



Universidad Nacional
de **Entre Ríos**

Facultades de Ingeniería, Ciencias Agropecuarias y
Ciencias de la Alimentación

PROGRAMA ANALÍTICO

Introducción

Este curso aborda en forma teórica y práctica el estudio de las propiedades reológicas de materiales, considerándolos consistentemente como materiales visco-elásticos con especial interés en alimentos.

Se busca desarrollar la practicidad y efectividad para estudiar cualitativamente el comportamiento de los materiales en relación a su calidad y en las etapas involucradas en su desarrollo como producto durante su procesamiento industrial.

Por otro lado, se pretende que en las actividades prácticas a realizar, el alumno pueda analizar y mejorar los procedimientos experimentales, teniendo en cuenta la correcta toma y colocación de la muestra en el reómetro, la elección del sistema de medición y la obtención de parámetros que correlacionen con la calidad, estabilidad y vida útil de un producto. Además, se pretende que el alumno pueda aplicar los conocimientos adquiridos en la teoría al análisis de las curvas obtenidas.

Destinatarios: Estudiantes de Doctorado, Maestría y Especialidad en Ciencia y Tecnología de Alimentos, estudiantes de carreras de posgrado afines, profesionales.

Clases teórico-prácticas

Programa analítico

Actividad teórica

Tema 1: **Conceptos básicos de Reología**

- Expectativas de los materiales
- Expectativas físico-teóricas basadas en el Modelo de la Doble Placa: fuerza externa, cizallamiento laminar: temperatura, libertad de movimiento estructural y otras variables principales.
- Respuesta de los materiales visco-elásticos, módulo de corte, viscosidad.
- Concepto estructural de materiales visco-elásticos: aparentemente sólido y aparentemente líquido usando los conceptos clásicos de sólido y líquido ideal. Analogías mecánicas.
- Almacenamiento y disipación de Energía bajo condiciones controladas.
- Escalas de tiempo en Reología: Espectro de tiempo de los materiales contra tiempos experimentales relacionados a condiciones de proceso.

Tema 2: **Reología y su lenguaje**

- Fuerza de Corte, Deformación de Corte, Velocidad de Corte, Fuerza Axial, propiedades Viscosidad Aparente, Viscosidad Compleja. Curva de viscosidad.
- Velocidades características de procesos comunes y/o naturales
- Viscoelasticidad de los materiales: propiedades viscoelásticas: Módulo de Almacenamiento (G'), Módulo de Pérdida (G''), Factor de Pérdida ($\tan \delta$), ángulo de fase (δ), Viscosidad Compleja (η^*).

Tema 3: **Caracterización de materiales visco-elásticos**

- Fluidos Newtonianos
- Fluidos no-Newtonianos: Comportamiento Pseudoplásticos, Dilatantes, Plásticos. Ejemplos
- Concepto de Yield Stress. Ejemplos.
- Fluidos dependientes del tiempo: tixotropía, reopexia.

Tema 4: **Reometría**

- Reómetros, Viscosímetros, Análisis Dinámico Mecánico.
- Elementos básicos de un reómetro. Tipos de reómetros
- Elementos de Control, Sensores de medición, y accesorios

Tema 5: **Ensayos prácticos**

- Ensayos reológicos: oscilatorios y rotatorios
- Ensayos Oscilatorios: Región de Lineal Viscoelástica, estabilidad estructural y comportamiento no lineal.
- Barridos de tiempo, amplitud, frecuencia, y temperatura. Consideraciones para definir un ensayo.
- Ensayos rotatorios: tipos de ensayos, rampa escalonada, continua, ciclos, Steady State.
- Ensayos transientes: Creep-Recovery, Stress Relaxation. Repetitivos y de Multi-Condición.

Tema 6: **Aplicaciones**

Casos de estudio. Alimentos, polímeros, productos cosméticos, pinturas

Temas a desarrollar en las clases prácticas

- Tipo de Reómetro: Motor y Transductor Combinado (CMT) o Motor y Transductor Separado (SMT)
- Consideraciones para la Validación de la Calibración del Reómetro: Inercias, tiempo de respuesta, Materiales de Referencia.

