

ANALIZADORES DE PERMEABILIDAD

Oxígeno, CO₂, Vapor de Agua



mocon® **AMETEK**®

ERMEC
www.ermec.net

El estudio de la vida útil de los alimentos requiere tests especiales de laboratorio sensorial y de ciencia de los alimentos, así como estudios de barrera de envasado, como el test OTR. Con los resultados de OTR y algunas suposiciones, la vida útil de los alimentos se puede estimar teóricamente para que sirva de referencia para el diseño de envases.

MOCON utiliza su sensor COULOX patentado para medir la velocidad de transmisión de oxígeno (OTR) según ASTM D3985, en los analizadores de permeabilidad OX-TRAN legacy y de próxima generación. El sensor se considera absoluto, ya que cada molécula contada proporciona una respuesta lineal dentro de todo su rango de medición. Por lo tanto, no requiere calibración.

Estos equipos son de vital importancia para conseguir envases más ecológicos, tanto con material plásticos biodegradables como envases con papel.

ERMEC, S.L. BARCELONA
c/Francesc Teixidó, 22
E-08918 Badalona
(Spain)



Tel.: (+34) 934.501.600
Tel.: (+34) 918.285.651
Tel.: (+34) 946.455.054
ermec@ermec.net
www.ermec.net

ERMEC, S.L. MADRID
c/Puerto Rico, 4
E-28220 Majadahonda
(España)

ERMEC PORTUGAL
Rua Brito Capelo, 807
4450-068 Matosinhos
portugal@ermec.com

INDICE

- 1) **ANALIZADORES DE PERMEABILIDAD:** pág.3 hasta la pág.8
- 2) **¿QUÉ ES MOCON AMETEK EN EL MUNDO DE LA PERMEABILIDAD DE FILMS Y ENVASES?** pág.9 hasta la pág.10
- 3) **¿QUÉ ES PERMEABILIDAD DE FILMS Y ENVASES?** pág.11 hasta la pág.12
- 4) **COMPRESIÓN DE LOS TESTS DE VELOCIDAD DE TRANSMISION DE VAPOR DE AGUA WVTR:**
pág.13 hasta la pág.16
- 5) **PALABRAS CLAVE EN PERMEABILIDAD DE FILMS Y ENVASES:** pág.17 hasta la pág.28
- 6) **TESTS DE PERMEABILIDAD DE MATERIALES DE ENVASADO CON PAPEL RECUBIERTO (COATED PAPER):**
pág.29 hasta la pág.32
- 7) **ANÁLISIS OTR PRECISOS PARA BARRERAS DE ENVASES CON PROPIEDADES REDUCTORAS DE OXÍGENO:**
pág.33 hasta la pág.35
- 8) **ANÁLISIS DE PERMEABILIDAD DE FILMS TRANSPIRABLES:** pág.36 hasta la pág.36
- 9) **EMBALAJE ECOLOGICO: LO QUE SE NECESITA SABER ANTES DE CAMBIAR A UN MATERIAL MÁS SOSTENIBLE:**
pág.37 hasta la pág.39
- 10) **CORRELACIÓN SIMPLIFICADA ENTRE DATOS OTR Y LA VIDA ÚTIL DE ALIMENTOS:** pág.40 hasta la pág.42
- 11) **ESTUDIOS DE VIDA ÚTIL DE LOS ALIMENTOS: FUNDAMENTOS, PRINCIPIOS Y CONCEPTOS:**
pág.43 hasta la pág.45
- 12) **LINEALIDAD DEL SENSOR COULOX DE MOCON:** pág.46 hasta la pág.48
- 13) **ANALIZANDO LA PERMEABILIDAD DE OXÍGENO EN ENVASES INUSUALMENTE PEQUEÑOS:**
pág.49 hasta la pág.50
- 14) **COMPORTAMIENTOS NO-FICKIANOS DE LOS FILMS METALIZADOS EN NIVELES DE HUMEDAD RELATIVA ALTOS:**
pág.51 hasta la pág.54
- 15) **VIDA ÚTIL Y LA IMPORTANCIA DE TESTEAR ENVASES ENTEROS:** pág.55 hasta la pág.56
- 16) **ES ESENCIAL REALIZAR TEST DE PERMEABILIDAD EN TODO EL ENVASE:** pág.57 hasta la pág.58
- 17) **MEJORANDO SOLUCIONES EN LOS TEST DE PERMEABILIDAD DE PAPEL ESTUCADO:** pág.59 hasta la pág.61

Analizadores de permeabilidad

Los analizadores de permeabilidad MOCON se utilizan para analizar la permeabilidad de gas de los films de envasado y de envases acabados completos. Nuestros analizadores ofrecen capacidades de análisis de tasa de transmisión de oxígeno (OTR) y tasa de transmisión de vapor de agua (WVTR) para diferentes materiales y envases. Los analizadores de permeabilidad de vapor de agua y oxígeno de MOCON ofrecen la máxima replicabilidad y los límites más bajos de detección para mediciones OTR y WVTR. Esto implica un mejor control de la calidad de sus procesos de envasado y mayor confianza en sus resultados de I+D.

Equipos de permeabilidad



Familias de productos MOCON:



Analizadores de permeabilidad CO2TR

Nuestros analizadores de permeación de tasa de transmisión de dióxido de carbono (CO2TR) MOCON ofrecen una amplia gama de capacidades de análisis para diferentes productos, materiales y aplicaciones. Nuestros analizadores PERMATRAN-C ofrecen resultados rápidos en películas monocapa, multicapa, botellas y cierres, papel con revestimiento y bandejas formadas al vacío para contribuir a los programas de investigación y desarrollo o para permitir sistemas eficientes de control de la calidad.

PERMATRAN-C 4/41 – Un analizador CO2TR fiable para cualquier laboratorio que necesite una medición precisa de la tasa de transmisión de dióxido de carbono en menos tiempo que con los métodos tradicionales. Cuenta con un sistema único de sensor de infrarrojos modulado que cumple con ASTM F2476. Ofrece resultados precisos y replicables en horas, y no en días como otros métodos.

Revise los modelos PERMATRAN-C para saber más sobre el rendimiento y el alcance de cada producto.

Equipos de permeabilidad



Analizadores de permeabilidad OTR

Nuestros analizadores de permeabilidad OX-TRAN® miden la permeabilidad de oxígeno a través de películas de barrera y envases acabados.



Nuestros analizadores de permeación de oxígeno MOCON están reconocidos como la principal solución del sector desde hace más de 50 años y forman la base de muchas normas de análisis de permeabilidad globales como ASTM D3985. Esta amplia línea de analizadores OX-TRAN representa décadas de liderazgo tecnológico e innovación continua en colaboración con nuestros clientes, distribuidores e instituciones. La familia de analizadores OX-TRAN ofrece una solución para casi cualquier necesidad de análisis de tasa de transmisión de oxígeno (OTR) en láminas películas de barrera para envases, botellas, cajas, etc.

Equipos de permeabilidad





Elija un modelo en la parte inferior para saber más sobre el rendimiento y el valor que aporta cada producto.

Analizador OTR OX-TRAN 2/12

La serie ofrece una amplia gama de niveles de detección en un envase asequible que lo convierte en una opción popular para ayudar a los laboratorios a analizar los materiales o a proporcionar mayor capacidad de análisis...

Analizador OTR OX-TRAN 2/22

La serie continúa la leyenda de MOCON OX-TRAN, los analizadores OTR más valorados de todo el mundo. La gama de modelos de la serie incluye el 10X, con el nivel de detección más bajo del sector. Cuentan con el sensor...

Analizador OTR OX-TRAN 2/28 H

El analizador de alto rendimiento utiliza la comodidad y la fiabilidad de la serie 2/22 con el doble de la capacidad de análisis para pruebas estándar o abreviadas. Cuenta con el mismo sensor Coulox intrínseco más dur...

Analizador OTR OX-TRAN 2/40 para envases

Como respuesta a la demanda del mercado de análisis mejorados de envases completos, la serie 2/40 es el siguiente paso en el análisis de OTR de envases, y ayuda a los laboratorios a mejorar la conservación de los enva...

Analizador OTR OX-TRAN 1/50

Un analizador perfecto para los laboratorios que quieren integrar el análisis de permeación. Este analizador compacto y fácil de usar requiere poca formación para usarlo correctamente.

Analizadores de permeabilidad WVTR



Nuestros analizadores de permeación de tasa de transmisión de vapor de agua (WVTR) de MOCON ofrecen una amplia gama de capacidades de análisis para un gran número de productos y materiales. Nuestros analizadores PERMATRAN WVTR combinan un control de precisión de la temperatura y la humedad con nuestros sólidos sensores de alta sensibilidad para ofrecer la máxima precisión y versatilidad en diferentes tipos de película, papeles con revestimiento y sustratos sintéticos para alimentación, bebidas y productos farmacéuticos, para componentes eléctricos encapsulados, materiales de construcción, dispositivos médicos, diferentes formulaciones de membrana y mucho más.

PERMATRAN-W 3/34 SERIES WATER VAPOR PERMATION ANALYSER

Models	Barrier Level	Detection Range
3/34 H	Low to high	0.05 to 100 g/(m ² · day)
3/34 G	Lower to high	0.005 to 100 g/(m ² · day)

Interchangeable cartridge
options





Familia de analizadores de permeación MOCON WVTR

Analizador WVTR AQUATRAN 3

El mejor analizador WVTR de la industria para barreras ultraaltas y revestimientos comunes en los sectores de OLED y electrónica. Este analizador ofrece el nivel más bajo de detección de permeación de vapor de agua d...

Analizador WVTR AQUATRAN 3/38

El analizador de alto rendimiento utiliza la comodidad y la fiabilidad de PERMATRAN 3/34 G con el doble de la capacidad de análisis para pruebas estándar o abreviadas. Cuenta con el mismo sensor IR modulado duradero, ...

Analizadores WVTR PERMATRAN-W 3/34

Nuestro analizador WVTR más popular para cualquier laboratorio que necesite una medición de WVTR precisa con niveles de temperatura y HR muy controlados y precisos.

Analizador WVTR PERMATRAN-W 101K

El analizador ideal para medir los niveles de transmisión de vapor de agua de materiales transpirables y barreras no tejidas utilizadas frecuentemente en los sectores sanitario y de la construcción. ...

Analizador WVTR PERMATRAN-W 1/50

Un analizador perfecto para los laboratorios que quieren integrar el análisis de permeación. Este analizador compacto y fácil de usar requiere poca formación para usarlo correctamente.

¿QUÉ ES MOCON AMETEK EN EL MUNDO DE LA PERMEABILIDAD DE FILMS Y ENVASES?

Estándar industrial global

Los analizadores de permeabilidad MOCON están reconocidos como el estándar industrial global de calidad en sistemas de análisis de permeabilidad desde la década de 1960. Nuestros analizadores de permeabilidad son los instrumentos más utilizados del mercado, con más de 10.000 unidades en uso.



Liderazgo y enfoque en el cliente

Gracias a nuestras décadas de conocimientos en aplicaciones de permeabilidad y a nuestro trabajo con líderes de la industria para crear muchas de las técnicas de medición que se utilizan en la actualidad, seguimos invirtiendo en tecnología de análisis de permeabilidad y medimos niveles de gas todavía más bajos gracias a los sistemas de barrera ultraalta y envasado. También seguimos colaborando con líderes de la industria para realizar las medidas de permeabilidad que el mercado demanda.

Precisión, replicabilidad y sensibilidad por diseño Los analizadores de permeabilidad MOCON son los instrumentos con mayor precisión, replicabilidad y sensibilidad del mercado. Podemos medir la WVTR a partir de un rango de 10^{-6} g/m²-día y la OTR a partir de 10^{-4} cc/m²-día, y ofrecemos la precisión y replicabilidad necesarias a ese nivel para dar resultados útiles. Obtenemos esos resultados gracias a la tecnología de sensores pionera de nuestros analizadores y a un diseño sistemático exhaustivo que garantiza la estabilidad y la precisión en todos los aspectos del instrumento.

Alta calidad

Nuestros instrumentos de permeabilidad están diseñados con calidad para durar años, y nuestra garantía los respalda. Nuestros analizadores de última generación ofrecen una garantía de hasta 4 años en los sensores, hay instrumentos de más de 25 años de antigüedad en funcionamiento.

Estandarización mundial

Los analizadores de permeabilidad MOCON están en la base de muchas normas internacionales de análisis de permeabilidad de gas de láminas y envases. Nuestros productos cumplen con los métodos ASTM, ISO, TAPPI y otros, y además, los expertos de AMETEK MOCON participan activamente en esos comités para crear normas industriales de permeabilidad de gas.

Organización de servicio mundial

En AMETEK MOCON contamos con personal de servicio en todo el mundo, listo para dar respuesta a sus necesidades de instrumentos y aplicaciones. Con la experiencia de AMETEK MOCON en ventas, servicio y aplicaciones en EE. UU., Alemania y China, junto con una red de técnicos de servicio en todo el mundo, puede confiar en tener asistencia siempre disponible para sus aplicaciones y analizadores de permeabilidad MOCON.

