

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



TRABAJO PRACTICO N°2

PROFESORES:

Dr. Pablo D. Ribotta

Dra. Marcela L. Martínez

Esp. Ing. Qco. Hernán C. Severini

Dr. Pablo Palavecino

TRABAJO PRÁCTICO Nº 2

“Extrusión: proceso y aplicación”

OBJETIVOS

- Aplicar los fundamentos teóricos al proceso de extrusión de alimentos.
- Comprender el impacto de las variables de proceso durante el proceso de extrusión.
- Determinar la influencia de las variables de proceso sobre el producto extrudido.

EXPECTATIVAS DE LOGRO

Comprender:

- El funcionamiento básico de un extrusor.
- La potencialidad de aplicación en el área de alimentos de la tecnología de extrusión.

Demostrar capacidad para:

- Organizarse en grupo según las actividades planteadas.
- Realizar las actividades en forma coordinada y ordenada.

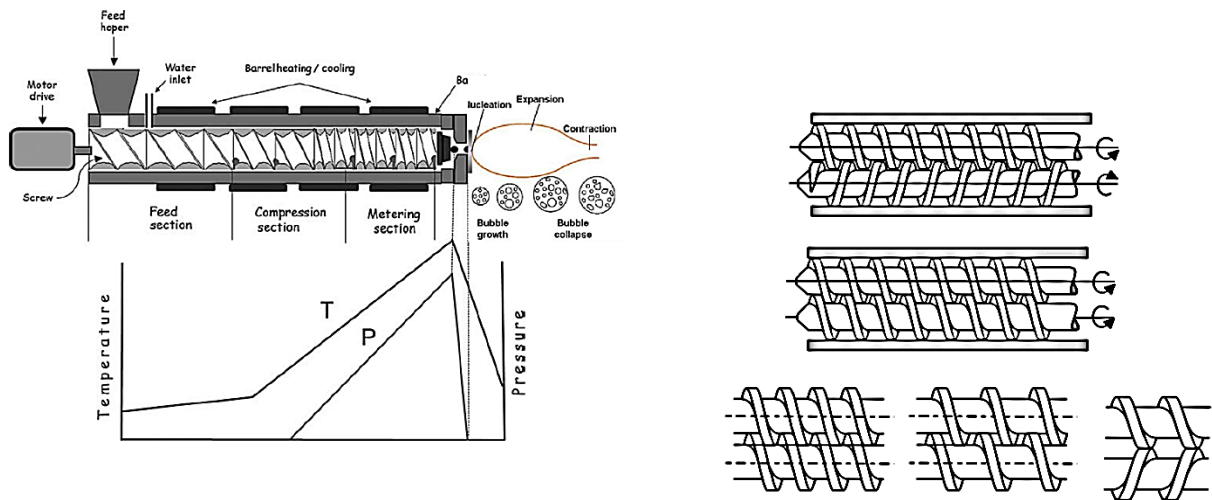
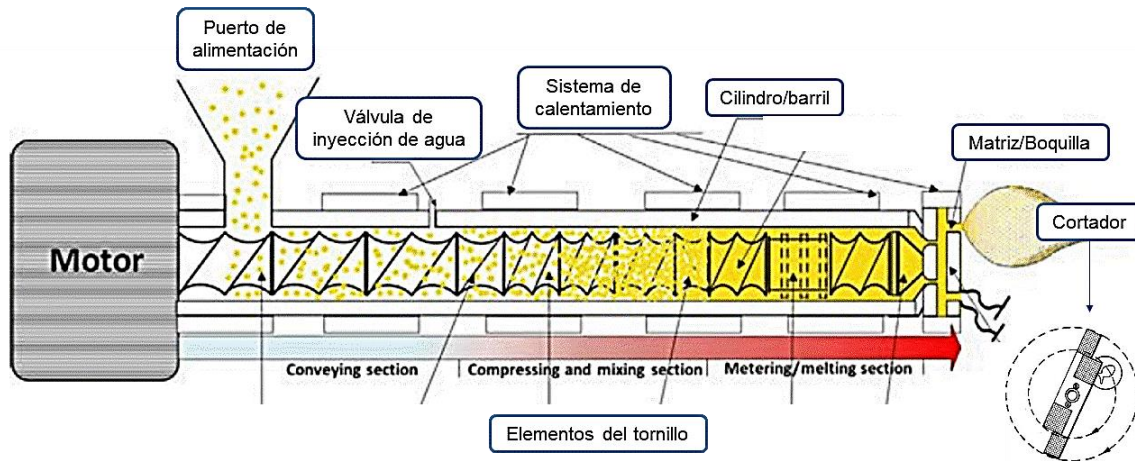
INTRODUCCIÓN