- Efectos de Temperatura en las dimensiones experimentales contra efectos de temperatura en el material.
- Condicionamiento de las superficies de medición: Tensión Superficial, tipo de textura.
- Condicionamiento térmico de superficies de medición: Gradiente térmico
- Determinación de tiempos experimentales: tiempo de condicionamiento y tiempo de evaluación
- Confirmación de estabilidad estructural de la muestra.
- Elección de protocolos de medición y secuencias para asegurar una buena caracterización viscoelástica de materiales evaluados.
- Variables a presentar para confirmar la buena práctica experimental
- Variables a presentar para relacionar con formulación, proceso, vida útil, apariencia, comercialización, calidad, economía.
- Caracterizaciones reológicas a nivel laboratorio contra respuesta de materiales en el campo.
- Interpretación de resultados.
- Creación de Curvas Maestras.
- Transformaciones Viscoelásticas.
- Correlaciones de parámetros reológicos con parámetros de formulación, proceso, estabilidad, vida de producto, economía.
- Preguntas y Respuestas

Actividad práctica:

Trabajo grupal con exposición: Se conformarán grupos de 2-3 alumnos que analizarán 1 trabajo de investigación específico entregado por la docente sobre alguna de las temáticas generales desarrolladas en el curso. Deberá presentarse un análisis escrito sobre el enfoque aplicado en el trabajo y una propuesta de investigación sobre otro alimento que se pudiera estudiar en forma



Universidad Nacional
de Entre Ríos

Facultades de Ingeniería, Ciencias Agropecuarias y
Ciencias de la Alimentación

BIBLIOGRAFIA

Bibliografía del curso:

- Ahmed, J., Ptaszek, P., & Basu, S. (2017). Food Rheology: Scientific Development and Importance to Food Industry. In J. Ahmed, P. Ptaszek, & S. Basu (Eds.), *Advances in Food Rheology and its Applications* (pp. 1–4). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100431-9.00001-2>
- Alimi, B. A., Workneh, T. S., & Oyeyinka, S. A. (2017). Structural, rheological and in-vitro digestibility properties of composite corn-banana starch custard paste. *LWT - Food Science and Technology*, 79, 84–91. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.01.012>
- Barnes, H. A., Hutton, J. F. (John F., & Walters, K. (1989). An introduction to rheology. Elsevier.
- Chen, T. “Rheological techniques for yield Stress analysis”. Application Notes 017. TA Instruments.
- Dartois, A., Singh, J., Kaur, L., & Singh, H. (2010). Influence of guar gum on the in vitro starch digestibility-rheological and Microstructural characteristics. *Food Biophysics*, 5(3), 149–160. <https://doi.org/10.1007/s11483-010-9155-2>
- Fabbri, A., & Cevoli, C. (2016). Rheological parameters estimation of non-Newtonian food fluids by finite elements model inversion. *Journal of Food Engineering*, 169(2016), 172–178. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.08.035>
- Franck, A. (2003). AAN006e: Analytical Rheology. Application Notes TA Instruments, 1–4.
- Franck, A. (2003). AN004: Viscoelasticity and dynamic mechanical testing. Application Notes TA Instruments, (1), 1–7.
- Franck, A. (2004). AAN016: Understanding rheology of structured fluids. Application Notes TA Instruments, 1–11.
- Franck, A. (2004). AAN036e: Paints and Coatings. Application Notes TA Instruments, 166(34), 25.
- Franck, A. “New approach to characterize starch dispersions”. Application Notes 112e. TA Instruments
- Kasapis, S., & Bannikova, A. (2017). Rheology and Food Microstructure. In J. Ahmed, P. Ptaszek, & S. Basu (Eds.), *Advances in Food Rheology and its Applications* (pp. 7–46). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100431-9/00002-4>
- Macosko, C. W. (1994). Rheology : principles, measurements, and applications. VCH.