Más información en: www.analizadoresdepermeabilidad.net

ERMEC, S.L. BARCELONA
c/Francesc Teixidó, 22
E-08918 Badalona
(Spain)



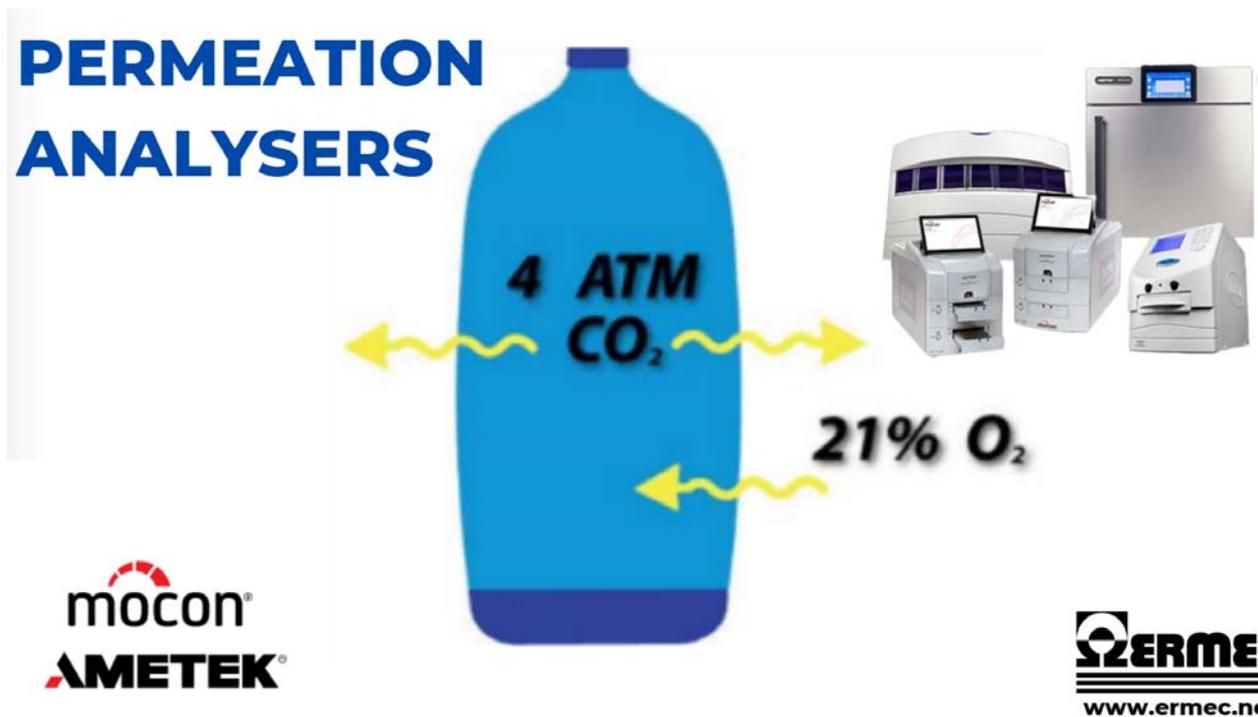
Tel.: (+34) 934.501.600
Tel.: (+34) 918.285.651
Tel.: (+34) 946.455.054
ermec@ermec.net
www.ermec.net

ERMEC, S.L. MADRID
c/Puerto Rico, 4
E-28220 Majadahonda
(España)

ERMEC PORTUGAL
Rua Brito Capelo, 807
4450-068 Matosinhos
portugal@ermec.com

¿QUÉ ES PERMEABILIDAD DE FILMS Y ENVASES?

La permeabilidad es el movimiento de un gas o vapor a través de una barrera semipermeable, como la pared de un film, un envase completo, un dispositivo médico o incluso una pcb electrónica flexible. El gas o vapor se mueve de una área de alta concentración a una área de baja concentración.



Los materiales de embalaje modernos están hechos de una variedad de materiales que son semipermeables a los gases, siendo los más populares el papel/cartón, los envases de plástico rígido como HDPE/PET, los envases de plástico flexible como LDP/LLDPE y los envases metalizados que suelen utilizar láminas de aluminio. Dado que estos materiales son permeables, los ratios de permeabilidad de gas a través de estas barreras son fundamentales para medir, para determinar cuánto tiempo un sistema de envase mantendrá su composición de gas deseada y, por lo tanto, en última instancia, cuánto tiempo estará protegido y durará un producto en cualquier envasado dado.

La vida útil de los alimentos envasados, las bebidas y los bienes de consumo envasados pueden verse significativamente afectados por la permeabilidad a los gases del sistema de envasado utilizado para proteger estos productos. En la industria de fabricación de productos electrónicos para paneles solares y dispositivos OLED, el ratio de permeabilidad del vapor de agua a través de los sistemas de envasado afectan directamente a la vida útil del producto y, por lo tanto, son un parámetro crítico que hay que comprender para la vida útil de los componentes electrónicos envasados.

Sí, de hecho, el ratio de permeabilidad del gas a través de barreras y envases permeables es importante en muchas aplicaciones.

Para garantizar que los productos envasados o los materiales de embalaje proporcionen la vida útil, la protección y la seguridad del producto deseadas, es fundamental comprender los ratios de permeabilidad del gas a través de los materiales de barrera y el envase final terminado, y seleccionar los materiales y diseños del envasado que se adapten a sus necesidades de vida.

En aplicaciones prácticas, el ratio de transmisión (TR) es la forma más común de informar el "flujo" de gas que se mueve a través de un polímero. Los ratios de transmisión de oxígeno (OTR), vapor de agua (WVTR) y dióxido de carbono CO₂ (CO₂TR) se pueden medir mediante instrumentos de permeabilidad con diferentes tecnologías de sensores. En el caso de los films de envasado, los ratios de permeabilidad se informan normalmente como: cc/m²día para OTR y CO₂TR y g/m²día para WVTR.

Efectivamente, estos ratios de transmisión describen cuánto gas específico de interés (en cc o g) atraviesa un área determinada de film de barrera, cada día. Para los envases acabados, los ratios de permeabilidad se informan típicamente como: cc/envasexdía para OTR y CO₂TR y g/envasexdía para WVTR. En el caso de envases completos, esto básicamente mide la cantidad de gas específico que pasará por un envase determinado en un día. Ya sea analizando envases o films, los ratios de permeabilidad se ven afectados por las condiciones ambientales como la temperatura, la humedad relativa (RH), así como la diferencia de concentración entre el gas dentro de un envase y el gas fuera del envase. Por lo tanto, los tests a temperatura y humedad relativa controlados son cruciales para obtener resultados de ratio de transmisión precisos.

Comprensión de los tests del ratio de transmisión de Vapor de Agua WVTR

El ratio de transmisión del vapor de agua es una propiedad muy importante para envases en muchas industrias. Muchos productos envasados son sensibles a la humedad, por lo que controlar el vapor de agua dentro o fuera del envase es crucial para conservar la calidad del producto hasta que el cliente lo abra, todos los materiales se impregnan.

La pregunta es hasta qué punto la cantidad de vapor de agua dentro o fuera del envase, durante un período de tiempo determinado, será óptima para la permeabilidad del producto.

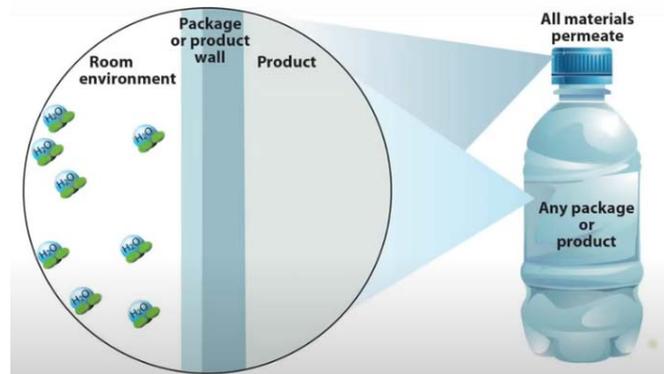


Ocurre en un proceso de tres pasos:

Paso 1: el gas o vapor, también llamado permeante, se absorbe en la superficie del polímero.

Paso 2: el penetrante se difunde a través del polímero

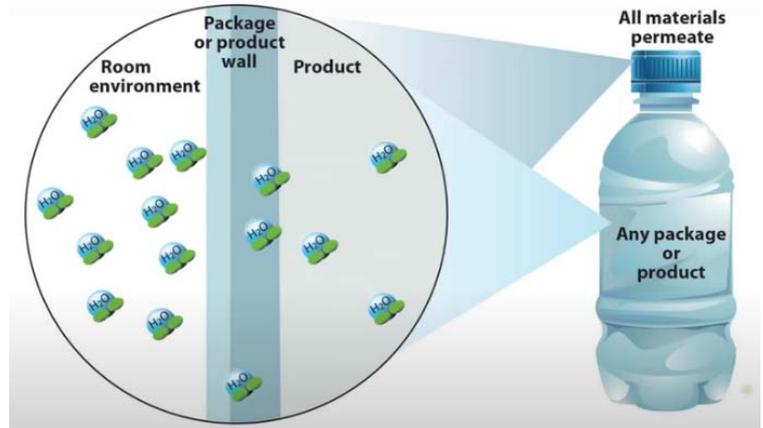
Paso 3: el permeante se desorbe o expulsa los gases del lado opuesto del polímero porque las moléculas permeantes pueden moverse libremente en todas las direcciones dentro del material.



El flujo neto de gas está determinado por la presión parcial o concentración del permeante en ambos lados del film, esto se denomina fuerza motriz.

Factores como la temperatura y la humedad relativa pueden afectar drásticamente el ratio de permeabilidad.

Para obtener resultados de permeabilidad precisos, es muy importante controlar la temperatura, la humedad relativa y la fuerza motriz durante el test.



Este es el instrumento de test de celda de WVTR más nuevo de MOCON.

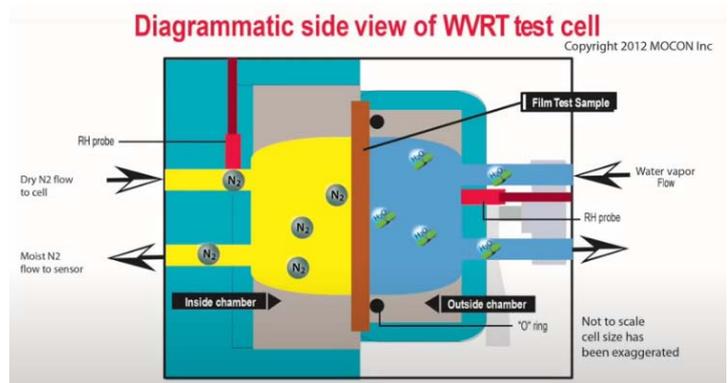
Las dos celdas que operan de forma independiente permiten testar y replicar.

Cada celda recibe vapor de agua del hueco de humedad relativa durante el test, una sonda de HR garantiza automáticamente que se suministre a la celda el porcentaje especificado de vapor de agua.



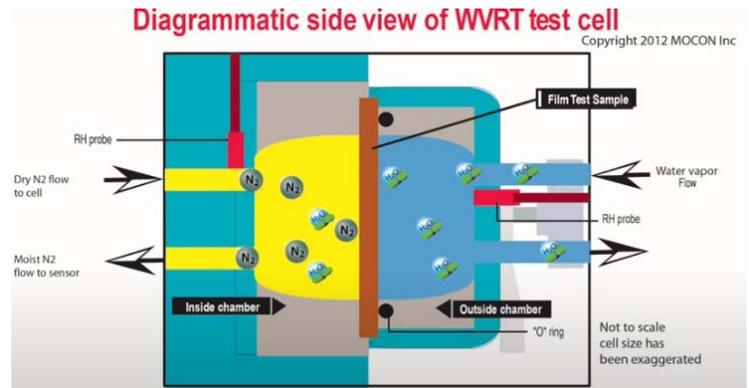
El instrumento funciona de la siguiente manera:

La muestra de test divide la celda en dos cámaras, una con vapor de agua a una HR constante y la otra con un gas portador de nitrógeno.

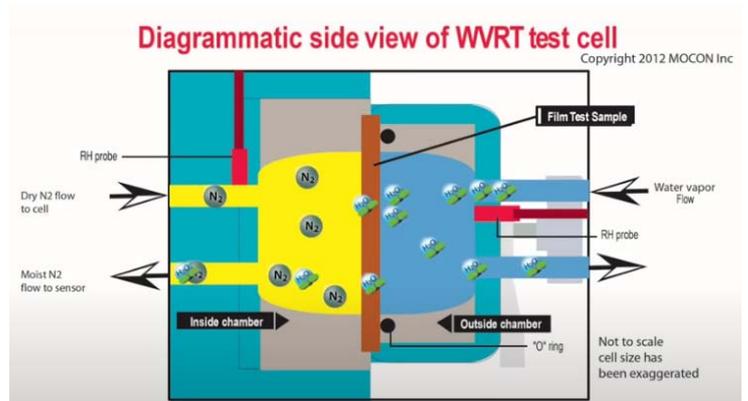


El rango disponible de HR se satura completamente al 100% o se controla entre el 35 y el 90% tan pronto como las moléculas de vapor de agua penetran a través del film, son recogidas por la corriente portadora de nitrógeno y llevadas al detector, el caudal de la corriente de nitrógeno se mantiene. En el lado del portador del film está prácticamente a cero por ciento de HR, manteniendo así una fuerza impulsora constante durante todo el ensayo, se usa un detector de infrarrojos modulado por pulsos para medir la cantidad de vapor de agua en la corriente del portador de nitrógeno, el WVTR se calcula automáticamente usando la cantidad de humedad en la corriente, el caudal del gas portador y el área de la muestra de film que se está ensayando. La permeabilidad al vapor de agua también se puede calcular utilizando las entradas adicionales de la fuerza impulsora y el espesor de la muestra.

Diagrammatic side view of WVTR test cell



Diagrammatic side view of WVTR test cell



¿Qué puedo hacer con las medidas de permeabilidad?

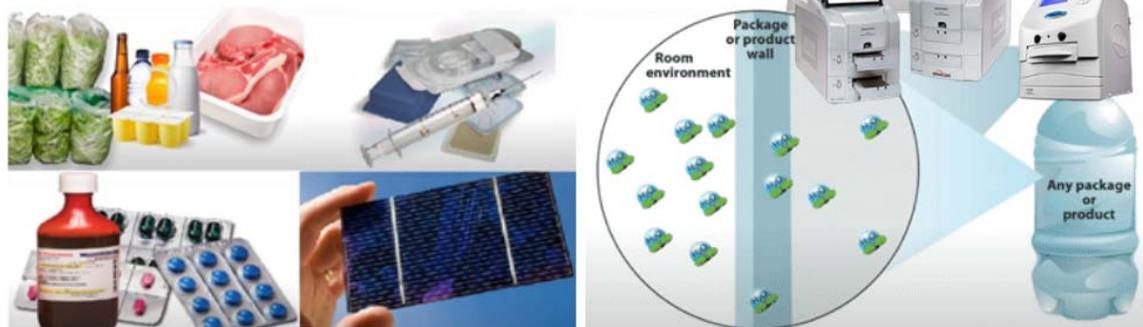
A partir de los análisis del ratio de de transmisión de gas, es posible determinar cuánto tiempo tardará un producto de refresco en botella en desinflarse (incluso sin abrir el producto), el tiempo que tarda una atmósfera protectora en alcanzar las condiciones ambientales y, en última instancia, si su envasado proporciona la protección contra la permeabilidad del gas que se desea.

El análisis de permeabilidad de gas también se puede utilizar para monitorear la calidad de los materiales del envase en bruto a medida que pasa del film a la conversión al producto envasado final. A menudo, incluso los pequeños cambios de material pueden causar cambios significativos en los ratios de permeabilidad del gas, con una gran consecuencia en la atmósfera que experimenta un producto durante su vida útil envasada. El análisis de permeabilidad de gases para el control de calidad en los materiales de envasado, los convertidores y las industrias de alimentos y bebidas son algunos de los usos más importantes de los equipos de análisis de permeabilidad en la actualidad.

