



Envases alimentarios fabricados a partir de PET reciclado: validación de las tecnologías y aptitud sanitaria de los productos

Ariosti, A.⁽¹⁾; Fernández, M. R. ⁽¹⁾; Fernández, G.⁽¹⁾; Nonzioli, A.⁽²⁾; Moser, A.⁽³⁾; Alonso, E.⁽⁴⁾; Cremona, M. C.⁽⁵⁾; Rivera, M. J.⁽⁶⁾

⁽¹⁾INTI-Plásticos

⁽²⁾SAGPyA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos) - Ministerio de Economía y Producción

⁽³⁾INAL (Instituto Nacional de Alimentos) - ANMAT - Ministerio de Salud y Medio Ambiente

⁽⁴⁾SENASA (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria) - Ministerio de Economía y Producción

⁽⁵⁾ANMAT (Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica) - Ministerio de Salud y Medio Ambiente

⁽⁶⁾Subsecretaría de Defensa del Consumidor - Ministerio de Economía y Producción

Des

Introducción

El polietilentereftalato (PET) está reemplazando cada vez más al vidrio en el envasado de bebidas de consumo masivo (gaseosas, aguas minerales y saborizadas, jugos, productos alcohólicos, etc.) ^{[1], [2]}. A raíz de una mayor toma de conciencia sobre el medio ambiente y para cumplir los requisitos de la Legislación sobre el cuidado del mismo en Europa y EE.UU., diversas empresas han desarrollado en los últimos veinte años tres tipos novedosos de envases: las botellas de PET retornables; las botellas de PET multicapa conteniendo material reciclado en la capa intermedia y barrera funcional virgen en contacto con el alimento; y las botellas de PET monocapa conteniendo material reciclado descontaminado en contacto directo con el alimento ^{[3], [4], [5]}.

En los dos primeros casos el INTI desarrolló la metodología de evaluación de la aptitud sanitaria de estos envases y colaboró en la generación de la Legislación argentina y MERCOSUR sobre los mismos, en los años 1992-1993 y 1996-1997, respectivamente. El tercer tipo de botellas es producto de procesos denominados "botella a botella" ("*bottle-to-bottle*"), los cuales hacen uso de tecnologías variadas y complejas de descontaminación (*supercleaning*) del PET.

El PET recuperado de los residuos sólidos domiciliarios y descontaminado (PET-PCR (PET post-consumo reciclado)), de grado alimentario, es un producto de mayor valor agregado que el PET recuperado destinado a la industria textil, local o del exterior.

Con el uso de materiales reciclados en contacto con alimentos, surge el problema de la posible presencia de contaminantes absorbidos en los plásticos, que pueden ser de tres tipos ^{[3], [4], [5]}:

—restos de producto envasado original;

—sustancias residuales, debido al mal uso del envase por parte del consumidor con productos distintos del original (pesticidas, herbicidas, combustibles, etc.);

—posibles productos de degradación térmica de las sustancias anteriormente mencionadas, así como de aditivos, otros componentes no poliméricos y resina base, durante el reciclado.

Estos contaminantes pueden luego migrar desde el nuevo envase al alimento, generando un riesgo para la salud del consumidor y/o ser causa de alteraciones sensoriales inaceptables del producto envasado ^{[3], [4], [5]}.

El Código Alimentario Argentino, en el Artículo 212, y la Resolución GMC N° 56/92 del MERCOSUR (párrafo 9), prohíben en general el uso de material plástico obtenido por reciclado en contacto con alimentos. Otras legislaciones tampoco autorizan esta aplicación ^{[1], [3]}.

Desde hace varios años se viene realizando un gran esfuerzo en la investigación de la aptitud sanitaria tanto de envases plásticos reciclados, como de envases retornables destinados a contener alimentos. Uno de los materiales más estudiados es el PET, por la posibilidad de su reciclado masivo a partir de los residuos sólidos

domiciliarios y de desecho industrial [6], [7], [8], [9].

En el caso de PET-PCR destinado a fabricar botellas monocapa, se debe demostrar que la descontaminación rigurosa del material logra disminuir la concentración de los posibles contaminantes en los copos o pellets a valores por debajo de límites establecidos y seguros, o que los restos de los mismos migran desde los envases en cantidades tales que no constituyan un riesgo para la salud del consumidor ni puedan alterar los caracteres sensoriales de los alimentos. Estos límites, tanto de composición en masa del PET-PCR, como de migración, derivan del **umbral de regulación** (*threshold of regulation* (TOR)), establecido en 1995 por la Food and Drug Administration (FDA) de EE.UU., que es de 0.5 ppb ($\mu\text{g}/\text{kg}$ de alimento) (en base dietaria) [10], [11].

