

**“MANUAL de COMPUESTOS BIOACTIVOS
a partir de RESIDUOS
del PROCESADO del TOMATE”**



Evaluación y difusión de las estrategias para la extracción de compuestos bioactivos de residuos del procesado del tomate, de la aceituna y de la uva.

BIOACTIVE-NET

MANUAL BIOACTIVE-NET

MANUAL de COMPUESTOS BIOACTIVOS a partir de RESIDUOS del PROCESADO del TOMATE



Visite nuestra web: www.bioactive-net.com

© BIOACTIVE-NET



**MANUAL de COMPUESTOS BIOACTIVOS a partir
de RESIDUOS del PROCESADO del TOMATE**



MANUAL de COMPUESTOS BIOACTIVOS a partir de RESIDUOS del PROCESADO del TOMATE

La finalidad de este manual es proporcionar una visión general sobre los compuestos bioactivos presentes en los residuos del procesado del tomate, así como de las técnicas de extracción y las posibilidades de uso en las industrias alimentaria y cosmética.

El manual "Bioactive-net" es una colección de tres publicaciones que forman parte del proyecto BIOACTIVE-NET. El objetivo de este proyecto es recopilar información relativa al conocimiento y las tecnologías relevantes relacionadas con los compuestos bioactivos presentes en los residuos del procesado del tomate, de la aceituna y de la uva, así como con las técnicas de su extracción, sus aplicaciones y la viabilidad económica de este proceso, y hacer esta información accesible al público.

Esta publicación se ha realizado con el apoyo de la Comisión Europea, prioridad 5 (calidad alimentaria y seguridad); número de contrato FOOD-CT-2006-43035, acción específica de Apoyo (SSA) "Evaluación y difusión de las estrategias para la extracción de compuestos bioactivos de residuos del procesado del tomate, de la aceituna y de la uva". No refleja necesariamente la visión de la Comisión y de ninguna manera anticipa la política futura de la Comisión en este área.

Además, BIOACTIVE-NET prevé talleres de difusión dirigidos a las empresas de procesado de tomate, a los fabricantes de aceite de oliva y a los productores de vino en los países del sur de Europa. El manual "Bioactive-net" constituye una parte fundamental de esta tarea de difusión y estará disponible bajo pedido en la página Web del proyecto.

www.bioactive-net.com

BIOACTIVE-NET

El proyecto BIOACTIVE-NET es una Acción Específica de Apoyo (SSA) creada por la Comisión Europea en el sexto Programa Marco.

El objetivo principal de este proyecto es evaluar y difundir las estrategias para la extracción de compuestos bioactivos a partir de los residuos del procesado del tomate, la aceituna, y la uva entre los pequeños y medianos productores y por lo tanto conseguir:

- La creación de una amplia plataforma de información sobre la extracción de compuestos bioactivos a partir de los residuos del procesado del tomate, de la aceituna y de la uva, así como sobre sus aplicaciones en las industrias alimentaria y cosmética.
- La puesta en marcha de talleres de difusión en los países del sur de Europa (España, Italia, Grecia y Francia) con el objetivo de transferir los conocimientos técnicos y los relativos a la evaluación de la viabilidad económica del proceso a las pequeñas y medianas empresas productoras de estos residuos, a los proveedores de la tecnología, a las empresas de extracción industrial y a los usuarios finales de los ingredientes naturales extraídos.
- Fortalecer el mercado europeo de ingredientes naturales, que cuenta con un potencial económico enorme debido a la alta disponibilidad de estas materias primas.
- El aumento de la competitividad del sector alimentario europeo adelantándose a la competencia en el uso de compuestos bioactivos derivados de una fuente natural, renovable y económica de residuos de procesado.
- Incremento del uso de componentes bioactivos en la dieta europea.

Detalles del proyecto:

Tipo: Acción de Apoyo Específico (SSA).

Prioridad 5: Calidad Alimentaria y Seguridad.

Número de Proyecto: 043035.

Duración: 2 años (01.11.2006 – 31.10.2008).

Miembros de BIOACTIVE-NET

- Coordinador del proyecto: ttz Bremerhaven (Alemania).



- ainia, centro tecnológico (España).



- CCAE - Confederación de Cooperativas Agrarias de España (España).



- AMITOM – Asociación Internacional Mediterránea del Procesado de Tomate (Francia).



- Vignaioli Piemontesi S.C.A (Italia).



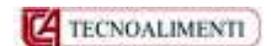
- Unión de Cooperativas Agrícolas de Peza (Grecia).



- ANFOVI – Organismo de formación de Vinicultores Independientes (Francia).



- Tecnoalimenti S.C.p.A. (Italia).