La extrusión es una operación unitaria que puede aplicarse a una variedad de procesos alimentarios. Las extrusoras pueden ser usadas para cocción, formar, mezclar, texturizar y moldear productos alimenticios. Los extrusores están constituidos por uno o dos tornillos en un cilindro o matriz acanalado o liso. Los tornillos son accionados por un motor, normalmente con una caja de cambios que permite variar la velocidad de giro de los tornillos durante su funcionamiento. Además, suele haber una boquilla o matriz al final del cilindro, a través de la cual se expulsa el material de la extrusora. Las extrusoras de nueva generación, que suelen ser sistemas de cocción a alta temperatura y de corta duración, proporcionan una amplia gama de cualidades al producto, como la textura, la retención de nutrientes, la mejora de la digestibilidad del almidón y las proteínas, la reducción de antinutrientes y la mejora de la funcionalidad, entre otras.

El elemento fundamental de un extrusor es el sistema cilindro-tornillo que, como consecuencia de su giro, compacta el material sólido (dando lugar al calentamiento del material) y lo transporta hacia la boquilla de salida, produciendo al mismo tiempo la presurización y el mezclado del material.

Básicamente un extrusor se puede dividir en tres zonas: 1) Zona de alimentación: es la más cercana a la tolva y tiene como objetivo compactar el material en una forma sólida densa y transportarlo hacia la siguiente zona a una velocidad definida. 2a) Zona de compresión: es la región intermedia del cilindro en la cual el material sólido se compacta y se produce un aumento importante de la presión. 2b) Zona de transición: región donde se produce la cocción del material. 3) Zona de salida del material: es la parte más cercana a la boquilla al final del cañón, donde el material es forzado a presión a atravesar la boquilla.

Existen extrusoras de simple y multitornillo, siendo las de doble tornillo las más populares. Asimismo, los tornillos pueden girar en el mismo sentido o en sentido opuestos. Los primeros son los más usados en alimentos. Las extrusoras de doble tornillo tienen la ventaja de que poseen una buena capacidad de mezclado y transporte, un buen control del tiempo de residencia y de distribución del material y una alta versatilidad de producción.



En las últimas décadas, la extrusión de alimentos se ha convertido en una operación de procesamiento de gran relevancia. Esta tecnología presenta numerosas ventajas como alta productividad, operación sencilla, bajo costo de producción, uso eficiente de la energía, ausencia de efluentes y buena flexibilidad para cambios de productos sin necesidad de hacer inversiones mayores. En líneas generales es empleada para el procesamiento de alimentos ricos en almidón (granos y harinas de cereales como trigo, maíz y arroz) y ricos en proteína (harinas proteicas de soja, gluten y arvejas), destinados a la alimentación humana y animal. La extrusión permite texturizar, gelatinizar, cocinar, mejorar la funcionalidad de los ingredientes alimentarios y aumentar la variedad de productos en una amplia gama de condiciones de humedad, cizallamiento, presión, tiempo y temperatura.

DESARROLLO DEL PRÁCTICO

Material: Harina de maíz y de arveja

Procedimiento de extrusión:

La extrusión se realizará en una **extrusora de doble tornillo co-rotante** (Process 11-Hygenic, Thermo Scientific, Alemania), que consta de 5 zonas independientes de temperatura controlada. La relación de longitud a diámetro (L/D) para la extrusora es 40:1.

Para el estudio del proceso de extrusión se variará la humedad de alimentación (entre 15-25%), la temperatura de extrusión (entre 120-160 °C) y el caudal de alimentación (1-3 kg/h) y se monitoreará la energía mecánica aplicada, la temperatura y la presión desarrollada en el proceso.