Palabras clave en permeabilidad de films y envases

PERMEATION ANALYSERS

Oxygen, CO2, Water Vapor



Precisión

Grado de coincidencia de una medición con un nivel o valor de referencia aceptado.

Temperatura ambiente

Temperatura del entorno, temperatura en todas las caras.

Arrhenius (Svante) (1859-1927)

Natural de Suecia, recibió el premio Nobel de química en 1903. Es conocido por su investigación fundamental sobre la disociación electrolítica de compuestos en agua y otros disolventes, y por su ecuación básica que especifica el incremento en el ratio de una reacción química con el aumento de la temperatura: donde k es la velocidad de reacción específica, T es la temperatura absoluta, n es una constante conocida como energía de activación de la reacción y R es la constante universal de los gases. Gráfico de Arrhenius Un conjunto de datos en un gráfico, donde el eje x marca el inverso de la temperatura en Kelvin y el eje y está en formato Log_{10} . Deriva su nombre de la ecuación que relaciona la reacción química con la temperatura, postulada por Svante Arrhenius. En sentido amplio, cualquier conjunto de datos que muestra una relación Log_{10} entre la temperatura del tests y los datos resultantes.

Teorema de Arrhenius

Según el teorema de Arrhenius, el ratio de permeabilidad, ratio de transmisión, difusividad o solubilidad varían con la temperatura de la lámina de acuerdo con las siguientes ecuaciones: $P=P_0 \exp(-E_p/RT)$ $TR=TR_0 \exp(-E_{TR}/RT)$ $D=D_0 \exp(-E_D/RT)$ $S=S_0 \exp(-E_S/RT)$ donde P, TR, D y S son las propiedades medidas, P_0 , TR_0 , D_0 y S_0 son las constantes respectivas, E es la energía de activación, R es la constante del gas y T es la temperatura absoluta. La ecuación de Arrhenius se ha verificado empíricamente para indicar el comportamiento de temperatura de las propiedades de transferencia de masa con precisión experimental en rangos de temperatura muy amplios.

ASTM International

ASTM International es una de las mayores organizaciones voluntarias de desarrollo de normas del mundo. Somos una organización sin ánimo de lucro que ofrece un foro para el desarrollo y la publicación de normas voluntarias de consenso para materiales, productos, sistemas y servicios. Las normas ASTM son utilizadas por personas, empresas y otras instituciones de todo el mundo.

Norma ASTM

Una norma es un documento desarrollado y establecido de acuerdo con los principios de consenso de ASTM y que cumple los requisitos de nuestros procedimientos y regulaciones. Las normas de consenso se elaboran con la participación de partes interesadas en su desarrollo y su uso.

ATM

Abreviatura de presión atmosférica estándar.

Bar

Una unidad de presión. Un bar es igual a 100.000 Pa (pascales), 750.062 mmHg, 29,53 InHg, 14,504 psi y 0.987 ATM (atmósfera estándar). Ver unidades del SI.

Presión barométrica

Presión de la atmósfera. Suele expresarse en altura de una columna de mercurio (en milímetros, mmHg).

Barrera (film de barrera)

Objeto o dispositivo (como un film de polímero) diseñado para limitar la libertad de movimiento y la mezcla de poblaciones o áreas de mayor y menor concentración.

Plásticos de barrera

Plásticos que impiden el paso de oxígeno, vapor de agua y otros vapores y gases.

Baseline Zero

Ver Zero.

Envase blíster

Envase con varios compartimentos pequeños para productos individuales. Es común, pero no exclusivo, en las cápsulas farmacéuticas.

Bypass

No se está llevando gas al sensor desde las células de tests AQUATRAN. El sensor está en estado protegido.

Calibración

Procedimiento para ajustar un instrumento de medición cuantitativa de acuerdo con una referencia aceptada. Ver Precisión.

Gas transportador

Recoge el vapor de agua que atraviesa la barrera analizada y la transporta hasta el sensor de vapor de agua AQUATRACE. AQUATRAN usa nitrógeno como gas transportador.

Célula

Ver Célula de tests.

Cumplimiento de CFR 21 Parte 11:

Código de Regulaciones Federales, normas de la FDA (Administración de la Alimentación y el Medicamento de los Estados Unidos) sobre registros electrónicos y firmas electrónicas (ERES). (ERES).

Acondicionamiento

Período que se cede para que un film o un envase se aclimate a las condiciones de la célula de tests o de la cámara medioambiental de envase.

Tiempo de acondicionamiento

Número de horas, especificadas por el operador, durante las cuales se acondiciona una muestra.

Horas de convergencia

Número de horas, especificadas por el operador, durante las cuales se comparan las lecturas de ratio de transmisión. Las lecturas de ratio de transmisión se comparan para determinar si se ha alcanzado un equilibrio.

Test de convergencia

Método mediante el cual el ordenador determina si un material de test ha alcanzado el equilibrio. Los ratios de transmisión de materiales de test se examinan y se comparan por tiempo.

Sensor coulométrico

Célula de combustible que funciona de acuerdo con la ley de Faraday. Al exponerlo al vapor de agua, el sensor coulombimétrico genera una corriente eléctrica proporcional a la cantidad de vapor de agua que entra en el sensor.

Sensor coulométrico Coulox

Sensor patentado por MOCON. Cada molécula que entra en la célula pasa al sensor. Es un sensor absoluto y no requiere calibración.

CO2TR

Ratio de transmisión de dióxido de carbono. Suele medirse en cc/m²·día. Más información sobre Analizadores CO2TR aquí.

Desactivar

Eliminar un módulo de la rotación de tests. Los módulos se desactivan al hacer clic en Control-Pausa.

Desorber

Liberar de una barrera.

Difusión

El proceso mediante el cual la materia se transporta de una parte del film a otra por movimientos moleculares aleatorios. En un film, cada molécula se comporta independientemente de las demás. Cuando se producen colisiones, las moléculas se mueven a regiones de menor concentración y otras veces a regiones de mayor concentración. Como el número de moléculas en el lado del gas de tests de un film es mayor que el número de moléculas del lado del gas transportador, le movimiento general de las moléculas será en la dirección del gas transportador. La difusión suele expresarse en cm²/s. La difusión varía con la temperatura, y a veces con la concentración de permeante (ver primera ley de Fick).

Coefficiente de difusión

Un coeficiente específico de una barrera y un permeante que describe la relación entre el flujo de masa del permeante y el cambio en la concentración de masa del permeante a través de la barrera. El coeficiente de difusión (D) viene definido por la ley de Fick y suele expresarse en cm²/s. Otras unidades son m²/día, cm²/día, m²/in, in²/se o in²/min.

Fuerza impulsora:

Las sustancias tienden a moverse de un potencial químico superior a otro inferior. Eso impulsa a las moléculas a difundirse dentro de un polímero.

Equilibrio

Punto en el que la cantidad de vapor de agua que atraviesa un material de tests se ha estabilizado a un ritmo constante. El ordenador registra el valor de equilibrio como ratio de transmisión final del material.

Comportamiento fickiano

Se observa un comportamiento fickiano cuando un permeante se difunde a través de un film de polímero de acuerdo con las ecuaciones matemáticas basadas en la primera y la segunda ley de Fick. Si se trata de un tests de ratio de transmisión isostática, los valores de equilibrio de el ratio de permeabilidad, ratio de transmisión, solubilidad y ratio de difusión de un par polímero-permeante que muestran un comportamiento de curva fickiana se pueden predecir de acuerdo con la solución Pasternak de la ley de Fick (ver Curva de ratio de transmisión). NOTA: Muchos permeantes orgánicos reaccionan con los materiales poliméricos causando un comportamiento no fickiano e impiden predecir los valores de equilibrio.

Primera ley de Fick

La ecuación matemática formulada por Fick en 1855, que correlaciona la difusión con la conducción de calor. La teoría matemática de la difusión en una sustancia se basa en la hipótesis de que el ratio de transmisión de una sustancia en difusión a través de un área de una sección es proporcional al gradiente de concentración normal medido en la sección, es decir, $F = -D \frac{\partial C}{\partial x}$, donde F es el ratio de transferencia por unidad de área de la sección, C es la concentración de la sustancia en difusión, x es la coordenada espacial normal medida en la sección y D es el coeficiente de difusión.

Segunda ley de Fick

La segunda ley de Fick es la ecuación diferencial fundamental de difusión en un medio. Afirma que: $\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}$ donde C es la concentración de la sustancia en difusión, x es la coordenada espacial normal medida en la sección y D es el coeficiente de difusión. Se asume que hay un gradiente de concentración solo en la dirección x.

Ratio de flujo

El ratio volumétrica a la que el gas atraviesa el módulo.

Flujo

El ratio de flujo o transferencia del permeante. Este término suele usarse para denotar la cantidad de permeante que atraviesa un área de una superficie dada por unidad de tiempo.

Máscara de lámina

Reduce el área expuesta de una muestra de film (con una barrera baja), o sostiene una muestra frágil en la celda de tests.

Ratio de flujo de gas

Ver Ratio de flujo.

Presión de gas

Libras por pulgada cuadrada (psi) de los gases de tests y transportador. Se usa para regular la humedad relativa a través de los botones de regulación de presión montados en el módulo.

Temperatura de transición de vidrio (Tg)

La temperatura a la que un material amorfo (como vidrio o polímero) cambia de un estado frágil similar al vidrio a un estado plástico. Muchos polímeros, como los acrílicos y sus derivados, tienen este punto de transición, relacionado con el número de átomos de carbono del grupo de los ésteres. El valor Tg del vidrio depende de su composición y del grado de recocido. Ejemplo: el valor Tg de PET es de aproximadamente 70 °C.

Método gravimétrico

Conocido también como método de copa, mide la pérdida o la ganancia por peso.

Grasa de alto vacío

Grasa muy refinada utilizadas para sellar un material de tests en la celda de tests y para lubricar partes del módulo.

Material homogéneo

Material de barrera que tiene las mismas características básicas a través de todo el espesor de la barrera.

Material hidrófobo

Material con tendencia a no absorber el agua.

Material higroscópico

Material con tendencia a absorber el agua.

Agua HPLC

Agua destilada de alta pureza (llamada también agua de triple destilación). El agua HPLC impide que se formen depósitos de cal, que pueden acabar por obstruir las tuberías. Se utiliza en el humidificador, donde la alta pureza es un requisito para obtener resultados precisos de humedad relativa. Es la única fuente de agua recomendada para los depósitos de los instrumentos de permeabilidad MOCON. HPLC son las siglas en inglés de cromatografía líquida de alta presión.

Cero individual

Método que permite obtener resultados más precisos para altas barreras. El ordenador envía nitrógeno a través de ambas mitades de la célula de tests y después lo dirige al sensor para determinar la cantidad de vapor de agua que transporta. Dado que el gas transportador obtiene este vapor de agua por fugas en los bordes u otros factores, el ordenador resta esa cantidad de el ratio de transmisión obtenida durante el tests. Esto permite obtener un ratio de transmisión real muy precisa.

Método de tests isostático

Un procedimiento de tests durante el cual un film de tests está sujeta en una celda de permeabilidad. En el tests se divide la celda en dos cámaras. El gas de tests fluye constantemente por la cámara de alta concentración y el gas transportador inerte fluye por la cámara de baja concentración. El gradiente de presión parcial del permeante proporciona una fuerza impulsora para que cruce a la cámara de baja concentración, donde se transporta hasta un detector para

su cuantificación. Se alcanza un estado de estabilidad cuando el ratio de transmisión, monitorizada constantemente, se mantiene constante en condiciones de temperatura y presión de vapor permeante.

Ratio de fuga

Cantidad de vapor de agua que entra en el gas transportador a través de fugas en los bordes u otros factores. Este valor viene determinado por operaciones de cero individual y se resta de el ratio de transmisión aparente para determinar el ratio de transmisión real.

Micra

Unidad de medida de espesor. Una micra es igual a 1×10^{-6} metros ($3,93 \times 10^{-5}$ pulgadas).

mil

Unidad de medida de espesor. Un mil es igual a 1×10^{-3} pulgadas.

mmHg

Milímetros de mercurio Unidad de presión atmosférica. La presión atmosférica estándar al nivel del mar es de 760 mmHg. $1 \text{ mmHg} = 0,0193371 \text{ psi}$.

Módulo

Los módulos contienen el entorno en el que se analizan las films y envases.

Mol

La unidad básica de cantidad de sustancia del Sistema Internacional de Unidades. El mol es igual al peso molecular; $1 \text{ mol} = 6,023 \times 10^{23}$ átomos. Ver Mol.

N2

Símbolo químico de la molécula de nitrógeno. Dos átomos de nitrógeno forman una molécula de nitrógeno. Ver Nitrógeno.

Nitrógeno

Principal componente del gas transportador del instrumento de permeabilidad. Transporta el gas permeante que atraviesa el film o envase al sensor del instrumento para su cuantificación.

Purga de nitrógeno

Proceso mediante el cual el nitrógeno (gas transportador) se utiliza para expulsar el vapor de agua residual de una célula, un envase o un sensor.

OTR

Ratio de transmisión de oxígeno. Suele medirse en cc/ m²·día. Más información sobre Analizadores OTR aquí.

Pascal

Unidad de presión del SI. Un pascal es igual a 9869233 x 10⁻⁵ atmósferas. Ver unidades del SI.

Penetrante

Gas, vapor u otro material físico que atraviesa una barrera. Llamado también Permeante.

Perm

Unidad de medida de permeancia. Un perm métrico es igual a 1 g/m/día×mmHg; un perm en el sistema de pies-libras es igual a 1 grano/in/día×inHg.

Coefficiente de permeabilidad

Producto de la permeancia y el espesor de la barrera. Por ejemplo, la permeabilidad al vapor de agua se mide en unidades del SI como mol/m²/sxPaxmm y en unidades métricas como g/(m²-día)×mmHg×cm. La permeabilidad es una propiedad de los materiales homogéneos.

Permeancia

Relación de el ratio de transmisión de una barrera con el diferencial de presión de vapor parcial a través de la barrera. La permeancia al vapor de agua se mide en unidades del SI como mol/m²xsPa y en unidades métricas como g/m²xmmHg (también llamado perm métrico).

Permeante

Ver Penetrante

Permear

Atravesar los poros o intersticios, penetrar y atravesar sin causar ruptura ni desplazamientos. Se aplica principalmente a fluidos o gases que atraviesan sustancias o materiales porosos.

