

Alternativas en la producción de envases PET*

G. A. Chinni

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires,
Medrano 951 (C1179AAQ)
Buenos Aires, Argentina.

e-mail: gachinni@yahoo.com.ar

Recibido el 7 de agosto de 2006; aceptado el 20 de febrero de 2007

Resumen

En la Argentina la utilización del PET (tereftalato de polietileno) se limita principalmente a su uso en envases de bebidas, aceites comestibles, cosméticos y limpiadores, donde las botellas para gaseosas ocupan el mayor mercado. Sin embargo, es posible desarrollar otras alternativas en PET no empleadas habitualmente en la industria local. Derivados lácteos y sidras son algunas opciones frecuentes en otros mercados. Las alternativas de envase o packaging mencionadas no han sido consideradas en forma masiva en la Argentina. Este trabajo desarrolla la posibilidad de utilizar envases de PET para contener sidra y leche.

PALABRAS CLAVE: PET – ENVASES – LECHE - SIDRA

Abstract

The use of PET (polyethylene terephthalate) in Argentina is restricted principally to beverages, edible oils, cosmetics and cleaning substances, where beverage bottles represent most of this market. However, it is possible to develop other uses for PET that are not customary in local industry. Milk drinks and cider are some usual options in others markets. These alternatives for PET bottles are not considered to be significant in Argentina. This study develops the possibility of using PET bottles for cider and milk.

KEYWORDS: PET – BOTTLES – MILK - CIDER

*Trabajo realizado sobre la base de la tesis presentada por G. A. Chinni para optar al grado de Magíster en Tecnología de Alimentos, bajo la dirección de H. Herrera.

Introducción

El Tereftalato de Polietileno (PET) ha sido el quinto gran termoplástico inventado en 1975 por Nathaniel C. Wyeth durante el siglo XX (Apme, 2000). Su aplicación en gaseosas generó una verdadera revolución dentro del mundo de los envases. A comienzos de la década de los años setenta, DuPont recibió la primera licencia que contemplaba el uso del tereftalato de polietileno para la fabricación de botellas de bebidas. En 1972, DuPont y Pepsi-Cola Company llevaron a cabo la primera prueba de mercado exitosa. Sin embargo, debieron transcurrir otros cinco años, mientras se desarrollaban equipos de alta velocidad, hasta que en 1976 se lanzaron al comercio por primera vez las botellas de PET. Poco después, en 1978, Eastman ingresó al comercio por primera vez las botellas de PET verde, introducido bajo la firma registrada Kodapak (Eastman Chemical Company, 1995). Este gran cambio se debió, en gran medida, a las ventajosas propiedades que posee el PET, tales como ausencia de cementantes, barrera a los gases, seguridad para los clientes, y a su escaso peso con relación al producto adquirido, aproximadamente 50 veces menos que el líquido contenido (ARPET, 2000). Otras de las ventajas que ofrece el PET son alto brillo y claridad, resistencia química, durabilidad y, desde el punto de vista del desarrollo de productos y marketing, posibilidad de coloración, con lo cual es factible diferenciar productos y preservar mejor el líquido contenido.

Paralelamente al desarrollo y la utilización de esta particular resina plástica, resulta necesario implementar sistemas que permitan minimizar los residuos domiciliarios e industriales, reduciendo, reutilizando y reciclando, con el fin de aprovechar eficientemente los recursos energéticos disponibles, evitando de esta manera el deterioro de los recursos naturales y de los ambientes urbanos y generando sistemas productivos sustentables.

Fundamentos y antecedentes

En la Argentina la utilización del PET se limitó a los rubros de bebidas, aceites, cosméticos y limpiadores, siendo el primero de ellos el más desarrollado. A pesar del uso que ha tenido el PET en el ámbito de las gaseosas, también existen casos exitosos de utilización del PET para otros productos alimenticios todavía inexplorados en el país. Derivados lácteos y licores son algunas de las variantes empleadas en otros países. Como ejemplo de esto último puede citarse el creciente interés por elaborar yogur bajas calorías en envases de PET en Europa y la aceptación que ha tenido la leche envasada en PET por las firmas Parmalat y Cirio en Italia (PET PLANET, 2000).

Las alternativas de packaging mencionadas no han sido consideradas en forma masiva en nuestro país; por tal razón, el objetivo de este trabajo es estudiar el uso de envases de PET para sidra y leche.

