



## Entendiendo el desempeño de barrera al oxígeno en los sellos de TPE

Soluciones efectivas de sellos para reducir la oxidación y alargar la vida útil del producto



## INTRODUCCIÓN

Impulsados por consumidores informados y conscientes de su salud que buscan bebidas que combinen conveniencia y mejor valor nutricional, las bebidas listas para tomar (RTD), batidos de proteína, bebidas funcionales y jugos fortificados con vitaminas se han convertido en productos básicos de la industria de bebidas.<sup>1</sup>

Este cambio en las preferencias del consumidor está influyendo fuertemente en la industria de bebidas y en los fabricantes de empaques. Tan solo las bebidas proteicas RTD están experimentando una tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) del 7.8% a nivel mundial al 2030.<sup>2</sup> La industria también está viendo un cambio en cómo los consumidores compran este tipo de bebidas. Por ejemplo, en 2024, las investigaciones encontraron que el 24% de las bebidas proteicas se vendieron en línea comparado con solo el 16% de las bebidas deportivas.<sup>3</sup> Estas oportunidades de crecimiento presentan nuevos retos para preservar la calidad del producto desde la producción hasta el consumo. Específicamente estos productos, son frecuentemente muy sensibles a la exposición al oxígeno porque, incluso una mínima entrada no deseada de oxígeno al sistema, conocida como ingreso de oxígeno, puede comprometer la calidad del producto. Esto puede afectar la degradación del sabor, el contenido de nutrientes, el color o la textura, lo que resulta en una reducción de la vida útil. Combinado con las condiciones complicadas de las bodegas de e-commerce y la entrega de última milla, hace que elegir un empaque que prevenga fugas e ingreso de oxígeno sea aún más vital para el éxito de una marca.

El ingreso de oxígeno es particularmente problemático para bebidas fortificadas con vitaminas y compuestos bioactivos. La oxidación puede degradar estos componentes, forzando a los fabricantes a sobre compensar agregando

vitaminas en exceso u otros estabilizadores al momento de la producción para ayudar a garantizar el cumplimiento de la información nutrimental durante toda la vida útil. Este enfoque no solo aumenta los costos, sino que también introduce variabilidad en la calidad del producto. Estos ajustes también pueden limitar el escalamiento de marcas pequeñas debido a los cambios necesarios en su formulación.

Como alternativa, el empaque de bebidas puede diseñarse con componentes de alta calidad para bloquear la entrada de oxígeno de manera más efectiva. Las soluciones comunes incluyen incorporar sellos en las tapas y usar aditivos pasivos y activos en la botella o en la tapa. Cada componente del empaque juega un papel crítico en preservar el sabor, mantener la integridad nutricional y extender la vida útil — reduciendo finalmente el desperdicio y mejorando la satisfacción del consumidor. Un fabricante puede emplear más de una opción para cumplir sus objetivos de desempeño y lograr el éxito general de la solución de empaque final.

Este documento examina el desempeño de barrera al oxígeno de las tecnologías de sellos de elastómeros termoplásticos (TPE), demostrando su efectividad como solución para tapas que ayudan a reducir la oxidación y prolongar la vida útil al explicar lo siguiente:

### **Panorama General de la Tecnología de Sellos de TPE**

- Descripción de materiales TPE tradicionales y de barrera al oxígeno
- Función y casos de uso de sellos de TPE en la fabricación de tapas

### **Medición del Ingreso de Oxígeno**

- Métricas clave y criterios de evaluación para la permeación de oxígeno



### Metodología de prueba y evaluación de materiales

- Protocolos de prueba detallados y marco de trabajo
- Selección de materiales TPE avanzados y tradicionales

### Resultados y Conclusiones

- Datos de desempeño y hallazgos
- Orientación para fabricantes sobre la selección de tecnología de barrera al oxígeno

## PANORAMA GENERAL DE LA TECNOLOGÍA DE SELLOS DE TPE

Los sellos para tapa con barrera al oxígeno representan un avance significativo en la tecnología para empaques de bebidas. Los sellos de TPE se integran en la tapa para funcionar principalmente como un sello físico removible que previene fugas. Los sellos de TPE tradicionales son permeables a gases, lo que significa que pueden ser ineficaces durante largos períodos de tiempo para proteger contra el ingreso de oxígeno. Por el contrario, los sellos de TPE con barrera de oxígeno están diseñados para minimizar el ingreso de oxígeno. Esta funcionalidad dual—sellado a prueba de fugas y protección al oxígeno—los hace particularmente valiosos para bebidas sensibles al oxígeno como sustitutos de comidas, bebidas proteicas y jugos enriquecidos con vitaminas.