Permeabilidad

La permeabilidad es la penetración de un permeante (un líquido, gas o vapor) a través de un sólido. Se relaciona directamente con el gradiente de concentración del permeante, con la permeabilidad intrínseca del material y con la difusividad de masa del material. La permeabilidad está modelada por ecuaciones como las leyes de la difusión de Fick

Ratio de permeabilidad

El ratio de transmisión normalizada por espesor. El ratio de permeabilidad suele expresarse en forma de (gm o cc) de (gas o vapor) a 1 (cm o mil) por unidad de área del material (m² o 100in²) en una unidad de tiempo discreta (día o segundo), y suele normalizarse para una atmósfera (760 mmHg o atm). Si el material es homogéneo, el ratio de permeabilidad puede convertirse a ratio de transmisión de cualquier espesor. El ratio de transmisión es inversamente proporcional al espesor ($TR = P/x$).

Precisión

Grado de concordancia entre mediciones individuales. En relación con un método de tests, la precisión es el grado de concordancia entre mediciones individuales realizadas en las condiciones prescritas.

Presión

Ver Presión de gas.

Ecuación $P = SD$

La permeabilidad a través de un film o lámina de polímero es una medición de el ratio de transferencia constante del permeante, que suele expresarse como constante de permeabilidad P . La constante de permeabilidad es el producto de dos parámetros fundamentales de transferencia de masa: los coeficientes de difusión y solubilidad. El coeficiente de difusión D es una medición de la rapidez con que las moléculas del permeante atraviesan la barrera en la dirección de menor concentración o presión parcial. El coeficiente de solubilidad S describe la cantidad de las moléculas de transferencia conservadas o disueltas en el film en condiciones de equilibrio. La ecuación se aplica solo para situaciones en las que D es independiente de la concentración del permeante y S sigue la ley de Henry de solubilidad.

psi

Libras por pulgada cuadrada (presión).

psig

Libras por pulgada cuadrada (manométrica).

HR

Ver Humedad relativa.

Humedad relativa (HR)

Relación entre la cantidad de vapor de agua presente en el aire y la capacidad máxima del aire a una temperatura y una presión específicas. La capacidad de transmisión de muchos plásticos de barrera depende de la HR a la que se analiza el ratio de transmisión.

Replicabilidad

Medición de la precisión de un sistema y del método de tests utilizado. Un sistema con alta replicabilidad ofrece resultados muy constantes. Es decir, si se realiza el mismo tests en un material, los resultados deberían ser aproximadamente iguales.

TESTS DE PERMEABILIDAD DE MATERIALES DE ENVASADO CON PAPEL RECUBIERTO (COATED PAPER)

El papel estucado (papel recubierto, papel cuché) se está convirtiendo en una opción atractiva para envases sostenibles. Sin embargo, analizar con precisión el funcionamiento de la barrera puede ser un reto si no se comprende la causa de la raíz de los errores de test.



El reto

Para servir como materiales de barrera, los productos de papel revestido deben pasar por estudios de permeabilidad como los tests de velocidad de transmisión de oxígeno (OTR) o de velocidad de transmisión de vapor de agua (WVTR). Sin embargo, durante los tests de permeabilidad, los datos inexactos pueden llevar a decisiones incorrectas. Los tests de estos materiales recubiertos ofrecen varios desafíos únicos:

1. Es frecuente el sobre rango del analizador
2. Sellado de la muestra
3. Fugas en los bordes

SOLUCIONES PARA ANALIZAR CON ÉXITO MATERIALES DE ENVASADO CON PAPEL

Aplicación

Debido a su naturaleza porosa, el papel y el cartón no se consideran buenos materiales de barrera para muchos propósitos de envasado. Sin embargo, aplicando una fina capa de polímero, pueden convertirse en un material de barrera adecuado y respetuoso con el medio ambiente. Si bien el desarrollo de recubrimientos especializados y el proceso de recubrimiento pueden ser el enfoque principal del equipo, la experiencia nos ha enseñado que la técnica de medición de la permeabilidad también es una clave importante para lanzar con éxito un material de envasado basado en papel. Durante las primeras etapas del proceso de I+D, los tests fallidos son comunes, pero es fundamental comprender las causas potenciales de los errores y tomar medidas para reducir resultados que engañan.

Estas son algunas de las causas de resultados de alta velocidad de transmisión:

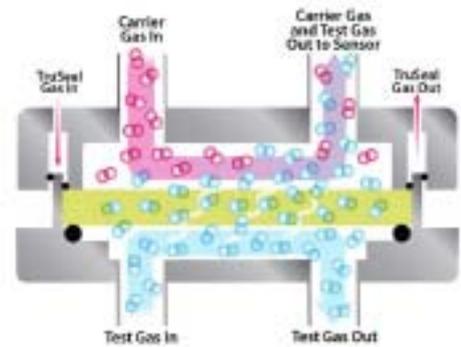
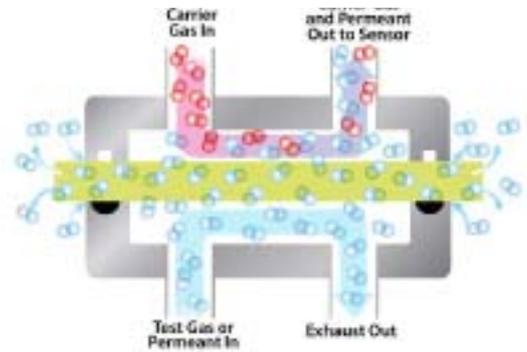
1. El cartón tiene inherentemente una superficie irregular que es difícil de sellar. Los tests de permeabilidad requieren un área de superficie lisa para formar un buen sellado entre la muestra de test y la celda de test, por lo que se requiere una capa plana.
2. Si el recubrimiento de polímero no es lo suficientemente grueso, esto puede ser la causa de errores en el test:
 - A. Una capa fina a menudo no formará una película continua que cubra toda la superficie del papel dejando puntos desnudos o porosidad.
 - B. Una capa delgada puede dejar la superficie irregular, lo que no permite un buen sellado entre la muestra y la interfaz de la celda de test. El aire o la humedad de la habitación pueden filtrarse a través de la interfaz.
3. El revestimiento puede absorberse demasiado en el cartón, por lo que no se forma una capa sobre el papel para formar una película continua.
4. El solvente en el recubrimiento puede alterar la estructura del sustrato.
5. Es posible que el revestimiento en sí no proporcione una barrera adecuada
6. Entrada de aire ambiental y humedad, a través de la sección transversal de la estructura porosa en el borde de la muestra.
7. La alta humedad puede hacer que el sustrato de papel se hinche y comprometa la eficacia del recubrimiento.

Solución

Los sustratos a base de papel se pueden convertir en barreras efectivas siguiendo estos consejos:

- Seleccione un revestimiento de barrera con propiedades de barrera adecuadas. Por favor, comprenda que una buena barrera al oxígeno no quiere decir que sea una buena barrera a la humedad. Utilice un microscopio para examinar el grosor y el acabado del recubrimiento y asegúrese de que cubra completamente la superficie irregular del sustrato de papel con una capa continua.
- Analice la compatibilidad entre el solvente de recubrimiento de polímero y el sustrato para asegurarse de que no altere al sustrato.
- Inicie el test OTR con un OpTech-0, Modelo P que permite el análisis OTR hasta niveles muy altos mientras refina sus procesos de recubrimiento dentro del rango de test de su analizador OTR.
- Una vez que su proceso de recubrimiento esté optimizado, utilice analizadores de permeabilidad MOCON convencionales para obtener resultados de test más precisos y repetibles.
- Para eliminar el efecto de fugas en los bordes, MOCON ofrece cartuchos especializados que sellan los bordes de las muestras para realizar tests sin epoxi o sellan los bordes de las muestras en una máscara de aluminio con epoxi.

Possible ruta del problema del efecto de borde.



Cartucho de test de efecto de borde de MOCON

Beneficios

La implementación de las pautas anteriores ayudará a optimizar el desarrollo de materiales de papel estucados en barreras de embalaje adecuadas. Permitir que se generen datos más precisos, al tiempo que se reduce el tiempo, el coste y la frustración..

Conclusión

Para que los materiales a base de papel proporcionen una protección de barrera adecuada, deben estar recubiertos con una barrera de polímero uniforme y continua.

- Aplique una capa de barrera suficiente para cubrir la superficie irregular del sustrato de papel.
- Estudiar la compatibilidad entre el revestimiento y el sustrato.
- Verifique que su recubrimiento aplicado alcance el nivel de barrera objetivo.
- Analice OTR con MOCON OpTech-0, Modelo P para muestras que todavía muestran porosidad durante el proceso de I+D. Una vez que se haya analizado su proceso de recubrimiento, utilice el cartucho de efecto de borde de MOCON para resolver el problema de fugas de borde mientras realiza análisis de control de calidad (consulte un AN separado).

ANALIZADORES DE PERMEABILIDAD
de Oxígeno, CO₂, Vapor de Agua de Films y Envases



**ANÁLISIS OTR PRECISOS
PARA BARRERAS DE ENVASES
CON PROPIEDADES REDUCTORAS DE OXÍGENO**

**ACCURATE OTR TESTING FOR
PACKAGING BARRIERS WITH
OXYGEN SCAVENGER PROPERTIES**



ASEGURAR EL RENDIMIENTO DEL ENVASE PARA CUMPLIR CON LA VIDA ÚTIL DESEADA

Este artículo analiza los desafíos para realizar una permeabilidad precisa en test de films de barrera con propiedades reductoras de oxígeno y comparte consejos para lograr resultados fiables en menos tiempo.

Desafío

Los reductores de oxígeno se utilizan en una variedad de industrias para ayudar a aumentar el rendimiento de un envase para proporcionar mayor duración. Cuando se integran en un envase, la velocidad de transmisión de oxígeno (OTR) debe medirse tanto en el activo estado del reductor activo como en el estado posterior del reductor para comprender completamente el funcionamiento en la vida útil del producto. Analizar ambos estados requiere mucho tiempo.

Aplicación

En la práctica, los reductores de oxígeno pueden presentarse con la forma de un sobre, una capa dentro del envase o se puede incorporar en films de polímero como la pared de una botella o el revestimiento de una tapa.

Para reductores de oxígeno incrustados en materiales o como recubrimientos, la velocidad de transmisión debe analizarse antes y después de que el reductor sea consumido para identificar la capacidad de reducción efectiva en comparación con la barrera original sin el reductor. Este tipo de tests de permeabilidad tarda más en completarse, ya que se debe esperar a que se agote el reductor completo. Esto puede a menudo causar cuellos de botella en el laboratorio.

Hay tres enfoques que se utilizan para ayudar a aliviar este cuello de botella en el tests de los envases.

Un enfoque es testear a una temperatura más alta para acelerar la reacción química entre el oxígeno y reductor. Una regla general es que por cada 10°C de aumento, la OTR estimada se duplica, reduciendo así el tiempo para agotar todo el O₂ del reductor.

Otro enfoque es analizar muestras planas con concentraciones de de oxígeno más altos. Por ejemplo, si se usa oxígeno al 100% en lugar del aire ambiental (20,8% de O₂) para el test, más moléculas de oxígeno estarán disponibles para ser consumidas. Esto conducirá a una reducción del tiempo de test en aproximadamente 1/5 en comparación con el tiempo necesario cuando se realiza el test con el 20,8% de O₂. Ambos enfoques pueden "acelerar" el consumo del reductor para reducir el tiempo total de test, sin embargo, ninguno de los dos puede ser un escenario práctico o del mundo real para el producto actual. Pueden proporcionar datos útiles al comparar diferentes recubrimientos, métodos de recubrimiento o capas de material reductor.

Un tercer enfoque es utilizar un sistema de acondicionamiento fuera de línea en paralelo al equipo. Esto mantiene el equipo disponible para tests mientras que el tiempo necesario para consumir el reductor se puede hacer fuera de línea.

Solución

El acondicionamiento fuera de línea ofrece las condiciones de test más reales mientras se alivia el cuello de botella de los equipos de tests.

Para obtener los mejores resultados, se podrían seguir los siguientes pasos:

- Analizar exactamente el mismo envase sin el reductor de O₂ como referencia. Esto proporcionará el nivel de OTR de referencia y la duración del test sin el reductor.
- Analizar los envases con reductor para la evaluación inicial de OTR. Los datos del test pueden estar por debajo del límite de detección debido a la capacidad de reducción del envase.
- Detener el test cuando el tiempo transcurrido sea igual al tiempo del test para la muestra de referencia.
- Iniciar el acondicionamiento fuera de línea en las mismas condiciones.
- Volver a conectar periódicamente el envase al analizador y comprobar el nivel de OTR.
- Repetir hasta que la OTR de equilibrio sea la misma o cercana al test de referencia inicial realizada sin el reductor.

Otros consejos:

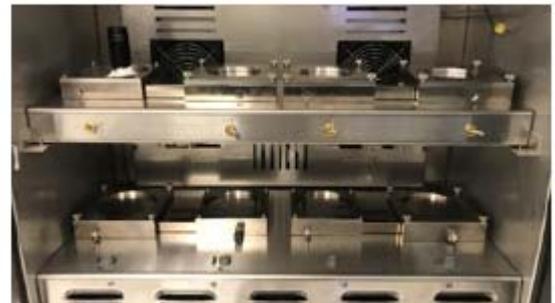
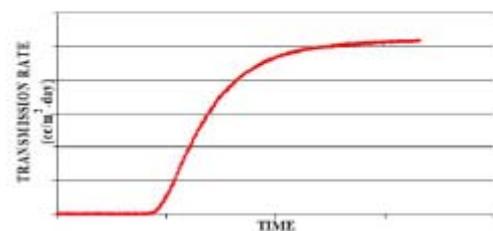
- Conocer la capacidad de absorción del reductor puede ayudar a estimar la duración del acondicionamiento fuera de línea.
- Muchos reductores de O₂ se activan con la humedad. En este caso es fundamental realizar el test OTR en una condición de humedad relativa específica para activar el reductor.

Perfil de permeabilidad retardada que muestra el efecto del reductor de O₂.

