) 43, 67-83.
- Hu, Min y Jacobsen, Charlotte. *Oxidative Stability and Shelf Life of Foods containing Oils and Fats.* Elsevier - AOCS Press, Urbana IL, 2016.
- Ibañez, E., Palacios., J., Señorans., F.J., Santa-Maria, G., Reglero, G. Isolation and separation of tocopherols from olive by products with supercritical fluids, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 77(2), (2000) 187-190.
- Ibañez, E., Cifuentes, A. Green extraction techniques. *TrAC Trends Anal. Chem.* 71, (2015).
- Madhavi, D.L., Deshpande, S.S., Salunkhe, D.K. *Food Antioxidants: Technological: Toxicological and Health Perspectives.* Ed. Marcel Ekker Ink, Nueva York, USA, 1997.
- O'Brien, R. D. *Fats and Oils. Formulating and Processing for Applications,* Third Edition. CRC Press. Boca Raton, 2009.
- Oreopoulou, V., Russ, W. *Utilization of By-Products and Treatment of Waste in the Food Industry.* Springer Nature Switzerland AG. 2007.
- Putnik, P., Bursac Kovacevic, D., Radojcin, M., Dragovic-Uzelac, V. Influence of acidity and extraction time on the recovery of flavonoids from grape skin pomace optimized by response surface methodology. *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly*, 30, (2017a) 455-464.

- Putnik, P.; Barba, F.J.; Španić, I.; Zoric, Z.; Dragovic-Uzelac, V.; Bursac Kovacevic, D. Green extraction approach for the recovery of polyphenols from Croatian olive leaves (*Olea europea*). *Food and Bioproducts Processing*, 106, (2017b) 19-28.
- Putnik, P., Lorenzo, J. M., Barba, F. J., Roohinejad, S., Režek, A. J., Granato, D., Bursac, D. K. Novel food processing and extraction technologies of high-added value compounds from plant materials. *Foods*, 7, (2018) 106.
- Señorans, F.J., Ibáñez, E., Cavero, S., Tabera, J. Reglero, G. Liquid chromatographic-mass spectrometric analysis of supercritical fluid extracts of rosemary plant, *J. Chromatogr. A*, 870, (2000) 491-499.
- Shahidi, Fereidoon. *Natural Antioxidants: Chemistry, Health effects, and Applications*. American Oil Chemists' Society (AOCS Press). Champaign, 1997.
- Vieitez, Ignacio., Mailhe, Isabel, Braun, Matias, Jachmanián, Iván. Stabilizing edible oils with supercritical extracts from herbs. *INFORM 24*, (2013) 494-496.
- Vieitez, Ignacio., Maceiras, Lucía., Jachmanián, Iván., Alborés, Silvana. Antioxidant and antibacterial activity of different extracts from herbs obtained by maceration or supercritical technology. *The Journal of Supercritical Fluids* 133, (2018) 58-64.
- Yang, J., Xiao, A., Wang, C. Novel development and characterisation of dietary fibre from yellow soybean hulls. *Food Chemistry*, 161, (2014) 367-375.
- Xavier, M.P., Lopez, T., Medrano, A. Encapsulación de quercetina en nano y micro emulsiones alimenticias. *INNOTEC* 6, 32, 2011.

## Anexo

### **Modalidad del curso y procedimiento de evaluación:**

El curso se dictará en el segundo hemi-semester del primer semestre del año con 2 clases semanales con la siguiente carga horaria: 17 clases teóricas de 2 horas de duración (34 horas de teóricos) y 1 taller final con preparación y exposición de trabajos por parte de los estudiantes de 6 horas de duración (considerando el tiempo de preparación y la actividad presencial de la exposición a realizar).

Aprobación del curso:

- Presentación realizada en el taller final (corresponde a un 30% de la nota total).
- Realización de una prueba final escrita (corresponde a un 70% de la nota final).

<b>Aprobación del curso:</b>	
Menos del 25%	no aprueba la asignatura
Entre 26 y 59%	realiza prueba de recuperación (*)
60% o más	aprueba la asignatura
(*) En la prueba de recuperación:	
Menos del 60%	no aprueba la asignatura
60% o más	aprueba la asignatura

### **Docente responsable:**

- Dr. Ignacio Vieitez, Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Química, UdelaR, Uruguay.

### **Docentes:**

- Dra. Elena Ibáñez, Instituto de Investigación en Ciencias de la Alimentación (CSIC-UAM), Madrid, España,
- Dr. Alejandro Cifuentes, Instituto de Investigación en Ciencias de la Alimentación (CSIC-UAM), Madrid, España,
- Dra. Adriana Gámbaro, Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Química, UdelaR, Uruguay.
- Dra. Margot Paulino, Departamento de Experimentación y Teoría de la Estructura de la Materia y sus Aplicaciones, Área Bioinformática, Facultad de Química, UdelaR, Uruguay.
- Dra. Silvana Alborés, Departamento de Biociencias, Área Microbiología, Facultad de Química, UdelaR, Uruguay.
- Dr. Tomas López, Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Química, UdelaR, Uruguay.
- Dra. Cecilia Abirached, Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Química, UdelaR, Uruguay.
- Dra. Alejandra Medrano, Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Química, UdelaR, Uruguay.
- Dra. Adriana Fernández, Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Química, UdelaR, Uruguay.