Estas posibilidades tecnológicas fueron exploradas con el propósito de conocer las ventajas y las desventajas que ofrecerían a la producción nacional, teniendo en cuenta que los envases de PET ofrecen la posibilidad de diferenciar productos en el mercado, esto es, constituyen una herramienta fundamental en los aspectos técnicos y de marketing, facilitando un rápido desarrollo de nuevos diseños, volumetrías, colores y una amigable manipulación por parte de los clientes debido a su peso específico; ventajas con las cuales no cuenta el vidrio.

Un aspecto importante que se consideró en este trabajo es la generación de acetaldehído por parte de los envases de PET. El acetaldehído es un producto de degradación que puede producirse cuando se funde el PET, como sucede en el proceso de moldeo por inyección. Cantidades pequeñas de acetaldehído residual no se consideran peligrosas para los seres humanos; ocurre en forma natural en nuestros organismos y en determinados alimentos, tales como frutas cítricas. No obstante, puede afectar el sabor del contenido de los envases, como sería el caso de la leche, brindándole un sabor levemente frutado; este aspecto fue estudiado en el presente trabajo.

Otra de las propiedades que presentan los envases plásticos en general es la permeabilidad a los gases. El oxígeno desencadena procesos oxidativos en compuestos orgánicos de la sidra, cambiando así su color natural; por tal motivo se evaluó la permeabilidad a este elemento de los envases de PET a utilizar. El dióxido de carbono, al liberarse paulatinamente de la sidra, genera menor efervescencia y pérdida de presión interna; para la evaluación de este tópico se efectuaron mediciones de presión interna en las botellas de PET que fueron objeto del estudio.

Simultáneamente a esta interesante alternativa tecnológica, deben desarrollarse y fomentarse aquellas que valoren los residuos plásticos originados por la industria y el consumo domiciliario, con el fin de realizar una eficaz gestión de residuos que contribuya a mejorar la calidad de vida de las personas y permita un desarrollo económico y ambiental sustentable en el tiempo.

Desde el punto de vista ambiental, el PET es la resina que presenta mejores aptitudes para el reciclado (asignado N° 1 en la clasificación de envases

plásticos). El principal destino de los residuos post consumo es la fabricación de fibras textiles, utilizándose en la configuración de alfombras, cuerdas, cepillos, escobas, zunchos e indumentaria.

Objetivos

Con el propósito de aportar información que permitiese el desarrollo sustentable de la tecnología de los alimentos en el ámbito nacional, el principal objetivo ha sido el estudio de una tecnología todavía no adoptada masivamente por productores locales de alimentos, para lo cual se analizaron envases de PET con capacidad nominal de 1 L para ser utilizados para almacenar leche y sidra.

En consonancia con este objetivo, se plantearon los siguientes objetivos secundarios:

- 1) Estudio, por cromatografía gaseosa, de la liberación de acetaldehído residual en los envases de PET y su incidencia en las características sensoriales de la leche envasada (cambio de sabor).
- 2) Evaluación de la pérdida de dióxido de carbono de sidra envasada en botellas de PET en dos alternativas productivas posibles: envases de 44 g (mayor espesor de pared y mayor costo por unidad) y 36 g (menor espesor de pared y menor costo por unidad).
- 3) Análisis comparativos entre envases de PET y otras alternativas empleadas habitualmente en las industrias lácteas y productoras de sidra.
- 4) Análisis de información referente al reciclado del PET y otros plásticos en Argentina.

Parte Experimental

Infraestructura y equipamiento

Los ensayos de calidad, determinación de pérdida de dióxido de carbono y acetaldehído residual se desarrollaron en las instalaciones del grupo empresario Syphon S.A y Kokler Plastics, certificado por el sistema de gestión de la calidad ISO 9001/2001, el cual posee un laboratorio de control de calidad con el equipamiento necesario.

Para el análisis sensorial se contó con el apoyo estructural y técnico del Centro de Investigaciones Tecnológicas de la Industria Láctea, perteneciente al Instituto Nacional de Tecnología Industrial, INTI Lácteos.

La medición de la velocidad de transmisión de oxígeno en envases se realizó en el Centro de Investigación y Desarrollo de Envases y Embalajes del INTI, INTI Envases y Embalajes.