Medida de Permeabilidad del reductor Isostático

Analizador OTR de envases completos OX-TRAN 2/40 con opción de rack de acondicionamiento

Isostatic Scavenger Permeation Measurement



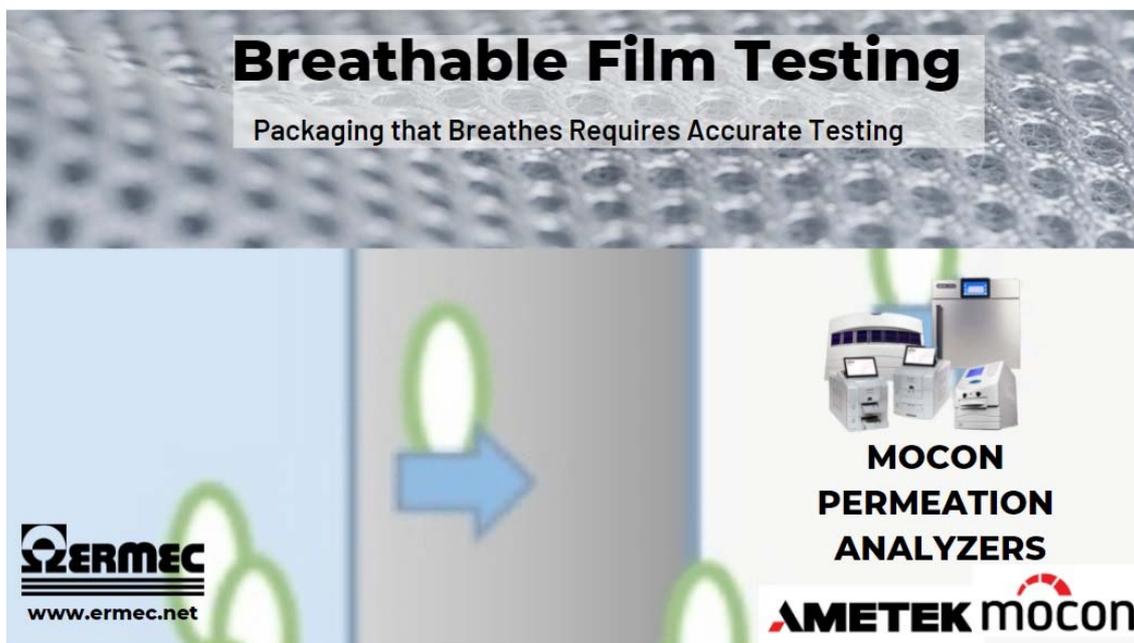
Beneficios

- El acondicionamiento fuera de línea permite analizar muestras de reducción del mndo real sin condiciones aceleradas.
- Mientras las muestras están acondicionadas fuera de línea, el analizador puede analizar otras muestras aumentando la eficiencia del laboratorio.
- MOCON tiene soluciones de análisis de envases que ofrecen acondicionamiento fuera de línea. Ejemplo: el OX-TRAN 2/40 el analizador de tests de envases con un rack de acondicionamiento opcional o se puede utilizar el dispositivo PackRack para el acondicionamiento de envases fuera de línea.

Conclusión

Los tests de permeabilidad de envases con reductores de oxígeno pueden ser desafiantes y requerir tiempos de test muy largos. MOCON ofrece soluciones de test de envases que incluyen capacidad de acondicionamiento para aumentar el rendimiento de los equipos. Estos no solo brindan resultados de test precisos y consistentes, sino que mejoran la eficiencia del laboratorio.

Análisis de permeabilidad de films transpirables



El envasado que respira requiere análisis precisos

Hoy en día, las barreras aumentan en complejidad y capacidad. Mantener el ritmo de las innovaciones mundiales requiere materiales funcionales clave que permitan altos ratios de transmisión de oxígeno y vapor de agua. Los materiales transpirables son los materiales más difíciles de analizar de forma precisa y repetida, debido a la configuración controlada requerida.

El desafío es desarrollar una tecnología de envasado innovadora para cumplir con los estándares de salud cada vez más estrictos para eliminar los retiros de productos del mercado. Se necesitan herramientas analíticas con el mayor de los rendimientos, que brinden resultados precisos para el soporte de sus necesidades.

En AMETEK MOCON, ayudamos a responder esta llamada proporcionando los datos necesarios para realizar mejoras documentadas en su envasado. Hemos desarrollado equipos especializados para caracterizar materiales transpirables. El PERMATRAN-W 101K y el OX-TRAN 2/12 T ofrecen las capacidades de velocidad de transmisión más altas de la industria. Se utilizan habitualmente para medir la permeabilidad de films, vendajes médicos, pañales y más.

Desde 1966 hemos trabajado con fabricantes, proveedores, laboratorios e instituciones de investigación de envases transpirables para medir de forma precisa y repetida los ratios de permeabilidad de sus films.

Embalaje ecológico: lo que se necesita saber antes de cambiar a un material más sostenible



Envasado con un pulgar verde hacia arriba



Con billones de euros invertidos a nivel mundial para reducir el impacto de la humanidad en el medio ambiente, es seguro decir que ser "ecológico" no es solo una tendencia. Los consumidores, ahora más conscientes que nunca de su impacto personal en el medio ambiente, están eligiendo activamente marcas que reflejen sus propios valores, incluso si hacerlo significa gastar más en el proceso.

Los deseos emergentes de los clientes por productos "ecológicos" están cambiando especialmente el mercado de alimentos y bebidas, donde tanto los productos como los envases están abriendo nuevos caminos en una industria muy preocupada por la vida útil del producto. Los alimentos y bebidas orgánicos, así como los materiales reciclables, biodegradables y compostables, representan un desafío significativo para la vida útil, especialmente cuando las expectativas de los clientes con respecto a la vida útil del producto no han cambiado junto con el cambio a materiales más respetuosos con el medio ambiente..

Algunos materiales analizados incluyen films y papeles reciclados postconsumo (PCR), aluminio, polietileno de alta densidad (HDPE) y polietileno lineal de baja densidad (LLDP). Los envases reciclables tienen una larga historia y, aunque no siempre son del todo eficaces para su reutilización, siguen proporcionando un camino más probado hacia la sostenibilidad sin necesidad de invertir en tecnologías emergentes.

Como solución de envasado, los bioplásticos biodegradables son una solución mixta, pero ofrece una ventaja medioambiental potencialmente tremenda. Esta tecnología de base biológica, derivada de azúcares vegetales, pueden utilizar una variedad de materias primas biológicas que se pueden convertir para su uso en diferentes tipos de envases. Otras soluciones de embalaje ecológicos incluyen telas orgánicas, como cáñamo o hojas de palma, así como materiales de base biológica que tienen una matriz polimétrica con propiedades mecánicas y de barrera mejoradas. Muchas de estas tecnologías se encuentran en una etapa incipiente y continúan perfeccionándose en productos escalables para uso industrial. Este ciclo de desarrollo requiere tests precisos y repetibles para garantizar la calidad del producto, así como soluciones para abordar la naturaleza a menudo porosa de los materiales orgánicos que dificultan la vida útil y limitan las capacidades generales de análisis.

Es importante tener en cuenta los análisis de barrera

La función del embalaje es proteger un producto para su almacenamiento, venta y uso. En el caso de alimentos y bebidas, esto se extiende al desarrollo de soluciones de materiales que aseguren que un producto cumpla con un cierto umbral para su vida útil. Es imperativo el desarrollo de nuevos materiales o cambiar a barreras más sostenibles, como las que se utilizan en envases más ecológicos, que los productos se sometan a evaluación para garantizar que sus propiedades de barrera cumplan con los criterios para resistir el proceso de conversión y envasado, así como cumplir con los estándares establecidos para la vida útil adecuada del producto y las aplicaciones prácticas.



Como líder mundial en instrumentos de medición de gases, AMETEK MOCON, representada por ERMEC.net, proporciona tecnologías que lo ayudan con las mediciones precisas necesarias para un embalaje ecológico y sostenible. Nuestros instrumentos de permeabilidad MOCON se utilizan para medir las velocidades de transmisión de oxígeno, vapor de agua y CO₂ a través de films y envases de barrera. Nuestro compromiso con los análisis de envases nos lleva desde el control de calidad en su laboratorio hasta la línea de envasado, donde los instrumentos MOCON ayudan activamente con el control de calidad de cada producto que sale de sus instalaciones. Estamos comprometidos a proporcionar siempre los resultados precisos y repetibles que hacen que su negocio siga avanzando.

Entre nuestros instrumentos de permeabilidad OX-TRAN[®], Aquatran[®] y PERMATRAN[®], nuestro PERMATRAN-W[®] 101K es único en su capacidad para analizar barreras transpirables, como membranas de polímero porosas y transpirables, papel delgado recubierto de polímero y tejidos delgados de polímero que no se pueden analizar fácilmente con otros métodos. Esto ofrece una solución potencial durante el proceso de I+D cuando no se dispone de otros métodos para los tests de permeabilidad.

¿Interesado en aprender más?

Recientemente publicamos una nota de aplicación centrada en los envases de papel estucado que destaca las dificultades para analizar el papel estucado y las posibles soluciones disponibles para analizar con precisión el rendimiento de la barrera, incluido el uso de otro instrumento MOCON llamado OpTech-O₂ Model P antes de utilizar un instrumento como el PERMATRAN-W[®] 101K.

CORRELACIÓN SIMPLIFICADA ENTRE DATOS OTR Y LA VIDA ÚTIL DE ALIMENTOS

Se pueden utilizar los resultados de la velocidad de transmisión de oxígeno (OTR) para estimar teóricamente la vida útil en función de algunas suposiciones.



Resumen

El estudio de la vida útil de los alimentos requiere tests especiales de laboratorio sensorial y de ciencia de los alimentos, así como estudios de barrera de envasado, como el test OTR. Con los resultados de OTR y algunas suposiciones, la vida útil de los alimentos se puede estimar teóricamente para que sirva de referencia para el diseño de envases.

Procedimiento

Para establecer una correlación directa simple entre la velocidad de transmisión de oxígeno (OTR) testada y la vida útil de los alimentos, se deben hacer algunas suposiciones para los cálculos. Por ejemplo:

- Motivo del fin de la vida útil: solo oxidación
- Cantidad conocida de alimentos envasados: 30g a 0,030 kg
- Tolerancia máxima al oxígeno *: 75mg/kg de este producto
- Área de superficie del envase: 437 cm² (o 0,0437 m²)
- La permeabilidad es el único factor de entrada de oxígeno

El producto consume el O₂ ingresado inmediatamente para que no se acumule O₂ dentro del envase. Por lo tanto, la fuerza impulsora de la permeabilidad es constante.

El área de superficie permeable de 437 cm² proviene de una bolsa de 2 lados con una dimensión estimada de 6" x 6" (o 15 cm x 15 cm) menos las áreas utilizadas para los sellos.

EJEMPLOS DE CÁLCULO PARA RELACIONAR OTR Y VIDA ÚTIL

Ejemplos

1. A partir de un film OTR conocido para estimar la vida útil de los alimentos.

Volumen de O₂ permitido que el producto puede tomar = 0,03 kg x 75 mg/kg = 225 mg
(o 1.58cc en STP)

Supongamos que testeamos un material de film de barrera con el MOCON OX-TRAN 2/22 (Fig. 2) y obtenemos una OTR de 2.0 cc/(m² x día) a 23°C con 100% de O₂. Para un envase con 0,0437m² de superficie permeable , el OTR del envase al 20,9% de O₂, será:

$$\text{OTR (envase)} = 2.0 \text{ cc} / (\text{m}^2 \times \text{día}) \times 0,0437 \text{ m}^2 \times 20,9\% = 0,0183\text{cc}/(\text{envase} \times \text{día})$$

La vida útil estimada para este producto es: 1.58cc ÷ 0,0183 = 86 días

2. Desde la vida útil deseada (6 meses) para encontrar el nivel adecuado de OTR de film

Volumen de O₂ permitido que el producto puede tomar = 0,03 kg x 75 mg/kg = 2.25mg
(o 1.58cc en STP)

Supongamos una vida útil deseada: 6 meses (182 días)

$$\text{OTR permitido (envase)} = 1,58 \text{ cc} \div 182 \text{ días} = 0,0087 \text{ cc} / (\text{envase} \times \text{día})$$

Film OTR requerido con 20,9% de O₂: 0,0087cc / (envase x día) ÷ 0,0437 m² = 0,2cc/(m² x día).

O con 100% de O₂: 0,2cc/(m² x día) ÷ 0,209 = 0,96cc/(m²x día)

Aquí, OTR de 0,96 c/(m² x día) es el punto de partida para el film de barrera de O₂ requerida.

3. A partir de la OTR testada de un envase completo para estimar la vida útil. Utilizando el MOCON OX-TRAN2/40 (Fig. 3) para obtener la OTR de un envase completo a 23°C y 20,9% O₂:

$$\text{El OTR testado (envase)} = 0,0085 \text{ cc} / (\text{envase} \times \text{día})$$

Utilizando el mismo Volumen de O₂ permitido de los ejemplos de arriba Ejemplos:
1.58cc

La vida útil estimada para este producto es: 1.58cc ÷ 0,0085 = 186 días

(* Hay que tener en cuenta que los cálculos anteriores utilizaron un valor muy importante: Tolerancia máxima al oxígeno para el producto. Para diferentes productos alimenticios, este valor es diferente y debe ser decidido por científicos de alimentos a través de estudios sensoriales).