La harina de trigo se acondicionará (para alcanzar la humedad objetivo en el proceso de extrusión) en la primera parte del extrusor. El agua se incorporará mediante una bomba peristáltica.

Se registrará la temperatura en las diferentes zonas del extrusor y en la boquilla mediante sensores preinstalados. Una vez establecidas las condiciones en régimen de producción, los productos extruidos se cortarán en trozos de aproximadamente 3 cm.

1. El armado del **extrusor** estará a cargo principalmente del docente.
2. Establecer el caudal de agua de la **bomba peristáltica**. Asegurar el acople de la manguera de salida de la bomba en la 2^{da} o 3^{era} entrada del cañón del extrusor (agua de proceso).
 - a. El rango de caudal de agua puede oscilar entre 300 a 600 mL/h.
 - b. El valor de caudal para iniciar es de 400-500 mL/h.
 - c. Los caudales de trabajo más comunes son 400, 450, 500, 550 mL/h.
3. Ajustar parámetros de extrusión en la pantalla del equipo: Temperatura (°C) y velocidad (rpm).
4. Esperar a que el equipo se estabilice térmicamente.
5. Regular la velocidad del alimentador del material al valor requerido.
6. Una vez alcanzadas las condiciones estables de producción obtener las muestras de extrusados.

Tener en cuenta:

- No sobrecargar la tolva de alimentación del extrusor.
- Evitar la presencia de partículas grandes de producto, ya que pueden bloquear el flujo de alimentación y causar problemas en el proceso.
- Asegúrese de que la premezcla esté bien dispersa antes de cargarla en el alimentador.
- La sobrealimentación puede provocar la inundación del embudo del extrusor o la desconexión por exceso de torque.

Caracterización del producto extruido

Se evaluará:

Índice de expansión: El diámetro de los expandidos se medirán con un **calibre Vernier** en 5 zonas distintas del mismo trozo. La expansión se calculará como la relación entre el diámetro medio del producto y el diámetro de la boquilla del extrusor.

Densidad volumétrica aparente (g/cm³): La densidad aparente se calculará midiendo las dimensiones reales de los extrusados con un **calibre Vernier** y se determinarán las longitudes por unidad de peso (g) de las muestras. Las densidades de los extruidos se determinarán mediante la ecuación

$$\delta = 4/\pi D^2 L$$

donde δ = densidad aparente utilizando las dimensiones de los extrudados (g/cm³), D = diámetro del extrudado (cm), y L = longitud por gramo de extrudado (cm/g).

Humedad: Moler en **molino de cuchillas** una muestra del extrusado y determinar la humedad mediante una **termobalanza**. Registrar los valores.

Color: Moler en **molino de cuchillas** una muestra del extrusado y determinar el color mediante colorímetro de reflectancia. Registrar los valores de los parámetros a*, b* y L.

Grado de cocción cualitativo del almidón: pesar 2 g del producto extruido en un Beaker de 100 mL y desintegrar bien los sólidos con una espátula, adicionar 25 mL de agua destilada y agitar la dispersión con espátula hasta lograr que se desintegren los grumos. Luego, agregar 1 gota de solución de Lugol con pipeta Pasteur y agitar con espátula para homogeneizar la dispersión y dejar reposar 5 min. Comparar la tonalidad de color de las dispersiones y sacar conclusiones.

INFORME DEL TRABAJO PRÁCTICO

1. Título
2. Objetivo
3. Descripción breve del proceso.
4. Representación del proceso en un diagrama de flujo con nomenclatura.
5. Presentación de resultados experimentales:
 - 5.1. Presentar los resultados (valores promedios \pm desviación estándar) en tablas.
6. Análisis e interpretación de los resultados.
7. Conclusiones y recomendaciones.
8. Bibliografía

Tabla ejemplo para presentación de resultados

Datos proceso												Datos muestra					
Código muestra	Caudal bomba (mL/h)	Veloc. tornillo (RPM)	Agua p/2,5 kg/h	Die (°C)	Z-8 (°C)	Z-7 (°C)	Z-6 (°C)	Z-5 (°C)	Z-4 (°C)	Z-3 (°C)	Z-2 (°C)	DE (mm)	δ (g/cm ³)	H (%)	L*	a*	b*