Plan de trabajo

■ *Ensayos de control de calidad en envases para sidra y leche.* Se tomaron muestras representativas de envases según la metodología empleada en la industria de envases y gaseosas. Estas muestras fueron sometidas a los siguientes ensayos:

- Dimensionales: Altura total, diámetros, peso de la base y espesores en zona de cuello, hombro, panel y base.
- Test de reventamiento: Se sometió a los envases a presión interna creciente hasta su colapsado y se registró luego el valor de presión final.
- Velocidad de transmisión de oxígeno: Se midió con un equipo OXTRAN MS 2/20 con sensor columbimétrico de oxígeno.

■ *Determinación de pérdida de dióxido de carbono.* Con el fin de cuantificar la descarbonatación que podría sufrir la sidra, se midió a las 24 hs y cada 2, 4, 6, 12 y 18 semanas la presión interna de los envases con dispositivos PCO, válvulas de retención y manómetro intercambiable. Se tomó la temperatura de 3 envases al azar para realizar los cálculos de volúmenes y el *shelf life* (vida útil) teórico en el programa estándar utilizado por la industria de envases de PET no retornables.

■ *Realización de curva de acetaldehído residual en envases de PET (sidra y leche).* Según la metodología empleada en la industria de envases para gaseosas, se tomaron 16 botellas de PET representativas del molde utilizado para producir las preformas y los envases. Los mismos se barrieron con nitrógeno gaseoso para eliminar otros gases e impurezas. Se dejaron tapados y en reposo durante 24 hs. Luego se analizaron diariamente mediante cromatografía gaseosa, durante 14 días, con el fin de obtener resultados de liberación de acetaldehído residual. Con dichos valores se construyó una curva que reflejó las concentraciones acumuladas de acetaldehído en los envases.

■ *Desarrollo de metodología de análisis sensorial para leche.* Sobre la base de la norma IRAM 20008 de análisis sensorial para ensayo triangular y los criterios de la industria láctea y de envases (Instituto Argentino de Normalización, 1997) se desarrolló una metodología para analizar sensorialmente la leche que contenían los envases de PET.

■ *Realización del análisis sensorial mediante paneles de degustación para leche.* En función de la metodología para análisis sensorial elaborada, se implementó la misma en el plantel experimentado en leche del INTI Lácteos.

■ *Perspectivas de los envases de PET en función de las tendencias de mercado.* Precios comparativos para envases de PET y otras alternativas de envasado habitualmente utilizadas para leche y sidra.

■ *Recopilación y análisis de información sobre el reciclado del PET y otros plásticos.* Sobre la base de datos bibliográficos y visitas a empresas se

plantea la necesidad del reciclado. Posibilidades y tendencias.

Resultados y discusión

Ensayos de control de calidad en envases para sidra y leche

Los ensayos de calidad de caracterización de los envases de 1 L para sidra y leche, arrojaron los resultados que se indican en las Tablas 1 y 2:

Tabla 1. Cuadros comparativos de resultados en características dimensionales

Características dimensionales	Envase 36 g		Envase 44 g		Diferencia entre 36 g y 44 g
	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar	
Espesor zona 1, cuello (mm)	0,42	0,09	0,52	0,10	0,10
Espesor zona 2, hombro (mm)	0,27	0,004	0,33	0,04	0,06
Espesor zona 3, panel (mm)	0,27	0,008	0,41	0,02	0,14
Espesor zona 4, panel (mm)	0,28	0,03	0,46	0,02	0,18
Espesor zona 5, talón (mm)	0,26	0,02	0,46	0,04	0,20
Espesor zona 6, pétalo (mm)	0,25	0,04	0,41	0,05	0,16
Espesor zona 7, base (mm)	0,41	0,02	0,50	0,04	0,09
Espesor zona 8, base (mm)	2,82	0,12	2,77	0,09	0,05
Peso de la base (fondo) (g)	8,0	0,7	10,4	0,7	2,4
Altura total (mm)	294,51	0,15	294,35	0,15	0,16
Diámetro en zona de hombro (mm)	82,4	0,009	82,5	0,003	0,10
Diám. en zona de panel etiq. (mm)	81,4	0,01	81,5	0,005	0,10
Diámetro en zona de talón (mm)	82,5	0,005	82,6	0,007	0,10