Figure 1. OX-TRAN 2/22

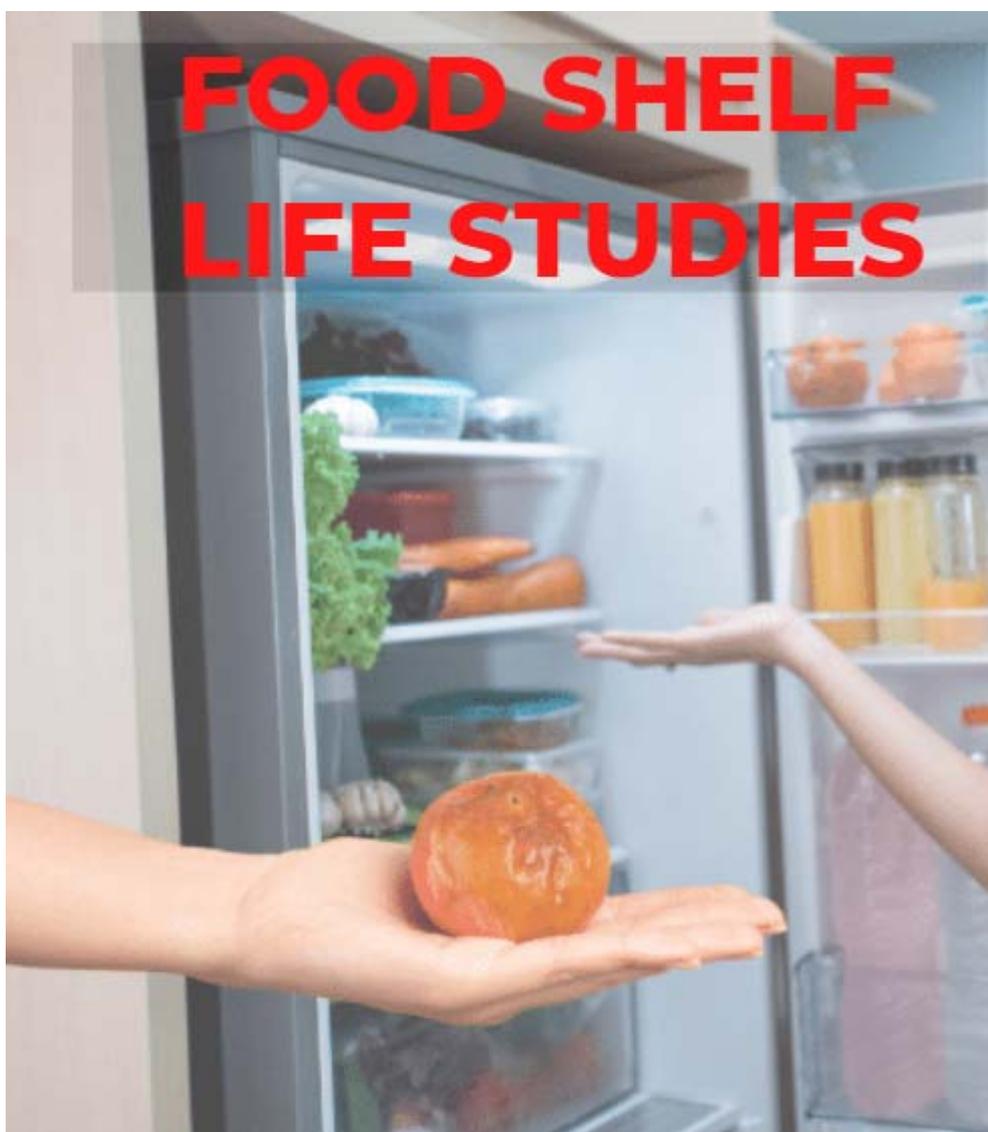


Figure 2. OX-TRAN 2/40

Conclusión

- Los tests de permeabilidad del film y el envase son importantes para garantizar la vida útil del producto.
- Se podría establecer la correlación de OTR y la vida útil de los alimentos si la oxidación es la única causa del final de la vida útil.
- Colaboración con el científico de alimentos para decidir el valor de tolerancia máxima al oxígeno a través de la investigación o el estudio sensorial del producto alimenticio específico.
- La vida útil estimada es una buena referencia para el envasado de I+D.

ESTUDIOS DE VIDA ÚTIL DE LOS ALIMENTOS: FUNDAMENTOS, PRINCIPIOS Y CONCEPTOS



Dos métodos de test para realizar un estudio de vida útil.

Descripción general

Los estudios de vida útil determinan durante cuánto tiempo se puede esperar razonablemente que un producto mantenga su calidad, seguridad y carácter. Para realizar un estudio de vida útil, existen métodos directos e indirectos.

Antecedentes

La vida útil aceptable de un producto permite que se mantengan los parámetros deseados de fin de vida útil (EOSLs); Estos incluyen las propiedades sensoriales, químicas, funcionales, microbiológicas y físicas de un producto. Debido a que la EOSL para cada producto es diferente, el procedimiento de estudio de la vida útil será único.

ESTUDIOS DE VIDA ÚTIL DE LOS ALIMENTOS: FUNDAMENTOS, PRINCIPIOS Y CONCEPTOS

Parámetros, pasos y datos

Hay dos métodos de test para realizar un estudio de vida útil. El método directo implica almacenar el producto en condiciones específicas durante un período de tiempo más largo que su vida útil esperada y verificarlo a intervalos regulares para ver cuándo comienza a echarse a perder. Dos métodos indirectos permiten la predicción de la vida útil sin realizar un test de almacenamiento de larga duración y son útiles para productos con una vida útil prolongada.

El primer método indirecto utiliza un modelo predictivo para calcular la vida útil en función de la información del crecimiento bacteriano en condiciones específicas.

El segundo método es un estudio de vida útil acelerado, que implica aumentar deliberadamente la velocidad a la que un producto se echa a perder, generalmente aumentando la temperatura de almacenamiento. Una herramienta utilizada aquí es "la regla de los diez", o Q_{10} , que es el factor por el cual la tasa de deterioro aumenta cuando la temperatura aumenta en 10°C. Q_{10} permite predecir la vida útil de un producto en condiciones de la vida real basándose en los resultados de los tests realizados a altas temperaturas.

No tiene unidades y se puede calcular con la ecuación $Q_{10} = (R_2/R_1)^{(10/(T_2-T_1))}$, donde R es la tasa de deterioro de un producto y T es la temperatura a la que se realiza el test. Para la mayoría de los productos, el valor Q_{10} es 2,0, lo que significa que por cada aumento de 10°C, la velocidad de una reacción química se duplicará.

En un ejemplo, se probó un producto a tres temperaturas diferentes para obtener el tiempo de deterioro. Los valores de Q_{10} se obtuvieron comparando T_2/T_1 , con R_2/R_1 , y T_3/T_2 , con R_3/R_2 , como se define en la Tabla 1.

T1	T2	T3
20C	30C	40C
R1	R2	R3
15	24	38

Tabla 1: Datos de temperatura y tiempo de deterioro

Aplicando estos números a la ecuación:

$$Q_{10} = (24/15)^{(10/(30-20))} = 1.61$$

$$Q_{10} = (38/24)^{(10/(40-30))} = 1.58$$

A partir del cálculo anterior, el Q_{10} real para este producto es aproximadamente 1,6, no el valor teórico de 2,0. Cuando se utiliza un valor Q_{10} de 2,0, la vida útil prevista es de 32 semanas (8 meses), pero con un valor Q_{10} de 1,6, la vida útil prevista es 20,48 semanas (5,2 meses).

Conclusión

- Los estudios de vida útil deben ser específicos del producto con información detallada del producto para establecer los parámetros de fin de vida útil.
- Los métodos directos son los resultados más precisos y deben usarse para productos con una vida útil más corta (perecederos).
- Los estudios acelerados proporcionan resultados para productos con una vida útil más larga en un tiempo más corto.
- La teoría Q_{10} puede ser una herramienta útil para el estudio acelerado.

LINEALIDAD DEL SENSOR COULOX DE MOCON

Los datos del estudio de I + D confirman la alta precisión del sensor COULOX utilizado en los analizadores de permeabilidad de oxígeno MOCON.



Antecedentes

Durante muchos años, MOCON ha utilizado su sensor COULOX patentado para medir el ratio de transmisión de oxígeno (OTR) según ASTM D3985, en los analizadores de permeabilidad OX-TRAN legacy y de próxima generación. El sensor se considera absoluto, ya que cada molécula contada proporciona una respuesta lineal dentro de todo su rango de medición. Por lo tanto, no requiere calibración.

Teoría básica

Según la ley de Fick, para un material isótropo, la velocidad de transferencia de una sustancia en difusión a través de una unidad de área de una sección es proporcional al gradiente de concentración medido normal a la sección transversal, es decir,

$$F = - D \frac{dc}{dx}$$

En otras palabras, el ratio de permeabilidad de un material Fickiano se ve afectado linealmente por la concentración del permeante que lo atraviesa, o la fuerza impulsora. Al determinar la linealidad de un instrumento de permeabilidad a diferentes niveles de fuerza impulsora, algunos parámetros deben mantenerse constantes, incluida la temperatura de test, el área de test, el gas de test y el cero de purga del sistema.

Es muy importante verificar la concentración del permeante en lugar de usar el valor en la etiqueta del tanque. Las fugas y los errores de certificación del tanque pueden afectar significativamente los resultados de el test cuando se utilizan fuerzas impulsoras por debajo del 21% de oxígeno. El gas seco también es importante porque la OTR de PET es sensible a cambios bajos de HR (0-25% de HR).

EL ESTUDIO OTR MUESTRA EL COMPORTAMIENTO LINEAL DEL SENSOR COULOX

Metodología y configuración

El estudio de linealidad OTR se realizó en un MOCON OX-IRAN 2/20 ML. Se utilizó un film de PET de 1 cm 'enmascarada debido a su comportamiento y características bien conocidos. Las condiciones de prueba se mantuvieron de la siguiente manera durante todo el estudio:

Test Temperature Range	23°C ± 0.5°C
Test gas flow rates	10 cc/min
Carrier gas (N2) flow rate	10 cc/min
Test sample	NIST traceable PET film (5 mil, with a test area of 1 cm ²)
Ambient pressure	Auto - measured and compensated to 760 mmHg for all data points obtained

Los parámetros anteriores se aplicaron para ambas celdas de prueba A y B en el analizador OTR para ejecuciones duplicadas simultáneamente.

La única variable en este estudio fue la concentración de oxígeno, que fue 100%, 21,9%, 9,83% y 0,541% respectivamente. Estos valores se verificaron mediante un MOCON PAC CHECK 650 Head Space Analyzer que se conectó directamente a la salida de la corriente de gas de test de oxígeno para mediciones continuas en línea. Los resultados de OTR se presentaron en la siguiente tabla y en la Fig. 1.

O ₂ Concentration	Oxygen Transmission Rate cc/(m ² · day)	
	Sample A	Sample B
100	0.5126	0.5272
21.9	0.1044	0.1127
9.83	0.0466	0.0512
0.541	0.0024	0.0026

El gráfico de la Figura 1 indica un buen ajuste lineal para las muestras A y B. El coeficiente de determinación (r^2) es 0,99979 y 0,99993 para las muestras A y B, respectivamente. Este ajuste lineal es particularmente bueno considerando las especificaciones de repetibilidad del OX-TRAN 2/20 ML de ± 0.005 cm / (m² x día) o 1% de lectura.

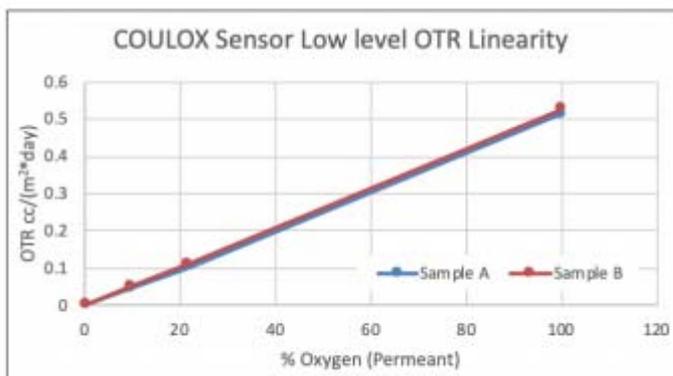


Fig 1. COULOX sensor Linearity Study (OTR vs %Oxygen)

Conclusión

Los resultados presentados muestran el comportamiento lineal del sensor COULOX. Esto da como resultado una alta precisión en todo el rango de prueba, específicamente hacia el extremo inferior del límite de sensibilidad.

Los siguientes analizadores de permeabilidad de oxígeno MOCON Next Generation (Fig. 2) utilizan este sensor COULOX (Fig. 3).

- Analizador OTR OX-TRAN 2/22
- Analizador OTR OX-TRAN 2/28
- Analizador OTR OX-TRAN 2/40 para envases



Fig 2. MOCON OX-TRAN Analyzers using this COULOX Sensor



Fig 3. MOCON COULOX sensor

ANALIZANDO LA PERMEABILIDAD DE OXÍGENO EN ENVASES INUSUALMENTE PEQUEÑOS

El siguiente ejemplo ilustra la importancia de testear la permeabilidad tanto del material usado para hacer estas cápsulas como de las cápsulas terminadas para asegurar que el ratio de transmisión de oxígeno (OTR) esté dentro del límite deseado.

Resumen

Las cápsulas como las que se utilizan en los productos farmacéuticos son fundamentales para garantizar la vida útil de los medicamentos que contienen. Muchos de los medicamentos farmacéuticos de la próxima generación son altamente sensibles al oxígeno, por lo que una cápsula que permite que penetre demasiado oxígeno disminuirá su vida útil y los hará inseguros o ineficaces.

Procedimiento



Una empresa farmacéutica envió muestras a AMETEK MOCON de una variedad de cápsulas diferentes. Querían que se analizaran las medias cápsulas para asegurarse de que el material es una buena barrera al oxígeno, y también solicitaron que se analizaran las cápsulas ensambladas para determinar cuánto oxígeno penetra en las uniones. El propósito de este análisis fue comprender cuánto oxígeno penetra en las cápsulas ensambladas a través del sellado, a diferencia del OTR de una cápsula sin sellado.

¿CUÁLES SON LOS EFECTOS DE REDUCIR EL ÁREA DE TEST?

Procedimiento, continuación

Aunque las cápsulas no tienen una superficie plana, son lo suficientemente pequeñas como para testearlas como una extensión de un film. Dado que estas cápsulas tienen un OTR moderadamente alto e implican testear un envase muy pequeño, el OpTech-O2 Modelo P junto con una celda de test de permeabilidad fue el instrumento utilizado para realizar este análisis. Esto hace posible medir el OTR de algo tan pequeño como una cápsula individual.



Cápsula entera epoxi con una lámina de test.

1. Se coloca Epoxi en una cápsula entera o media sobre un orificio en una máscara de hoja de aluminio para garantizar un sellado sin fugas.
2. Se colocan las muestras ensambladas en la celda de test, de modo que el exterior de la cápsula mire hacia el flujo de oxígeno.
3. Purgue el lado de medición de la celda (el lado exterior de la cápsula) con N2 para eliminar todo el oxígeno y el otro lado con O2.



Muestra montada en una celda de test.

COMPORTAMIENTOS NO-FICKIANOS DE LOS FILMS METALIZADOS EN NIVELES DE HUMEDAD RELATIVA ALTOS

Resumen

Debido a sus altas propiedades de barrera, los films metalizados de monopolímero se utilizan a menudo para materiales de embalaje tradicionales y sostenibles. A base de sustratos de poliolefina, se consideran reciclables cuando la fina capa de revestimiento contiene muy poca metalización. Para diversas aplicaciones, los films metalizados deben examinarse por sus propiedades de barrera, como el ratio de transmisión de vapor de agua (WVTR). Sin embargo, ya sea históricamente o en la actualidad, medir el WVTR de films metalizados ha demostrado ser un desafío para obtener valores repetibles debido a su misterioso comportamiento no-fickiano (es decir, el material cambia con el aumento de la exposición a la humedad). Por eso, ¿qué es lo que se debería saber sobre films metalizados y cuáles serían los mejores métodos de laboratorio para obtener resultados más precisos?