La efectividad de las tecnologías de descontaminación de plásticos se determina validándolas con ensayos de desafío (*challenge tests*), según las recomendaciones de la FDA de EE.UU. [10], [11], y del ILSI (International Life Sciences Institute) en el ámbito europeo [12], del siguiente modo secuencial:

—contaminar ex – profeso los envases plásticos molidos con una mezcla de contaminantes modelo (*surrogates*), representativos de los distintos tipos posibles de contaminantes (polares, no polares, volátiles, no volátiles, metálicos, etc.), en condiciones normalizadas de tiempo y temperatura que promuevan su máxima absorción en el PET;

—someter el material así contaminado a la tecnología de descontaminación en evaluación;

—analizar el material descontaminado, para determinar el contenido de contaminantes remanentes. En el caso particular de PET-PCR, la concentración de cada contaminante modelo en el material no debe superar las 220 ppb ($\mu\text{g}/\text{kg}$).

—o alternativamente, fabricar envases con el material plástico descontaminado, y someterlos a ensayos de migración específica de los contaminantes modelo con los simulantes del alimento a envasar, en condiciones normalizadas de tiempo y temperatura. En el caso particular de PET-PCR, las migraciones específicas no deben superar las 10 ppb ($\mu\text{g}/\text{kg}$) en los simulantes (para cada contaminante modelo).

Si se cumplen estos límites, la FDA de EE.UU. emite Cartas de no objeción (*No objection letters* (NOL)), y las autoridades sanitarias europeas emiten Aprobaciones o Decisiones referentes a su uso, que validan el uso de ese tipo de tecnologías y envases.

En algunos países de Europa existe Legislación que autoriza el uso de los envases monocapa de PET –

PCR descontaminado, aunque a nivel de la Unión Europea todavía no se cuenta con una Legislación armonizada [1], [4], [12]. Ni en el país, ni en el MERCOSUR existe Legislación ad-hoc, pero hay interés de la industria en estas tecnologías.

En un trabajo previo (2002-2004), en el marco del Proyecto de Aptitud Sanitaria de Materiales Plásticos de INTI-Plásticos, se utilizó PET-PCR tratado mediante una tecnología norteamericana en la cual la descontaminación se produce con un ataque químico controlado sobre los copos (*flakes*) obtenidos por molido de botellas de PET post-consumo, con depolimerización parcial del polímero y arrastre de los potenciales contaminantes presentes en la superficie de los mismos. Como las operaciones posteriores son tratamientos físicos, la tecnología se denomina híbrida. Con el PET-PCR descontaminado mezclado con PET virgen se fabricaron botellas monocapa por inyección-estirado-soplado (botellas U). Se realizó la evaluación de la aptitud sanitaria de estos envases y un estudio cromatográfico del perfil de compuestos volátiles de materias primas y botellas. Los resultados fueron presentados en las 5as. Jornadas de Desarrollo Tecnológico del INTI en 2004 [13].

En un segundo trabajo (2004-2005), en el marco del mismo Proyecto, se trabajó con envases fabricados con PET-PCR tratado con una combinación de dos tecnologías europeas: un pretratamiento de lavado (tecnología italiana), seguido de la descontaminación propiamente dicha (tecnología suiza). Todas las operaciones son tratamientos físicos, y el producto final son granos (*pellets*) de PET-PCR descontaminados cristalizados, que se mezclan en cantidades variables con pellets de PET virgen. Se evaluó esta tecnología combinada, con especial énfasis en su eficiencia de descontaminación, y se estudió la aptitud sanitaria de las botellas obtenidas (botellas SB), obteniéndose además los perfiles de compuestos volátiles de materias primas y botellas, por cromatografía gaseosa.

El objetivo del presente trabajo fue la obtención y consolidación de conocimientos que permitieran la generación de la Legislación MERCOSUR necesaria para la autorización del uso de las botellas recicladas monocapa fabricadas con PET-PCR descontaminado en la región.