- Martínez, M. M., & Gómez, M. (2017). Rheological and microstructural evolution of the most common gluten-free flours and starches during bread fermentation and baking. *Journal of Food Engineering*, 197, 78–86. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.11.008>
- Matignon, A., Ducept, F., Sieffermann, J. M., Barey, P., Desprairies, M., Mauduit, S., & Michon, C. (2014). Rheological properties of starch suspensions using a rotational rheometer fitted with a starch stirrer cell. *Rheologica Acta*, 53(3), 255–267. <https://doi.org/10.1007/s00397-013-0754-y>
- Shanthilal, J., & Bhattacharya, S. (2016). Time-Independent and Time-Dependent Rheological Characterization of Dispersions with Varying Contents of Chickpea Flour and Gum Arabic Employing the Multiple Loop Experiments. *Journal of Food Science*, 0(0), 1–11. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13355>
- Siew Yin Chan, Wee Sim Choo, David James Young, Xian Jun Loh, Pectin as a rheology modifier: Origin, structure, commercial production and rheology, *Carbohydrate Polymers*, Volume 161, 1 April 2017, Pages 118-139
- Tornberg, E. (2017). Influence of Fibers and Particle Size Distribution on Food Rheology. In J. Ahmed, P. Ptaszek, & S. Basu (Eds.), *Advances in Food Rheology and its Applications* (pp. 177–208). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100431-9/00008-5>
- Tucker, G. (2017). Applications of Rheological Data Into the Food Industry. In J. Ahmed, P. Ptaszek, & S. Basu (Eds.), *Advances in Food Rheology and its Applications* (pp. 159–175). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100431-9/00007-3>



Universidad Nacional
de Entre Ríos

Facultades de Ingeniería, Ciencias Agropecuarias y
Ciencias de la Alimentación

PLANIFICACIÓN DEL CURSO

Objetivos Generales:

Que el alumno adquiera conocimientos sobre sus posibilidades para estudiar en forma cualitativa y cuantitativa las propiedades reológicas de los materiales visco-elásticos.

La incorporación de conceptos de la reología, los tipos de respuesta y los ensayos disponibles brindará mayores herramientas al alumno para comprender y predecir el comportamiento en relación a su microestructura, los aspectos de calidad relevantes en un alimento, sus atributos sensoriales así como también su procesamiento y almacenamiento.

A través del módulo práctico se amplían los conocimientos experimentales de perfeccionamiento y comprensión analizando las curvas obtenidas correlacionando los parámetros reológicos con aquellos de formulación, proceso, estabilidad, vida de producto, economía.

Objetivos Particulares:

Que el alumno profundice conocimientos sobre:

- 1) Conceptos básicos de reología, variables y comportamiento reológico de materiales visco-elásticos
- 2) Reometría y los diferentes tipos de ensayos para predecir el comportamiento en condiciones de flujo y de cuasi equilibrio.
- 3) Aplicaciones y usos de la reología como herramienta para caracterizar productos y solucionar problemas de la industria.

Metodología de Trabajo:

El curso es de carácter teórico-práctico. Se prevén 5 clases presenciales en total durante los días 30 de octubre al 3 de noviembre de 2017 de 9 a 13 y 14 a 18 hs según el cronograma.

Conocimientos previos requeridos (Si correspondiese).

Fecha tentativa de inicio del dictado y duración del Curso (en semanas).

Cupo de alumnos (cantidades mínima y máxima).

Lugar: FCAL-UNER

Día(s) y horario(s) tentativo(s) de dictado:

Clases Teóricas: (24 hs)

30 de Octubre: 9 - 13 y 14 - 18 hs

31 de Octubre: 9 - 13 y 14 - 18 hs

1 de Noviembre: 9 - 13 y 14 - 18 hs

Clase Prácticas: (16 h)

2 de Noviembre: 9 - 13 y 14 - 18 hs

3 de Noviembre: 9 - 13 y 14 - 18 hs

Fecha de Evaluación: 17 de noviembre de 2017

Fecha de Recuperatorio: 24 de noviembre de 2017

Profesores Responsables:

Dr. Abel Gaspar Rosas

Ing. Lucia Garaventa

Docente(s) colaborador(es):

Dr. Juan Manuel Castagnini

Ing. Mercedes Rasia

Ing. Lucas Osvaldo Benitez

Condiciones de Regularidad y Promoción:

Se requiere un mínimo del 80% de asistencia a las clases.

La evaluación comprenderá 2 elementos:

- 1) En el último día del curso, se realizará la presentación del Trabajo Grupal, ante todo el curso.
Puntaje: 30/100
- 2) Presentación escrita del análisis realizado sobre el artículo científico aplicando los conocimientos teóricos adquiridos durante el curso. Puntaje: 70/100

Infraestructura necesaria:

Para el desarrollo de la clase:

- Aula, pizarrón
- Computadora y cañón de proyección, Powerpoint, Acrobat Reader instalados
- Reómetro de laboratorio