Tabla 2. Cuadros comparativos de resultados en ensayos

Ensayo	Envase 36 g		Envase 44 g		Diferencia entre 36 g y 44 g
	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar	
Presión de reventamiento (kg/cm ³)	13,9	0,8	13,9	0,5	0,00
Transferencia de oxígeno (cm ³ /env.día)	0,55	No aplicable	0,37	No aplicable	0,18

Tabla 3. Pérdida de dióxido de carbono durante dieciocho semanas en envases de 36 g y 44 g

Período	Pérdida de CO ₂ (respecto al volumen inicial)		
	Envase 36 g Promedio (%)	Envase 44 g Promedio (%)	Diferencia entre 36 g y 44 g
A las 24 hs	1,09	0,84	0,25
A las 2 semanas	5,11	4,58	0,53
A las 4 semanas	13,63	10,68	2,95
A las 6 semanas	15,22	12,76	2,46
A las 12 semanas	21,07	18,20	2,87
A las 18 semanas	33,12	28,90	4,22

Pérdida de dióxido de carbono

Los resultados del ensayo de pérdida de dióxido de carbono se muestran en la Tabla 3 y la Figura 1:

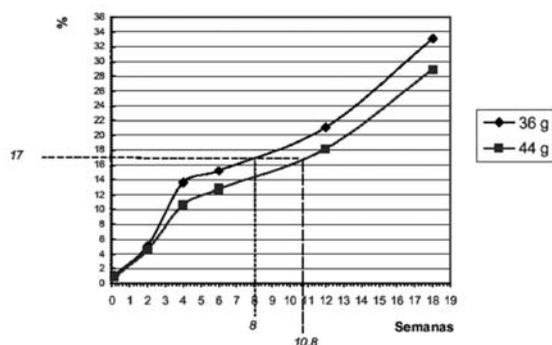


Figura 1. Pérdida de dióxido de carbono en envases de PET durante dieciocho semanas

Las diferencias encontradas en los valores de la tasa de transferencia de oxígeno y en la pérdida de CO₂ pueden atribuirse a las diferencias de espesores entre los gramajes de 36 g y 44 g. Esto estaría vinculado con aspectos referentes a variables de película, ya que, según la ley de Fick, la velocidad de penetración es proporcional al área expuesta, por lo que en estado estacionario la cantidad de gas difundido es, en general, inversamente proporcional al espesor de la película (Paine y Paine, 1994). Las zonas del panel de etiquetado, talón y pétalo fueron las que mostraron mayores diferencias (0,14 mm a 0,20 mm).

Trabajos realizados con CO₂ por Eastman (1988) con diversos modelos experimentales muestran que existe una influencia directa entre el tiempo de vida de la bebida (pérdida de carbonatación) y los espesores de los envases. Pequeños incrementos en los espesores de las paredes de los envases

aumentan notablemente la vida útil de las bebidas. Consistentemente, al disminuir los espesores decrece la vida útil de las bebidas gaseosas.

En la curva de pérdida de CO₂ se presenta claramente el comportamiento de los envases de 1 L de 36 g y 44 g durante 18 semanas. Las mayores pérdidas se registraron durante las 4 primeras semanas. También se vio que a partir de la semana 2 comienza a evidenciarse la influencia de los espesores de pared originados por los distintos gramajes. Posteriormente, en la semana 18, las diferencias en la pérdida de CO₂ fueron del 4,22%. El tiempo de vida útil de las bebidas carbonatadas en PET, como es el caso de la sidra, depende de varios factores. El dióxido de carbono escapa de las bebidas por diversos mecanismos y la magnitud de dicha pérdida es compleja. La expansión inicial de los envases debido a la presión interna genera espacio adicional sobre el límite de llenado. Este espacio adicional se completa con el CO₂ que luego escapa de la bebida. Según trabajos realizados por Eastman (1988), durante las primeras 24 hs es donde más se evidencia este fenómeno.

La absorción del CO₂ en las paredes del envase es otro de los mecanismos iniciales que afecta a la carbonatación. Sin embargo, la permeabilidad es el proceso más importante, ya que es el responsable del 80% del total de CO₂ perdido (Eastman, 1988). En consecuencia, diversos esfuerzos tecnológicos se han hecho a través del tiempo para minimizar las pérdidas por permeabilidad. Como ejemplo pueden citarse la variabilidad en gramajes de preformas disponibles en el mercado, las nuevas tecnologías multicapa y los tratamientos con carbono amorfo rico en hidrógeno (Sidel News, 2000).