Metodología

Aproximadamente 10 toneladas de fardos de botellas de PET post-consumo de procedencia argentina se enviaron a Francia, donde fueron sometidas al proceso de descontaminación de la tecnología SB en la planta de Amcor PET Packaging (Beaune, Francia) (*Ver Fotos 1 y 2*). Cabe destacar que la salida del material del país

fue autorizada por la Secretaría de Medio Ambiente de la Nación, sobre la base de una evaluación de ecotoxicidad favorable realizada en el INTI (demostrándose que las botellas recuperadas no eran un residuo peligroso), cuyo informe fue tomado por dicha Secretaría como referencia técnica.



Foto 1. Molido de botellas de PET post-consumo, de origen argentino.



Foto 2. Pellets de PET-PCR descontaminados cristalizados.

Una parte de los pellets de PET-PCR descontaminados cristalizados se envió de vuelta al país. Con otra parte, se prepararon mezclas de 10 y 30% de PET-PCR con PET virgen de marca Voridian CHDA, que se usaron para inyectar preformas en la planta piloto de Plastic Technologies, Inc. (PTI-Europe) (Yverdon-les-Bains, Suiza), en una inyectora Arburg 370C (Ver Foto 3). Estas se soplaron para obtener botellas monocapa de 2 L de capacidad, en la sopladora Sidel de la planta piloto de PTI-Europe (Ver Foto 4).



Foto 3. Preforma fabricada con 10% de PET-PCR descontaminado y PET virgen



Foto 4. Botellas fabricadas con 10 y 30% de PET-PCR descontaminado y PET virgen.

1. Evaluación de la aptitud sanitaria de las botellas SB.

Se aplicó en INTI la misma metodología descrita en un trabajo anterior ^[13], realizándose los siguientes ensayos:

— **Identificación de polímero** por espectrometría de transmitancia en el infrarrojo en un equipo FTIR Nicolet OMNIC, y por resonancia magnética nuclear de protón, en un equipo Bruker Avance DPX400.

— **Verificación de inclusión de polímero en listas positivas del MERCOSUR.**

— **Migración total de componentes**, según Resolución GMC 36/92 del MERCOSUR y Norma EN 1186:2002 de la Unión Europea, utilizando (a) simulante de alimentos acuosos no ácidos ($\text{pH} > 5$): agua destilada; (b) simulante de alimentos acuosos ácidos ($\text{pH} \leq 5$): solución de ácido acético al 3 % m/v en agua destilada; (c) simulante de alimentos acuosos alcohólicos y alternativo de alimentos grasos (Unión Europea): solución de etanol al 95 % v/v en

agua destilada; (d) simulante de alimentos grasos (MERCOSUR): n-heptano. Las condiciones de contacto fueron para los simulantes (a), (b) y (c): 10 días a 40°C; para el simulante (d): 30 minutos a 23°C.

—**Migración específica de ácido tereftálico** (TPA), por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC).

—**Migración específica de etilenglicol (EG) y de dietilenglicol (DEG)**, por cromatografía gaseosa (GC), técnica head-space.

—**Migración específica de metales pesados**, en el simulante (b), por espectrometría de absorción atómica.

2. Perfil de compuestos volátiles.

Además, tal como se efectuó en un trabajo anterior^[13], para verificar la eficiencia de la descontaminación, se obtuvo el **perfil de compuestos volátiles** de copos sin descontaminar pero pretratados por lavado; pellets descontaminados amorfos; pellets descontaminados cristalizados; botellas de PET virgen Voriidán CHDA; botellas con 10% y 30% de PET-PCR (botellas SB), y botellas con 10% y 30% de PET-PCR (botellas U). Se utilizó cromatografía gaseosa (GC), técnica head-space, trabajando con 2 g de muestra en viales de 10 mL, calentados a 100°C durante 1 hora.

Sistema cromatográfico: columna DBWAX, longitud 30 m, diámetro 530 µm; temperatura inicial: 40°C; tiempo inicial: 0 min.; gradiente: 5°C/min.; temperatura final: 250°C; tiempo final: 5 min.; temperatura de detector (FID): 260°C; temperatura del inyector: 250°C; condiciones de head-space: temperatura de termostatación 100°C, tiempo de termostatación, 60 min.