Los TPE con barrera al oxígeno destacados en este documento son desarrollados por Avient para las tapas de polipropileno más comunes, con sellos aplicados mediante moldeo por compresión para uso en procesos de llenado en caliente. Estos materiales también pueden adaptarse a las necesidades específicas de desempeño de barrera al oxígeno de un producto y aplicación particular.

El cumplimiento regulatorio no solo se requiere para la información comunicada en la etiqueta, sino que los materiales usados en el empaque también deben cumplir con las regulaciones vigentes. Los sellos con barrera al oxígeno de Avient cumplen con las normas U.S. FDA 21 CFR y EU Food Contact, ayudando a los fabricantes a garantizar la seguridad del consumidor. Estos TPE tienen ciertas limitaciones para ciertos tipos de alimentos y condiciones de uso, incluyendo restricciones en el contacto con alimentos grasos y limitaciones específicas de tamaño: un diámetro máximo de 3.5 pulgadas y un volumen de llenado mínimo de 12 onzas.

## MEDICIÓN DEL INGRESO DE OXÍGENO

Hay tres métricas típicas usadas para caracterizar el desempeño de barrera al oxígeno en materiales: tasa de transmisión de gas (GTR), permeancia y coeficiente de permeabilidad. El GTR mide el volumen de gas que pasa a través de un área específica de material por unidad de tiempo; en este caso, el oxígeno para la tasa de transmisión de oxígeno (OTR).<sup>4</sup> La permeancia involucra el GTR





y las diferencias de presión parcial a través del material, y el coeficiente de permeabilidad es el GTR multiplicado por el grosor del material.

El coeficiente de permeabilidad está más directamente ligado a las propiedades intrínsecas del material, permitiendo la comparación directa de materiales. Entre más bajo sea el coeficiente de permeabilidad, menos oxígeno se transmite con el tiempo. Las pruebas en placas proporcionan información sobre las propiedades del material, pero las evaluaciones del producto terminado son esenciales para entender el desempeño en el mundo real porque tienen en cuenta la tasa de permeabilidad de todo el sistema. Un ejemplo de prueba de producto terminado es el método para determinar la tasa de ingreso de oxígeno ambiental (AOIR), que imita el desempeño real del empaque. Para los propósitos de este documento, solo se probaron placas de material.

## METODOLOGÍA

La tasa de transmisión de oxígeno (OTR) de cuatro materiales se midió usando un Sistema OX-TRAN™ 2/22 de Tasa de Transmisión de Oxígeno a 23 °C bajo una humedad relativa del 0%. Dos muestras de prueba eran formulaciones similares de materiales con barrera al oxígeno, y dos eran materiales similares de sellos para tapas estándar. Las muestras se moldearon por inyección a un grosor cercano a, pero no mayor de, 2 mm. Luego las muestras se cortaron usando una plantilla metálica proporcionada por el fabricante del sistema OTR para mantener un tamaño de prueba consistente que encaja exactamente en la celda de prueba. Cada material se probó dos veces. El área de prueba y grosor de las ocho muestras se resumen en la Tabla 1.

**Tabla 1. Dimensiones de las Muestras**

Códigos de Placas de Muestra	Grosor (mil)	Área de Prueba (cm <sup>2</sup> )
Barrera 1.1	68	50
Barrera 1.2	64	50
Barrera 2.1	64	50
Barrera 2.2	64	50
Estándar 1.1	64	5
Estándar 1.2	64	5
Estándar 2.1	81	5
Estándar 2.2	81	5

Después de que las muestras se cargaron en la celda de prueba, se usó la configuración “Auto Test” de la máquina para probar el OTR. El método “Auto Test” puede usarse para determinar la metodología de prueba óptima cuando las propiedades del material de barrera son desconocidas. El método “Auto Test” se ajusta automáticamente para optimizar algunos de los parámetros de prueba mientras la prueba se ejecuta. Es importante mencionar que las formulaciones estándar eran grados de Avient bien conocidos. Este conocimiento existente del material es notable porque al probar un material con un OTR cercano o superior a 200 cc/(m<sup>2</sup>·día), se recomienda un área de prueba de 5 cm<sup>2</sup> para reducir la cantidad de oxígeno enviada al sensor. El instrumento proporcionará una advertencia si el sensor detecta volumen de oxígeno fuera de los rangos de operación durante la prueba. Después de probar todos los materiales, el grosor de cada muestra se multiplicó por el OTR para obtener el coeficiente de permeación para cada muestra.