Las tapas de los envases pueden producir fuga de CO₂, aunque no suele considerarse como un mecanismo importante debido a que alcanza valores casi despreciables en procesos controlados.

Tabla 4. Mecanismos de pérdida de dióxido de carbono en bebidas gaseosas. (Tomado de Eastman Polyester Plastics For Packaging, 1988)

Mecanismo	Pérdida de CO ₂ (%)	
	Envase 0,5 L	Envase 2 L
Expansión inicial	0,5	1,1
Pérdida de agua	0,5	0,3
Absorción	2,0	0,8
Tapa	0,3	0,1
Subtotal	3,3	2,3
Permeabilidad	11,7	12,7
Total	15,0	15,0

La industria de bebidas y afines tiene como norma aceptar hasta el 17% de pérdida de CO₂. Al comparar las curvas experimentales en el límite establecido, el período de vida útil para la sidra es de 8 semanas para los envases de 36 g y 10,8 semanas para los envases de 44 g, a 22 °C ± 1° C. Si se comparan estos últimos valores con los resultados de shelf life teórico arrojado por el programa de cálculo utilizado en la industria de bebidas, encontramos que el producto envasado en 36 g puede almacenarse hasta 8,3 semanas y en 44 g hasta 10,2 semanas.

El oxígeno posee un coeficiente de permeabilidad 4 a 6 veces menor que el CO₂, lo cual se debe a las diferencias que existen entre las constantes físicas de estos gases relacionadas con la facilidad de condensación (Paine y Paine, 1994); no obstante, se observó cambio de color por oxidación de compuestos orgánicos (oscurecimiento) en la sidra envasada en 36 g a partir de la semana 12. Este deterioro se habría originado por la mayor transferencia de oxígeno hallada en dichos envases (0,55 cm³/env.día), que estaría relacionada con el menor espesor de pared.

De los resultados experimentales obtenidos, y a la temperatura del ensayo, se observa que la sidra

envasada en botellas PET de 36 g, de menor costo unitario, podría emplearse en mercados de alta rotación hasta 8 - 8,3 semanas, mientras que las botellas PET de 44 g serían útiles para realizar stocks de venta hasta aproximadamente 10,2 - 10,8 semanas antes de ser consumidas. Estas diferencias en 44 g, cercanas a las dos semanas, podrían incrementar las ventas en 400.000 a 500.000 unidades durante el período crítico próximo a las fiestas de Navidad y Año Nuevo, pero dependerán de la capacidad productiva y de almacenaje, así como del manejo de la logística de la empresa.

Los resultados obtenidos pueden ser tomados en consideración por los elaboradores de sidra con el fin de organizar sus producciones para mantener la calidad de sus productos y maximizar su renta.

Curva de acetaldehído residual en envases de PET

Luego de analizar 16 envases de 1 L durante dos semanas se obtuvieron los resultados que se muestran en la Tabla 5:

Tabla 5. Acetaldehído residual acumulado (R.A.), promedio 16 envases

Día	Acetaldehído R.A. (µg/L)	Desviación estándar
1	0.937	0.062
2	1.471	0.130
3	1.759	0.130
4	1.880	0.076
5	1.989	0.078
6	2.066	0.092
7	2.115	0.119
8	2.096	0.097
9	2.105	0.110
10	2.099	0.095
11	2.098	0.104
12	2.094	0.105
13	2.002	0.058
14	1.909	0.061

Con los datos de la Tabla 5 se realizó la curva de acetaldehído residual acumulado que se muestra en la Figura 2:

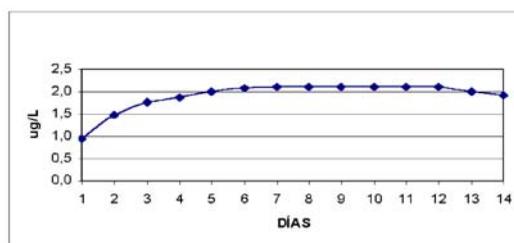


Figura 2. Curva de acetaldehído residual

La curva generada muestra que a partir del día 7 las concentraciones de acetaldehído acumulado permanecieron relativamente constantes en valores cercanos a 2 µg/L. Similares resultados fueron encontrados en otras plantas elaboradoras de bebidas (Lascano, comunicación personal). Este comportamiento se tomó como antecedente para las pruebas de análisis sensorial de leche en PET. Para dicho ensayo se consideró una semana como el período adecuado de almacenamiento de las muestras antes de ser degustadas.