3. Evaluación de eficiencia de la tecnología de descontaminación SB.

Por otro lado se evaluaron los ensayos de validación (*challenge tests*) de la tecnología de descontaminación que se realizaron en la planta piloto de la empresa titular de la tecnología en la sede central en Uzwil, Suiza, y en el **Fraunhofer Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung (IVV)** (Fraunhofer Institute for Process Engineering and Packaging), de Freising, Alemania. Estos consistieron en contactar PET post-consumo con contaminantes modelo según protocolos de la FDA de EE.UU.^[11], someterlo al proceso de descontaminación en planta piloto, fabricar botellas a partir de mismo, efectuar ensayos de migración específica de los contaminantes modelo con ellas, y comparar los valores obtenidos con el límite de migración específica de contaminantes modelo (10 ppb), parámetro derivado del umbral de regulación establecido por la FDA de EE.UU.^[11].

4. Generación de Legislación MERCOSUR (Reglamento Técnico de envases de PET-PCR descontaminado).

En Argentina y el MERCOSUR, este tipo de envases todavía no está aprobado para su uso en contacto con alimentos. Sin embargo, en el párrafo 9 de la Resolución GMC N° 56/92 (Reglamento Técnico MERCOSUR marco sobre envases plásticos para alimentos) se establece que: "La Comisión de Especialistas del MERCOSUR podrá estudiar procesos tecnológicos especiales de obtención de resinas a partir de materiales reciclables", si la solicitud se presenta ante la misma, a los efectos de su aprobación.

En Argentina, por recomendación de la **Comisión Nacional de Alimentos (CONAL)** (Acta N° 63 de la Reunión Plenaria de octubre de 2004), se formó la **Comisión de Resinas Recicladas**, en la que participan los autores.

El trabajo experimental realizado en INTI y la experiencia adquirida con la evaluación técnica de las dos tecnologías de descontaminación (2002-2005) permitieron lograr un cúmulo de conocimientos, que sustentan la capacidad de la Comisión de expedirse con fundamento sobre el tema.

Esta Comisión emitió en abril de 2005 un dictamen favorable al uso de este tipo de envases, que incluyó una propuesta de inclusión del "**Reglamento Técnico para envases de PET monocapa reciclados (único uso) destinados al envasado de alimentos**", en el Código Alimentario Argentino, capítulo IV. Este dictamen fue presentado en la reunión plenaria de la CONAL de abril de 2005, y fue sometido a un proceso de consulta pública de 6 meses, a nivel nacional e internacional.

A posteriori se estudiaron los antecedentes de una tercera tecnología de obtención de PET-PCR descontaminado, también híbrida (denominada E en este trabajo), oportunamente presentados ante la CONAL, para su consideración.

Atento a ello, para consolidar el tema en el país, y a los efectos de elevar la propuesta final al ámbito del MERCOSUR, la Comisión de Resinas Recicladas, en una segunda etapa del trabajo (2006), amplió el alcance de la propuesta de Reglamento original, para dar cabida en un marco general a la tercera tecnología (E) en estudio, y a otros tipos de envases, tomándose en cuenta además los aportes surgidos durante el proceso de consulta pública antes mencionado. Entre ellos cabe mencionar una respuesta favorable por parte de las autoridades de la Unión Europea (EC Notification Authority, Bruselas, Bélgica, noviembre de 2005).

El objetivo de esta segunda etapa fue la redacción de la propuesta de “Reglamento Técnico MERCOSUR sobre envases de polietilentereftalato (PET) postconsumo reciclado grado alimentario (PET-PCR grado alimentario) destinados a estar en contacto con alimentos”.

La propuesta argentina fue presentada en julio de 2006 en el ámbito del MERCOSUR. La misma fue tratada en la reunión extraordinaria del Grupo ad-hoc Envases y Materiales en contacto con alimentos – Comisión de Alimentos – SGT 3, en Rio de Janeiro, Brasil (agosto de 2006); en la reunión ordinaria en Asunción del Paraguay (marzo de 2007); y en la reunión extraordinaria en Buenos Aires (junio de 2007).

Resultados

1. Aptitud sanitaria. Las botellas de PET virgen y las botellas SB con dos porcentajes de PET-PCR resultaron ser aptas sanitariamente, según los requisitos del Código Alimentario Argentino y de la Legislación MERCOSUR.

2. Perfil de compuestos volátiles. Al comparar los cromatogramas obtenidos para las botellas fabricadas con PET virgen Voridian CHDA, las botellas SB fabricadas con 10 y 30% de PET-PCR, y las botellas U fabricadas con 10 y 30% de PET-PCR, no se observaron diferencias significativas en la cantidad e intensidad de picos asignables a compuestos volátiles.