Problemas al testear films metalizados

La medición del ratio de transmisión de vapor de agua (WVTR) de los films metalizados puede ser un desafío. Incluso para el mismo material, diferentes laboratorios informaron diferentes resultados de WVTR cuando se utilizó humedad relativa (RH) extrema, como 90% RH, ya que diferentes laboratorios pueden tener sus propios criterios para finalizar un test. Algunos tests pueden detenerse prematuramente antes de alcanzar el estado de equilibrio final.

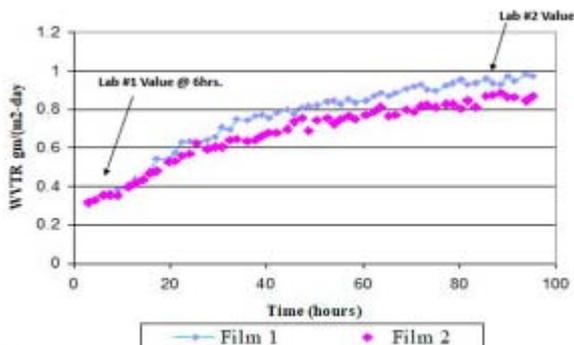


Fig. 1. Typical Non-Fickian material WVTR test data curve at high RH

Fig 1. Muestra cómo el WVTR puede continuar cambiando incluso cerca de 100 horas de test cuando se provoca el film a 38° C, 90% de HR. Por lo tanto, varias duraciones de test pueden producir datos WVTR bastante diferentes. Se sugiere que este tipo de materiales exhibieron un comportamiento no-fickiano.

¿Qué es el comportamiento no-fickiano?

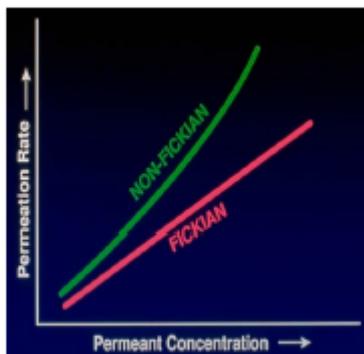


Fig. 2. Illustration of Fickian and Non-Fickian Behavior

Según la ley de difusión de Fick, un proceso de difusión que obedece a las leyes de Fick se llama difusión normal o de Fick; de lo contrario, se denomina difusión no-fickiana. De manera similar, para los materiales Fick (o aquellos que obedecen la Ley Fick), la permeabilidad es lineal con la concentración para todos los rangos de concentración. Algunos materiales se ven afectados negativamente por la absorción de humedad y, por lo tanto, se reduce la barrera; se denominan materiales no-fickianos. (Figura 2.).

El conocimiento más común nos dice que el agua, que es altamente polar, solo reaccionará de esta manera con grupos poliméricos polares que dependen de enlaces de hidrógeno. Algunos ejemplos famosos de material no-fickiano son el nailon y el EVOH. Otros grupos polares como PEI; aunque absorben agua, no se ven afectados ya que sus propiedades de barrera no dependen de los enlaces de hidrógeno. Sin embargo, los siguientes estudios nos dirán que los films metalizados también pueden tener comportamientos no-fickianos.

Resumen del estudio histórico de AMETEK MOCON sobre film de PET metalizado

A principios de 2000, AMETEK MOCON realizó un estudio de perfil WVTR en un tipo de film metalizado a base de PET (75 gauge OPP/Impresión y adhesivo/48 gauge met-PET) a diferentes niveles de HR, y con diferentes tipos de analizadores de permeabilidad de vapor de agua. El propósito de este estudio fue revelar la verdadera causa de las inconsistencias en los datos reportados y averiguar si esto se debió al método de test, el instrumento o las condiciones de test.

El primer test fue en un MOCON PERMATRAN-W 3/31 (ASTM F -1249) (Figura 3). Los tests se llevaron a cabo durante 48 horas en cada nivel en secuencia desde las condiciones de HR más baja hasta las más altas. De acuerdo con este método, un lado de la muestra se provocó con una HR específica constante mientras que el flujo del otro lado pasó por un detector de infrarrojos modulado y se cuantificó. El estudio se realizó a 37,8°C con 50%, 75%, 90% y 100% HR. A modo de comparación, también se incluye en el gráfico una curva de comportamiento de Fick calculada (basada en el valor testado del 50% de Fd-I). (Fig. 3.)

ESTUDIOS HISTÓRICOS Y RECIENTES SOBRE FILMS METALIZADOS

Cuando se compara con la respuesta Fickiana predicha como se muestra en la Fig. 3, el material actuó claramente de una manera no-Fickiana. El valor de WVTR casi se duplicó de 90% RH a 100% RH. El resultado del test WVTR al 100% de HR fue casi 10 veces mayor que los datos calculados si el material fuera Fickiano. Esto significa que las condiciones de HR más altas tuvieron un mayor impacto en la calidad de barrera del material que las condiciones de HR más bajas. Se realizó un segundo test (al 50% de HR) en la misma muestra exacta después del análisis de 100% HR. Los resultados indicaron que la barrera anterior al 50% de HR no era recuperable después de haber sido expuesta a 100% HR. Otros tests con el mismo material en varios instrumentos MOCON Legacy indicaron que los resultados son similares a los obtenidos con PERMATRAN-W 3/31 y mostraron comportamientos No-Fickianos.

Estudios recientes de AMETEK MOCON sobre una nueva generación de films metalizados

En el rápido avance de 2021, se han inventado y fabricado más films metalizados. ¿Están mejorando y están libres de los comportamientos de No-Fickianos? AMETEK MOCON probó el WVTR con algunos nuevos Nms metalizados utilizando nuestra nueva generación de analizadores de permeabilidad. Esta vez hubo dos tipos de films metalizados con OPET y BOPP como sustratos, respectivamente.

Los estudios se realizaron en un analizador de permeabilidad MOCON Legacy PERMATRAN-W 3/33, y dos analizadores de próxima generación PERMATRAN-W 3/34 y AQUATRAN 3/38 (Fig. 4.) Los estudios WVTR se realizaron en las siguientes condiciones de test & 37.8° C, con niveles de humedad relativa del 50%, 75%, 85%, 90% y 100%.

Resultados del test

Las siguientes tablas de datos (Tabla 1 y 2) y el gráfico (Fig. 5) demuestran la tendencia del perfil WVTR desafiado por diferentes niveles de HR tanto para films metalizados basadas en OPET como basadas en BOPP. Se promediaron tres resultados de cada uno de los tres analizadores de permeabilidad WVTR diferentes (9 puntos de datos en total) para generar cada punto de datos en el gráfico. Los analizadores de permeabilidad utilizados fueron el PERMATRAN-W 3/33, EL PERMATRAN-W 3/34 y el AQUATRAN 3/38.

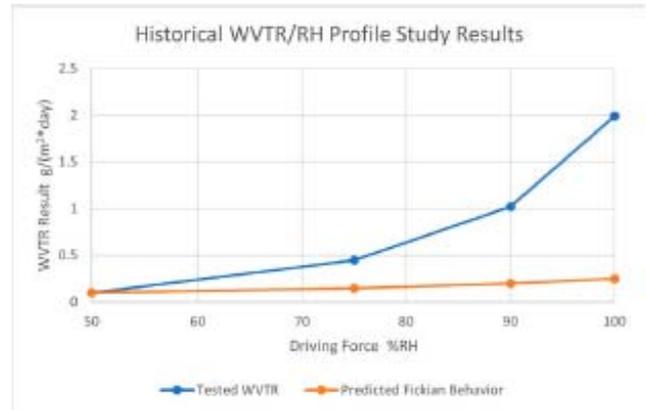


Fig. 3 WVTR tested results vs calculated Fickian behavior values



Fig. 4. MOCON Permeation Instruments

Substrate	%RH	Average WVTR g/(m² · day)	Std. Dev.
OPET	50	0.111	0.085
OPET	75	0.322	0.121
OPET	85	0.518	0.189
OPET	90	0.609	0.203
OPET	100	1.291	0.359

Table 1. OPET-based Metalized Film Average WVTR Results (from 9 separate tests)

Substrate	%RH	Average WVTR g/(m² · day)	Std. Dev.
BOPP	50	0.052	0.016
BOPP	75	0.087	0.015
BOPP	85	0.117	0.016
BOPP	90	0.149	0.030
BOPP	100	0.243	0.074

Table 2. BOPP-based Metalized Film WVTR Results (from nine separate tests)

LOS NUEVOS ESTUDIOS DE FILMS METALIZADOS CUENTAN MÁS HISTORIAS

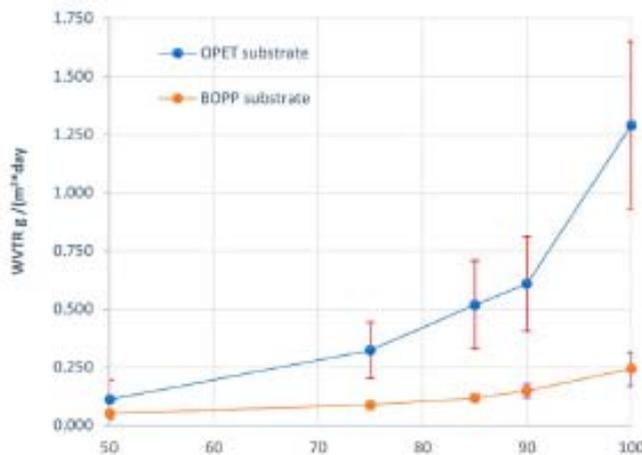


Fig 5. WVTR Comparison for OPET-based and BOPP-based metalized films

mejor consistencia, esta estructura comenzó a mostrar un comportamiento no-fickiano después del 85% de HR.

Para explicar las rupturas de barrera más severas de las basadas en OPET, podría comenzar con el PET como un polímero polar, por lo que es más probable que se una a las moléculas de agua. Por lo tanto, la capa metalizada sobre sustratos de PET podría verse comprometida más fácilmente debido a la expansión del sustrato en un ambiente de alta humedad.

El BOPP, por otro lado, es no polar e hidrofóbico, lo que lo hace más estable bajo niveles moderados de humedad. Esta film comenzó a mostrar un comportamiento no-fickiano en desafíos de HR más altos, lo que puede deberse a alguna sinergia no reconocida entre la capa metalizada y una mayor humedad.

Debido a las razones y observaciones anteriores, es fundamental analizar WVTR a la HR real para films metalizados.

No se recomienda testear WVTR en un nivel y luego extrapolar WVTR a otros niveles de HR. Para los tests de comparación de estas films metalizados, se recomienda una HR más moderada como test de gas de test (0% de HR de referencia entre los fabricantes de films metalizados y sus clientes) (por ejemplo, 70-75% de HR).

Conclusión

- Los films metalizados exhiben un comportamiento no-Fickiano a niveles de humedad más altos, por lo que no se recomienda extrapolar los resultados de WVTR a otras condiciones de humedad relativa.
- Los sustratos con naturaleza ligeramente hidrófila o polar muestran comportamientos no-fickianos más severos.
- Para evitar un impacto de HR más alto en la barrera de este tipo de film metalizada, la humedad relativa debe controlarse a niveles moderados.
- Si se necesita una alta humedad relativa, como 90% de humedad relativa, para realizar el test, es posible que se necesite más tiempo de test para que el material no-fickiano alcance el equilibrio final y revele su verdadero nivel de barrera.

VIDA ÚTIL Y LA IMPORTANCIA DE TESTEAR ENVASES ENTEROS

DIFERENCIAS DE BARRERA: MATERIALES PLANOS VS ENVASES ACABADOS

¿Sabías que...? Cuando se forma un envase con un film, los defectos creados durante el proceso de fabricación, así como durante el envío o la distribución, pueden debilitar la barrera proporcionada por el envase en su conjunto.

Introducción

La mayor parte del trabajo de I + D de envases se realiza utilizando films planos, que es esencial para identificar los materiales de embalaje adecuados. Sin embargo, cuando se forma un envase con un film, los defectos creados durante el proceso de fabricación, así como durante el envío o la distribución pueden debilitar la barrera proporcionada por el envase en su conjunto. Esto debe tenerse en cuenta durante el desarrollo o la vida útil del producto. puede ser menor de lo esperado, lo que puede generar problemas como retiradas del mercado o incluso acciones legales. Muchas empresas evitan este problema empaquetando en exceso sus productos. Esta no es una solución eficaz, ya que genera mayores costos de producción, mayores costos para el cliente y un impacto ambiental negativo. Una solución más eficaz es determinar el ratio de permeabilidad del envase terminado para garantizar que siga siendo una barrera eficaz y, al mismo tiempo, evitar los costos de empaquetado excesivo. Los siguientes estudios de caso ilustran la importancia de probar todo el envase, además de proporcionar ejemplos de cómo se puede realizar este tipo de tests.

Caso de Estudio 1: film plano frente a envase terminado

Table 1. Candidate materials

ID	Sample Structure
A	PET/ A1 / Nylon / LLDPE
B	PET / A1 / PE
C	PE T/ A1 / PETMET / PE
D	PET/ A1 / Nylon / PE
E	PE T/ PE (extruded) / A1 / PE (extruded) / PE

Table 2. Test conditions and equipment

Test Item	Test Conditions
Pouch OTR cc/(pkg·day)	Temperature: 37°C Test gas: 100% O ₂ with 90%RH
Film OTR cc/(m ² ·day)	Temperature: 37°C Test gas: 100% O ₂ with 90%RH
Pouch WVTR g/(pkg·day)	Temperature: 37°C Test gas: 100% RH water vapor
Film WVTR g/(m ² ·day)	Temperature: 37°C Test gas: 100% RH water vapor

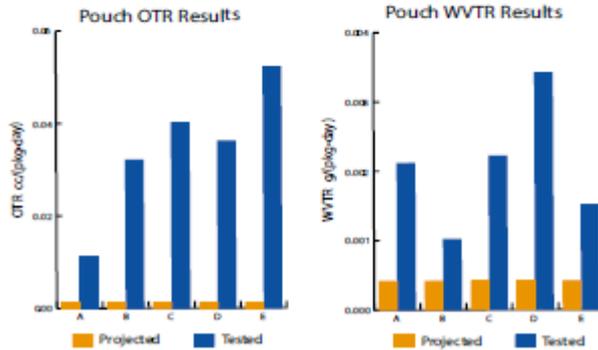
Un fabricante de fórmulas para lactantes quería cambiar del envase tradicional en bote a una bolsa flexible de varias capas. Había cinco materiales candidatos para estas bolsas, como se describe en la Tabla 1. La fórmula para bebés es sensible a la humedad y al oxígeno, por lo que el ratio de transmisión del vapor de agua (WVTR) y el ratio de transmisión de oxígeno (OTR) en las bolsas deben determinarse. Dado que el mercado de destino se encuentra en una región tropical, las condiciones de test para los films y los envases se establecieron como se describe en la Tabla 2 utilizando nitrógeno seco como gas portador.