Como se ha visto en la parte teórica, los factores que intervienen en la generación de acetaldehído son complejos. En trabajos realizados sobre migración en PET bajo diversas condiciones (Ashby, 1988), se encontró que, luego de haber sido analizados envases durante 8 y 10 días, los niveles de acetaldehído por migración en agua eran menores a 50 y 15 ppb, respectivamente. En dicho trabajo se concluye que, en general, los envases de PET tienen muy bajos niveles de migración cuando son probados con diferentes simulantes¹, tanto en bajas como en altas temperaturas.

Análisis sensorial mediante paneles de degustación para leche

Los resultados obtenidos por los 12 panelistas que realizaron 2 triángulos cada uno se presentan en las Tablas 6 y 7:

Al considerar las 24 respuestas totales y las 10 respuestas correctas, según la tabla del ensayo triangular de la norma IRAM 20008:1997, no se encontraron diferencias significativas en ningún nivel (entre 5% y 0,1%). Esto indicaría que los valores cercanos a 2 µg/L encontrados en los envases de PET no provocaron alteración alguna en el sabor de la leche.

En ciertas bebidas y aguas minerales de altísima calidad el acetaldehído puede alterar el sabor natural de éstos. Para el caso de la leche, se encontró que el nivel de acetaldehído se incrementa por oxidación y exposición a la luz, sumado al aporte de la migración del PET; no obstante, este efecto no fue detectado por panelistas especializados (Van Aardt y colaboradores, 2001), por lo que este trabajo confirma esos resultados en el ámbito local.

En resumen, conforme a la metodología empleada, los resultados obtenidos demostraron que un panel especializado en leche no encontró diferencias gustativas en la leche envasada en PET.

Tabla 6. Codificación utilizada por tipo de envase y triángulo

	VIDRIO (A) código	PET (B) código
1er TRIANGULO	293	425
	579	721
2do TRIANGULO	154	386
	960	842

Tabla 7. Resultados obtenidos por los 12 panelistas

Panelista	1er TRIANGULO				2do TRIANGULO			
	Muestras		Aciertos		Muestras		Aciertos	
1	293	721*	579	SÍ	386	842	154*	SÍ
2	579	293	721*	SÍ	386	960*	842	SÍ
3	425	579*	293	NO	960*	386	842	SÍ
4	425	579	293*	NO	154*	842	386	SÍ
5	721	425*	579	NO	386*	154	960	SÍ
6	425	721	293*	SÍ	386	154*	960	NO
7	293*	721	425	SÍ	154*	842	960	NO
8	425	579*	721	SÍ	154	960*	842	NO
9	579*	721	293	NO	842*	386	960	NO
10	293*	579	425	NO	842*	154	386	NO
11	425	293	721*	NO	960*	154	842	NO
12	579	425*	721	NO	960	386	154*	NO
Respuestas correctas	10							
Respuestas totales	24							

* Muestra elegida por el panelista.

¹Simulante, en el ámbito de los envases y los plásticos, es un compuesto que se utiliza para realizar ensayos vinculados a migración o "desprendimiento" por parte del envase plástico.

Conclusiones

Para el caso de la sidra y con el objetivo de evaluar las pérdidas de CO₂, los resultados demostraron que es posible utilizar diversos envases y pesos de envases de PET, como ocurrió en el caso de las bebidas gaseosas. Se encontró que es viable emplear envases de 1 L de PET de 36 g hasta 8 - 8,3 semanas. Para prolongar la vida útil de la sidra pueden utilizarse botellas de 44 g hasta 10,2 - 10,8 semanas. Esta diferencia se debe a que con mayores espesores de pared se logra menor permeabilidad a los gases. Luego de los períodos recomendados se observó cambio de color (oscurecimiento) por oxidación de compuestos orgánicos en la sidra envasada en 36 g, debido a la mayor transferencia de oxígeno. Estas alternativas pueden ser consideradas por quienes deseen emplear botellas de PET para sidra. Si bien se ha presentado la mencionada limitación respecto a la vida útil de la sidra, dentro de los períodos y temperaturas ensayadas hay importantes ventajas para la industria sidrera en caso de utilizar envases de PET; éstas serían: higiene, seguridad para el consumidor, alta productividad, no requieren lavado ni una logística especial y tienen un mejor aprovechamiento del lugar de almacenaje y transporte.