3. Evaluación de eficiencia de la tecnología de descontaminación SB.

A raíz de los resultados satisfactorios de los ensayos de validación de la tecnología de descontaminación SB, la FDA-USA emitió en 2001 una carta de no objeción al uso de este proceso para la provisión de PET-PCR destinado a fabricar envases para alimentos.

A raíz de la evaluación llevada a cabo por INTI de la metodología utilizada en esos ensayos, la misma se consideró adecuada (de acuerdo con los protocolos establecidos), y los resultados se estimaron satisfactorios. También se evaluó positivamente el alcance de la carta de no objeción de la FDA –USA para el uso del material tratado con la tecnología SB.

4. Generación de Legislación MERCOSUR.

En la reunión extraordinaria de MERCOSUR de junio de 2007 en Buenos Aires, y con la presencia de representantes de cuatro Estados Parte (Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay), se aprobó el Reglamento Técnico correspondiente, que se

encuentra en proceso de consulta pública, y que puede obtenerse en: www.mercosur.org.uy; www.puntofocal.gov.ar.

Se estima que el Grupo Mercado Común podría sancionar la Resolución GMC correspondiente en el transcurso de 2007.

Las características sobresalientes del Reglamento Técnico son:

—se amplió el alcance, originalmente para envases de PET monocapa de un único uso, a todo envase que contenga PET-PCR, sea mono o multicapa, de un único uso o retornable;

—se contemplan las tecnologías de descontaminación de PET físicas, químicas e híbridas;

—se incluye un glosario con definiciones de los términos usados de alta especificidad o de difícil interpretación (por ejemplo: “PET-PCR”, “grado alimentario”, “ensayos de desafío”, etc.);

—se introduce por primera vez en la Legislación MERCOSUR sobre aptitud sanitaria de envases, el concepto de umbral de regulación, y se lo utiliza, así como a los parámetros derivados, como caracterización del PET-PCR grado alimentario;

—se establece la obligatoriedad, por parte de las autoridades sanitarias nacionales: de la aprobación/autorización y registro previos de los envases de PET-PCR (botellas, bandejas) o sus artículos precursores (preformas y láminas, respectivamente); de la aprobación/autorización y registro de las tecnologías de descontaminación validadas; de la habilitación y registro de los establecimientos que produzcan PET-PCR descontaminado grado alimentario, y de los que lo utilicen para la fabricación de envases alimentarios o sus artículos precursores;

—las tecnologías de descontaminación para ser aprobadas/autorizadas y registradas por las autoridades sanitarias nacionales, deben contar con cartas de no objeción u otras autorizaciones especiales de uso, emitidas por organismos públicos de EE.UU. y de Europa (que han sido listados taxativamente), y con una evaluación favorable por parte de un Laboratorio de Referencia reconocido;

—se introduce la figura del **Laboratorio de Referencia**, que por su idoneidad técnica pueda actuar como asesor de las autoridades sanitarias nacionales;

—se establecen requisitos relacionados con el aseguramiento de la calidad, las buenas prácticas de manufactura, y la trazabilidad de materias primas, productos y procesos;

—se establecen en la cadena de responsabilidad comercial, requisitos para los establecimientos productores de PET-PCR descontaminado, para los fabricantes que lo utilizan para la manufactura de envases y artículos precursores, y para las empresas usuarias de esos envases, generalmente industrias alimentarias;

—se establecen requisitos sobre programas de monitoreo analítico que aseguren la continuidad de la calidad del PET-PCR descontaminado, así como de análisis sensorial según metodología normalizada (ISO 13302);

—se legisla sobre la rotulación de los productos envasados en envases de PET-PCR.

Conclusiones

La instalación de una planta de PET-PCR en Argentina, con la tecnología autorizada por la autoridad sanitaria nacional (INAL-ANMAT), en el marco de la Legislación generada por el grupo interdisciplinario formado por profesionales de varias Instituciones del MERCOSUR, a partir de los ensayos y de las evaluaciones técnicas realizadas en el INTI, permitirá una mejora del medio ambiente, al recuperar botellas de PET de uso masivo.

El Reglamento Técnico sobre PET-PCR incorpora características novedosas en la Legislación MERCOSUR, con el objetivo de proteger la salud de los consumidores y la genuinidad de los alimentos envasados.

Para el INTI, a través de varios Centros, existe una importante oportunidad de capacitar a los recuperadores, muchos de ellos actualmente informales, y de actuar como Laboratorio de Referencia de las autoridades sanitarias nacionales, no sólo como proveedor del servicio del control de calidad del PET-PCR descontaminado, sino principalmente como asistente tecnológico del Estado, en la evaluación de las tecnologías de descontaminación.