\*OX-TRAN es una marca registrada de MOCON, Inc.



## RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El coeficiente de permeación promedio para cada material se muestra en la Figura 1. Los materiales con barrera exhibieron un coeficiente de permeación 75–80% más bajo (15,900–16,200 cc mil/m<sup>2</sup>·día) que los materiales estándar (68,100–81,100 cc mil/m<sup>2</sup>·día).

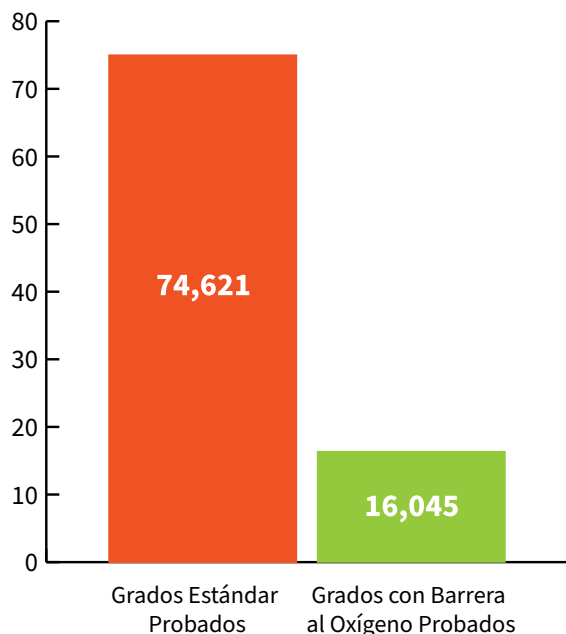


Figura 1 Coeficiente de Permeación Promedio (cc mil/m<sup>2</sup>·día) de cuatro grados probados de cada tipo

Cuando se comparan con los sellos estándar, la diferencia es clara. Los sellos con barrera al oxígeno hechos de las formulaciones especializadas de TPE de Avient reducen significativamente la transmisión de oxígeno, ayudando a proteger la integridad del producto durante toda su vida útil. Esta distinción es especialmente crítica para bebidas que requieren mantener la estabilidad de nutrientes y preservar el sabor.

Es importante notar que estos datos reflejan solo las propiedades del material, no el desempeño del

producto terminado. Los fabricantes de bebidas son responsables de realizar sus propias pruebas de producto terminado, ya que las propiedades del material no siempre escalan directamente en el formato final.

Aunque los datos de prueba demuestran la eficacia de las tecnologías de barrera al oxígeno sobre los materiales de sellos estándar, elegir la solución apropiada de bloqueo al oxígeno para el empaque de bebidas debe evaluarse cuidadosamente basándose en los requerimientos regulatorios desempeño, sustentabilidad y vida útil del contenido empaquetado. La experiencia en polímeros y empaques de un proveedor de materiales puede hacer una diferencia significativa en el desarrollo y éxito del producto. Para ayudar a tomar una decisión informada basada en las especificaciones únicas de una aplicación, un proveedor de materiales puede usar un conjunto completo de capacidades industriales, de materiales, de componentes, moldes y diseño de proceso, además de otras recomendaciones.

**Para aprender más sobre las tecnologías de sellos de TPE personalizables y tecnologías de barrera al oxígeno, comunícate al +1.844.4AVIENT o visita [avient.com](http://avient.com).**

El contenido de las fuentes citadas está en inglés:

1. [Tendencias de bebidas proteicas, panorama general del mercado global. Tendencias de mercado](#)
2. [Mercado de Bebidas Proteicas Listas para Tomar - Fabricantes y Tamaño](#)
3. [Estado de la Industria de Bebidas 2025: El mercado de bebidas deportivas y proteicas experimenta crecimiento](#)
4. [Guía de Aplicación de Labthink sobre Tasa de Transmisión de Gas, Permeancia y Coeficiente de Permeabilidad](#)