Este manual ha sido desarrollado por Elvira Casas (ainia), Marianna Faraldi (Tecnoalimenti) y Marie Bildstein (ttz Bremerhaven) para su inclusión en el manual del proyecto Bioactive-net.

mailto: mbildstein@ttz-bremerhaven.de

© BIOACTIVE-NET

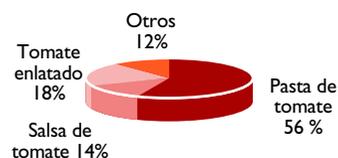
TABLA de contenidos

 1	Introducción	8
 2	Compuestos bioactivos en los residuos del procesado del tomate	9
	2.1. Licopeno	9
	2.2. Fibra de tomate	10
	2.3. Aceite de semillas de tomate.....	11
 3	Mejores técnicas disponibles para la extracción y purificación de compuestos bioactivos a partir de residuos del procesado del tomate	11
	3.1. Pretratamiento de los residuos del procesado del tomate	11
	3.1.1. Secadero de bandejas	12
	3.1.2. Secadero de tambor	12
	3.1.3. Secadero en lecho fluidizado	12
	3.1.4. Molienda y homogeneización de los residuos del procesado del tomate.....	13
	3.2. Extracción de los residuos del procesado del tomate secos y homogeneizados	14
	3.2.1. Extracción con disolventes	14
	3.2.2. Extracción con fluidos supercríticos/CO ₂ -SC	16
	3.3 Purificación de los extractos.....	16
	3.3.1. Técnicas cromatográficas	17
	3.3.2. Técnicas de filtración con membranas	19
	3.3.3. Cristalización	21
	3.4. Secado de los compuestos bioactivos purificados	21
	3.4.1. Liofilización	22
	3.4.2. Secado por aspersion	22
	3.4.3. Secado en tambor rotatorio a vacío	23
 4	Campos de aplicación de compuestos bioactivos en industrias de productos alimentarios y cosméticos	23
	4.1. Legislación.....	23
	4.2. Licopeno	24
	4.3. Fibra de tomate	26
	4.4. Aceite de semillas de tomate	27
 5	Evaluación de la viabilidad económica de la extracción de compuestos bioactivos de residuos de procesado del tomate	28
	5.1. Extracción de compuestos bioactivos a partir de residuos del procesado del tomate	29
	5.1.1. Hipótesis mínima	30
	5.1.2. Hipótesis intermedia	31
	5.1.3. Hipótesis máxima	31
	5.2 Análisis económico de la extracción de compuestos bioactivos de residuos del procesado del tomate	32
	5.2.1. Extracción de aceite rico en licopeno y de ceras y fibra de tomate	32
	5.2.2. Extracción de un concentrado en polvo de licopeno y de fibra de tomate	37
	5.3. Beneficio anual y tiempo de amortización	39
 6	Bibliografía	40
 7	Agradecimientos	43
 8	Otros proyectos y enlaces relacionados	44

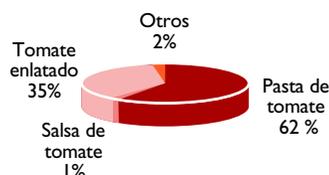
I. INTRODUCCIÓN

En el año 2005, la producción total de tomate en la Unión Europea se estimó en más de 16 millones de toneladas métricas [AMITOM]. La demanda del procesado del tomate surge de la necesidad de preservar el producto para fines culinarios fuera de su estación propia. Tradicionalmente, los productos procesados del tomate más importantes, son sus concentrados: salsa, puré, pasta.

Reparto de la producción italiana de tomate



Reparto de la producción española de tomate



En 2005 en Europa, 10 millones de toneladas de tomates fueron procesadas en pasta de tomate y ketchup, generando más de 200.000 toneladas residuos sólidos de tomate (pieles y semillas), también llamados pulpa, y un gran volumen de aguas residuales.

Conforme a la legislación general de residuos de la Unión Europea (Directiva 2006/12/EC), los Estados miembros tomarán las medidas necesarias para asegurarse de que los residuos se recuperan o disponen sin poner en peligro la salud humana y sin usar procesos o métodos que podrían dañar el medio ambiente

Los subproductos producidos durante el proceso de transformación del tomate se definen como materias primas secundarias. La directiva del Consejo 96/25/EC, legisla la reutilización de la "pulpa del tomate obtenida en el prensado de tomates *Solanum lycopersicum* Karst, durante la producción de jugo de tomate" para la alimentación animal. Actualmente, la pulpa se vende, se transfiere gratuitamente a otras compañías, o es retirada de las empresas procesadoras, con coste económico asociado.