Todos los tests se realizaron en instrumentos de test de permeabilidad AMETEK MOCON.

Table 3. Pouch test results

Material ID	OTR cc/(pkg · day)	WVTR g/(pkg · day)
Projected	0.0004	0.0004
A	0.011	0.0021
B	0.032	0.0010
C	0.040	0.0022
D	0.036	0.0034
E	0.052	0.0015

Figure 1. Projected vs. tested results



Los resultados del test de film estaban todos por debajo de los límites de detección de los instrumentos, lo que indica que eran barreras efectivas tanto para el oxígeno como para el vapor de agua. Usando estos resultados de film y el tamaño real de las bolsas, se predijo que las bolsas tendrían un OTR por debajo de 0,0004 cc / (envase x día) y un WVTR por debajo de 0,0004 g / (envase x día). Sin embargo, una vez que se testearon las bolsas completas, tanto el OTR como el WVTR fueron significativamente más altos de lo anticipado (Tabla 3).

El examen de las bolsas reveló que había defectos a lo largo del pliegue de la pared lateral del envase, lo que permitió que penetrara más vapor de

agua y oxígeno en el envase de lo esperado (Figura 1). Fue solo a través del test de las bolsas completadas que el fabricante se enteró de este problema.

ES ESENCIAL REALIZAR TEST DE PERMEABILIDAD EN TODO EL ENVASE

El proceso de test del envase

Los tests de envases funcionan con los mismos principios que los tests de films, pero requieren una configuración de test especial. La Figura 7 muestra un método común para envases de test; muestra un test que mide OTR; se puede utilizar una configuración de test similar para WVTR.

Un envase vacío se sella dentro de una bolsa o recipiente de captura y se pega con epoxi a una placa de metal con líneas de gas que entran en la bolsa y el envase. El interior del envase se purga con N y luego se introduce el gas de test en la bolsa o recipiente de captura que rodea el envase. Estas opciones tradicionales de test de envases generalmente requieren una buena cantidad de tiempo y equipo de preparación. Esto ha hecho que su ejecución sea menos sencilla, pero los resultados son cruciales para garantizar que su envase cumpla con el rendimiento necesario.

Para aliviar la carga de la preparación de muestras de envases, AMETEK MOCON tiene una serie de nuevos cartuchos de test de envases que hacen que el montaje sea rápido y fácil. Algunos eliminan la necesidad de epoxi. Además, los métodos de montaje simplificados permiten obtener resultados de test más repetibles.

Figure 7. Package testing setup

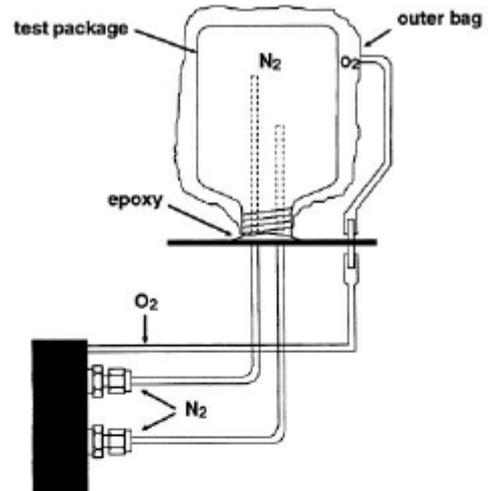


Figure 8. Variety of package testing Inside OX-TRAN 2/40 and AQUATRAN 3/40



Conclusión

El análisis de films para determinar su OW y WVTR es una parte esencial del proceso de I + D, pero los ratiios reales de permeabilidad de los envases terminados pueden ser mucho más altas debido a los compromisos y las áreas débiles causadas durante la fabricación, el envío y la distribución. Para comprender el verdadero ratio de permeabilidad y el efecto resultante sobre la vida útil de un envase, es esencial realizar tests de permeabilidad en el envase en su conjunto.

AMETEK MOCON, representada por más de 25 años por ERMEC.net, tiene los instrumentos y las soluciones para ayudar a que las tests de envases completos sean más fáciles y confiables. Como ejemplo, la Figura 8 muestra el analizador de permeabilidad de envase completo OX-TRAN 2/40 con una variedad de cartuchos de test de envase diferentes cargados que muestran la versatilidad de estas nuevas soluciones.

Caso de Estudio 3: Embalaje de retorta (retorta), tests OTR y vida útil

Figure 5. OTR pre- and post-retort

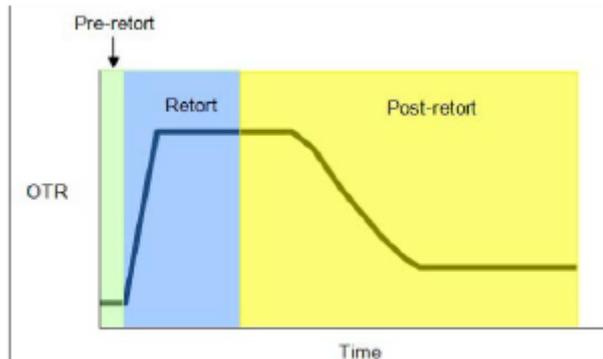
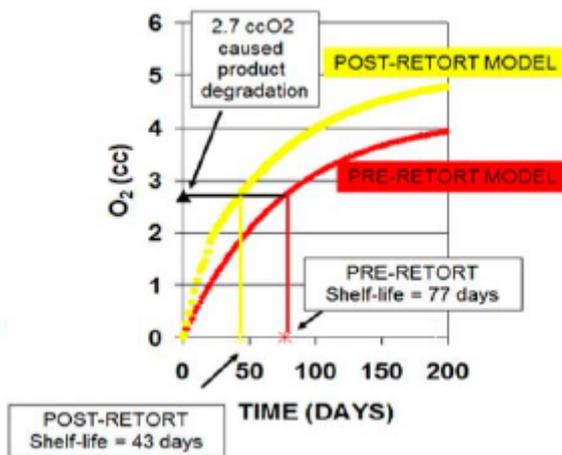


Figure 6. Shelf life prediction



La retorta es el proceso de esterilización de un producto alimenticio o bebida envasado en una olla a presión modificada que contiene agua caliente, vapor o una combinación de ambos. Durante el proceso de retorta, la barrera de oxígeno puede cambiar significativamente por exposición a altas temperaturas y humedad, como se muestra en la Figura 5. El OTR de las muestras se analizó inmediatamente después de la retorta y permaneció en test hasta que se obtuvieron los valores posteriores a la retorta.

La Figura 6 muestra el modelo de la entrada de oxígeno a lo largo del tiempo utilizando el valor OTR testado. Una OTR posterior a la retorta más alta puede reducir la vida útil del producto. Por esta razón, se deben completar los estudios posteriores a la retorta para determinar la cantidad de oxígeno que ingresa al envase después de la retorta.

BARRERAS DE ENVASE ACABADO: TAN BUENAS COMO EL ESLABÓN MÁS DÉBIL

Caso de Estudio 2: Botella versus Cierre

Figure 2:
Testing the bottle with closure



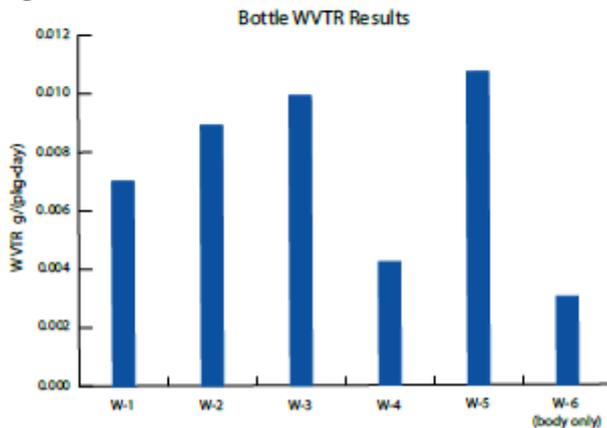
Figure 3:
Testing the bottle body



Table 4: Bottle test results

Sample Name	WVTR g/(pkg • day)
W-1 (body and closure)	0.0070
W-2 (body and closure)	0.0089
W-3 (body and closure)	0.0099
W-4 (body and closure)	0.0042
W-5 (body and closure)	0.0107
W-6 (body only)	0.0030

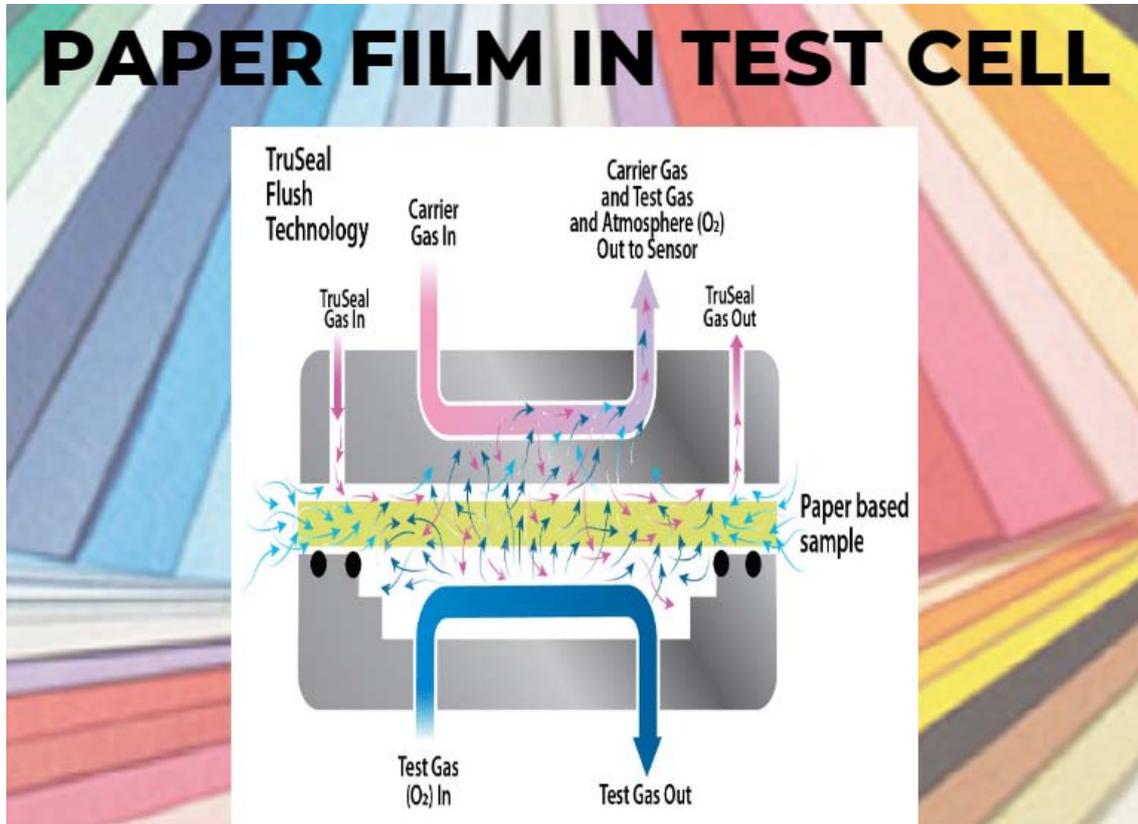
Figure 4. Bottle test results



Un suplemento para la salud se envasa en botellas de polímero con cierres de tapa simples. Se realizaron tests de permeabilidad en botellas con y sin estos cierres para determinar cómo impactan en el WVTR. Para testear botellas con cierres, se insertaron líneas de gas nitrógeno en la botella como se muestra en la Figura 2. Después de purgar el oxígeno de las botellas, se permitió que los tests se realizaran hasta el equilibrio. Para testear solo el cuerpo de la botella sin cierre, la botella se fijó a una placa de metal usando epoxi como se muestra en la Figura 3, después de lo cual se purgó de oxígeno y se dejó correr hasta el equilibrio.

La muestra W-6 (sin el cierre) mostró el WVTR más bajo, mientras que el de la muestra con el cierre fue mucho mayor debido a la permeabilidad a través del cierre (Tabla 4 y Figura 4). Es esencial en el proceso de desarrollo del envase tener esto en cuenta para que el suplemento siga siendo seguro y eficaz cuando lo use el cliente.

Mejorando soluciones en los test de permeabilidad de papel estucado



Las estructuras de barrera basadas en papel, de manera innata, han sido más difíciles de obtener datos precisos debido a su naturaleza porosa.

Dado que la permeabilidad consiste en movimientos moleculares aleatorios, una vez que el oxígeno o la humedad se mueven hacia la estructura del papel, parte del gas fluye lateralmente, lo que a menudo genera datos erróneos.

Se deben realizar los tests con la debida diligencia para garantizar un recubrimiento de barrera consistente.

Para obtener datos precisos, se debe impedir la difusión a través de los bordes de la muestra. Esto se puede hacer de diferentes formas.

El método más seguro es usar una máscara para definir el área de exposición y sellar los bordes con epoxi antes del análisis.

El enmascaramiento de doble hoja también puede ser suficiente para sellar bordes en films delgados de menos de 12mil. de espesor.

Si el papel tiene un revestimiento uniforme en ambos lados, se puede utilizar el cartucho de efecto de borde.

Para obtener más información, lea más abajo.

Este innovador cartucho de film bloquea los bordes de la muestra de la atmósfera sin el uso de epoxi de máscaras.

Los films de papel que tienen una superficie texturizada a menudo tienen fugas, lo que hace imposible obtener resultados precisos. En este caso, sellar la interfaz muestra/máscara con epoxi bloquea la difusión lateral y solo permite la permeabilidad normal a la misma superficie.

Los expertos de MOCON han proporcionado las soluciones para superar los desafíos de los test basados en papel con una guía especial sobre cómo preparar muestras de papel estucado para pruebas precisas.