Los envases de PET para sidra tuvieron un costo menor respecto al vidrio, del orden del 18 % al 24%, según el gramaje a utilizar. La diferencia es importante, aunque se debe aclarar que los envases de vidrio tienen una vida útil que va de uno a dos años, período en el cual se amortizan.

Los aspectos tecnológicos y el costo de los envases presentan al PET como una adecuada opción para ser adoptada por las empresas sidreras. Sumado al costo de los envases, también es importante considerar las posibilidades técnicas, operativas y de mercado que cada industria debe tener en cuenta.

El empleo de envases de PET para leche fue otra de las alternativas evaluada, para lo cual se planteó como objetivo estudiar el posible cambio de sabor por migración de acetaldehído. Luego de analizar cromatográficamente envases de PET durante dos semanas, se obtuvieron los resultados necesarios para realizar la curva de acetaldehído residual acumulado. A partir del séptimo día las concentraciones de acetaldehído acumulado permanecen constantes en valores cercanos a 2 µg/L. Este comportamiento se tomó como antecedente para las pruebas de análisis sensorial de leche en PET, considerando a una semana como el período adecuado de almacenaje para las muestras a ser degustadas. Este lapso también está dentro del período de vida útil para leche pasteurizada, ya que existen antecedentes en Europa y Estados Unidos al respecto.

En el ensayo de análisis sensorial, fundamentado en la norma IRAM 20008:1997, no se encontraron diferencias significativas en ningún nivel (entre 5% y 0,1%). Conforme a la metodología empleada de análisis sensorial y a los bajos niveles de acetaldehído encontrados en los envases, no se encontraron diferencias gustativas en la leche envasada en PET. Por lo que este aspecto no se presenta como un impedimento para la adopción de esta tecnología.

Si se deseara utilizar el PET para contener leche larga vida, se debe tener especial cuidado con la exposición prolongada a la luz ultravioleta, la cual podría producir pérdida de vitaminas y alteración del sabor. De todos modos, existen filtros específicos y colorantes (ámbar, blanco) que pueden emplearse para prolongar la vida útil de la leche y que las empresas deberán evaluar de acuerdo al manejo que le brinden a sus productos, aunque el costo final del envase se puede incrementar en un 10 %. Desde el punto de vista tecnológico también es importante mencionar la propiedad barrera del PET a los gases, ya que es muy superior a la del polietileno de alta densidad.

En la actualidad, el principal inconveniente que presenta el PET en Argentina es su alto costo frente a otras alternativas, como el PEAD (polietileno de alta densidad) y el Tetra Pak, ya que se encuentran diferencias de hasta el 18% entre el primero y estos dos últimos. Este aspecto podría retraer la adopción del PET para contener leche. Sin embargo, podría considerarse su utilización en productos especiales como bebidas lácteas y leches saborizadas de mayor valor, donde su costo se vería justificado. Para posicionar a la leche como una bebida, las empresas lácteas deberían orientar sus esfuerzos para lograr este objetivo. El sector lácteo argentino podría observar el desarrollo que ha tenido el PET para lácteos en otros países y considerar las posibilidades en cuanto a diseños y alternativas de marketing que se presentaron en la Argentina durante los últimos años, como las innovaciones en formas, volúmenes y colores en los rubros de limpiadores, aceites y bebidas. Con el PET es posible lograr envases con un brillo singular, cualidad que le brindaría a los clientes la sensación de pureza, limpieza y salud. Estas características, además del precio y de cuestiones de diseño, son las que motivan a los clientes a tomar un producto en góndola y a dejar otro menos "atractivo".

Las empresas dedicadas a la tecnología del PET han desarrollado importantes innovaciones que merecen ser mencionadas. Para mejorar aún más las propiedades barrera se han generado envases multicapa y los sistemas ACTIS, que logran un depósito interno de carbón amorfo rico en hidrógeno en una botella de PET estándar. Desde el punto de vista de la calidad y seguridad sanitaria de los productos, se han desarrollado sistemas "combi" o

integrados que conjugan el soplado, llenado y tapado dentro de una sola unidad, donde el conjunto de las funciones se efectúa en un recinto único, compacto, controlado y aislado del entorno exterior (SIDEL, Francia).