Las tecnologías U y SB fueron completamente evaluadas por el INTI; resta su aprobación por parte de la autoridad sanitaria nacional. La tecnología E debe ser evaluada por el INTI.

Se desea agradecer al personal de INTI-Plásticos y de INTI-Contaminantes Orgánicos, que colaboró en la realización de los ensayos, así como a los demás miembros de la Comisión de Resinas Recicladas, y a la empresa CABELMA SA, por su continuo apoyo, y por la financiación de las

misiones al exterior de personal de INTI, con motivo de dos reuniones MERCOSUR.

Referencias

- [1] A. Ariosti. "Evaluación de aptitud sanitaria de envases de PET reciclados monocapa en contacto directo con alimentos" (tesina), Carrera de post-grado "Especialización en Tecnología de Transformación de Plásticos", Universidad Nacional de San Martín, 2005.
- [2] A. Ariosti, "Envases plásticos para el mercado de aguas". Revista Drinks & Waters, Buenos Aires, año 25, N° 111, mayo 2007, pp 10-14.
- [3] A. Ariosti. "Uso de materiales plásticos reciclados en contacto con alimentos. Barreras funcionales" (cap. 15). En: "Migración de componentes y residuos de envases en contacto con alimentos", R. Catalá y R. Gavara, editores. Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos, Valencia, España, 2002.
- [4] A. Ariosti, "Aplicaciones y desafíos en envases de PET reciclado en contacto con alimentos". En: Memorias del Seminario "Nuevos desarrollos en envases para alimentos. Envases activos y biodegradables", organizado por CYTED e ITESM, 4 y 5 de marzo de 2004, Monterrey, México.
- [5] F. L. Bayer. "Polyethylene terephthalate recycling for food-contact applications: testing, safety and technologies: a global perspective". Food Additives and Contaminants, 2002, vol. 19, Supplement, pp 111-134.
- [6] R. Franz, A. Mauer y F. Welle, "European survey on post-consumer poly(ethylene terephthalate) (PET) materials to determine contamination levels and maximum consumer exposure from food packages made from recycled PET". Food Additives and Contaminants, 2004, vol. 21, N° 3, pp 265-286.
- [7] P. Y. Pennarun, P. Saillard, A. Feigenbaum y P. Dole, "Experimental direct evaluation of functional barriers in PET recycled bottles: comparison of migration behaviour of mono- and multilayers". Packaging Technology and Science, vol. 18, N° 3, mayo-junio 2005, pp 107-123.
- [8] H. Widén, A. Leufvén y T. Nielsen, "Identification of chemicals, possibly originating from misuse of refillable PET bottles, responsible for consumer complaints about off-odours in water and soft drinks". Food Additives and Contaminants, 2005, vol. 22, N° 7, pp 681-692.
- [9] S. A. Cruz, M. Zanín, C. Nerín y M. A. B. De Moraes, "Study of barrier properties and chemical resistance of recycled PET coated with amorphous carbon through a plasma enhanced chemical vapour deposition (PECVD) process". Food Additives and Contaminants, 2006, vol. 23, N° 1, pp 100-106.
- [10] F. L. Bayer. "The threshold of regulation and its application to indirect food additive contaminants in recycled plastics". Food Additives and Contaminants, 1997, vol. 14, No 6-7, pp 661-670.
- [11] Center for Food Safety and Applied Nutrition – Food and Drug Administration (FDA) – USA, Washington, agosto 2006. "Use of recycled plastics in food packaging: chemistry considerations" (www.cfsan.fda.gov/~dms/opa2cg3b.html)
- [12] R. Franz, F. L. Bayer y F. Welle, "Guidance and criteria for safe recycling of post-consumer polyethylene terephthalate (PET) into new food packaging applications". EU-Project FAIR-CT98-4318 "Reciclability". European Commission, Bruselas, 2004.
- [13] A. Ariosti, G. De Rosa, M. R. Fernández, G. Fernández, M. Isleño, A. Rosso y M. Ruiz de Arechavaleta, "Uso de material reciclado en contacto con alimentos: desarrollo de metodología de evaluación de aptitud sanitaria de botellas de PET monocapa para gaseosas". 5as. Jornadas de Desarrollo e Innovación. INTI, noviembre de 2004.

Para mayor información contactarse con:
Ing. Alejandro Ariosti – ariostia@inti.gov.ar