Otro objetivo de interés, con relación al PET, el cual se desarrolló especialmente en un anexo del trabajo original de tesis y que por motivos de espacio no se incluyó en esta publicación, es la cuestión ambiental. El uso de material reciclado que luego deba permanecer en contacto directo con alimentos no está permitido por las reglamentaciones MERCOSUR, debido al riesgo de migración de contaminantes. No obstante, el Código Alimentario Argentino y la Legislación MERCOSUR permiten el uso de envases multicapa de PET para gaseosas, donde es posible utilizar una capa interna de material virgen y otra intermedia de material reciclado.

La deposición de los residuos plásticos en rellenos sanitarios no es recomendable. La opción es el reciclado en otros productos, y cuando por razones económicas o de calidad sea inviable, la recuperación del contenido energético como combustible puede ser la alternativa más práctica.

El plástico, el más joven de los materiales de consumo intensivo, ha contribuido a mejorar nuestra calidad de vida. La industria plástica ya está generando respuestas para el desafío ambiental que representan sus residuos. En el ámbito local y mundial, el reciclado mecánico, que consiste en moler, lavar, cristalizar y secar el PET recuperado, es un ejemplo de esto último. También el reciclado químico, donde se debe moler, lavar y someter al material reciclado a reacciones químicas de despolimerización, es otra de las posibilidades a tener en cuenta. En un mundo que explota cada vez más intensivamente los recursos naturales y que aumenta cada día más sus residuos, es necesario, por razones ecológicas y económicas, el aprovechamiento del PET, así como de otros plásticos.

Lo expuesto brinda herramientas para ser consideradas por los productores, industriales y profesionales relacionados con las industrias lácteas, sidreras y productoras de envases para alimentos de la Argentina. En el caso del PET, cada empresa deberá evaluar, de acuerdo a sus posibilidades técnicas, financieras, económicas y comerciales, si organizará toda la cadena productiva de los envases de PET, o sólo una parte de ella; esto es, si producirá preformas y/o envases. Una alternativa sería la de incorporar paulatinamente ciertos productos, quizás nuevos sabores, y organizar sondeos de mercado con los cuales se podrían realizar posteriores mejoras y ajustes. De esta manera se ampliaría el uso del PET en alimentos, ya que se lo consideraría como una opción especial y complementaria dentro de los

materiales para el envasado de sidra, leche y derivados lácteos de valor comercial y alta calidad.

Agradecimientos

Se agradece la colaboración brindada por: Daniel Verdura y Arturo Torres, de la empresa Syphon-Kokler; Hebe Herrera y Marina Rascovsky, del Centro de Investigación y Desarrollo de Envases y Embalajes del INTI; Roberto Castañeda, Haydé Montero y Germán Aranibar, del Centro de Investigaciones Tecnológicas de la Industria Láctea, perteneciente al INTI; Francisco Lascano, de Röder TEC; Ronald Rivero, de Sancor Cooperativas; Ana Marando, de Squartini y CIA S.R.L.

Referencias

- APME (2000). *Annual Report*.
- ARPET, ASOCIACIÓN CIVIL ARGENTINA PRO RECICLADO DEL PET (2000) *Boletín informativo*. Bs. As.
- ARPET (1999) *Manual Petcológico*. 2^{da} edición, Bs. As.
- ASHBY, R. (1988) *Migration from polyethylene terephthalate under all conditions of use*. Food additives and contaminants, Vol. 5, supplement N° 1.
- CHINNI, G. A. (2004) *Alternativas en la producción de envases para leche y sidra. El caso del PET en la Argentina*. Tesis de Maestría. universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires.
- EASTMAN CHEMICAL COMPANY (1995) *Publicación TRC-S107A*.
- EASTMAN POLYESTER PLASTICS FOR PACKAGING (1988) *Publicación TR-93*.
- INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN (1997) *Norma IRAM 20008*. Buenos Aires.
- PAINE, F. A.; PAINE, H. Y. (1994) *Manual de Envasado de Alimentos*. Ediciones A. Madrid Vicente.
- PET PLANET (2000) *Public. N° 3*.
- SIDEL NEWS (2000).
- VAN AARDT, M.; DUNCAN, S. E.; MARCY, J. E.; LONG, T. E.; HACKNEY, C. R. (2001) *J. Dairy Sci.* 84,1341.