¿Es posible obtener más valor añadido de los residuos del procesado del tomate para las compañías? ¿Se pueden obtener compuestos beneficiosos para la salud a partir de residuos de tomate? Los estudios existentes han mostrado que la pulpa de tomate constituye una excelente fuente de nutrientes como carotenoides, proteínas, azúcares, ceras y aceites (75% de ácidos grasos insaturados), que podrían tener aplicación en la alimentación y en la industria cosmética.

2. COMPUESTOS BIOACTIVOS en los residuos del procesado del TOMATE

Los principales compuestos bioactivos extraíbles de los residuos del procesado del tomate son: licopeno, fibra de tomate, aceite de semillas de tomate y enzimas.

2.1. Licopeno

Descripción

El licopeno es un pigmento carotenoide de color rojo brillante, presente en tomates y otras frutas rojas tales como sandía, pomelo rosado, guayaba rosada, papaya y escaramujo. El licopeno es el carotenoide más común del cuerpo humano y es uno de los carotenoides más antioxidantes. Su nombre proviene de la clasificación de la especie del tomate, *Solanum lycopersicum* (antes conocido como *Lycopersicon esculentum*).

Efectos metabólicos conocidos

El licopeno tiene un efecto antioxidante y protege contra enfermedades degenerativas. Por otra parte, reduce el riesgo de enfermedades cardiovasculares y de cáncer (principalmente de próstata). El licopeno también tiene un efecto inmuno-estimulante y realza la salud de la piel protegiéndola de los daños provocados por los rayos ultravioletas.

Los estudios actuales están en la línea de investigar otras ventajas potenciales del licopeno (la investigación patrocinada por la empresa H.J. Heinz en la Universidad de Toronto y en la Fundación Americana de la Salud). Estos estudios se centrarán en el papel posible del licopeno en la lucha contra el cáncer del tracto digestivo, de pecho y de próstata.

Cantidad de sustancia extraíble

La cantidad de licopeno extraíble de los residuos de procesado del tomate varía entre 80 y 150 mg/kg. Con mejoras genéticas puede alcanzarse un máximo de 200 mg/kg.

El licopeno está presente en diferentes concentraciones en las distintas partes del tomate:

- 11mg/100g en la pulpa del tomate
- 54mg/100g en la piel del tomate

Sin embargo, la diferencia no es tan importante si se considera el peso seco de las partes del tomate.

A diferencia de otras frutas y vegetales, donde el contenido nutricional (como por ejemplo la vitamina C) disminuye en el cocinado, el procesado de tomates aumenta la concentración de licopeno biodisponible. Hay 4 veces más cantidad de licopeno biodisponible en la pasta de tomate que en los tomates frescos. Por tanto, los productos de tomate tales como jugo pasteurizado, sopa, salsa, y ketchup contienen las concentraciones más altas de licopeno biodisponible.

2.2. Fibra de tomate

Descripción

Las fibras dietéticas son la porción no digerible de los alimentos vegetales que atraviesa el sistema digestivo absorbiendo agua. Las fibras dietéticas consisten en los polisacáridos sin almidón y otros componentes diversos de las plantas como celulosa, dextrinas, inulina, lignina, ceras, quitinas, pectinas, beta-glucanos y oligosacáridos.

Efectos metabólicos conocidos

Las fibras de tomate presentan los típicos efectos beneficiosos para la salud de otras fibras dietéticas:

- Efectos positivos durante el masticado.
- Reducen el aporte calórico de los alimentos.
- Inducen sensación de saciedad.
- Reducen el azúcar de la sangre.
- Reducen el colesterol.
- Eliminan sustancias tóxicas.
- Estimulan los procesos digestivos.
- Incrementan el tiempo de tránsito intestinal.
- Favorecen los procesos fermentativos en el colon.

Las recomendaciones actuales del Instituto de Medicina de la Academia de Ciencias de los Estados Unidos sugieren que los adultos deberían consumir entre 20 y 35 gramos de fibra dietética cada día.

Cantidad de sustancia extraíble

Según se determinó durante el proyecto TOM, alrededor del 75% de las fibras dietéticas de los residuos del procesado del tomate pueden ser extraídas^[1].

[1] Resultados planteados durante el Proyecto Europeo TOM "Desarrollo de nuevos aditivos alimentarios extraídos de los residuos sólidos de la industria de procesado del tomate", n° contrato. QLK1-CT-2002-71361.

2.3. Aceite de semillas de tomate

Descripción

El aceite de semillas de tomate se compone aproximadamente de un 75% de ácidos grasos no saturados y por lo tanto sería un alimento muy saludable. El aceite de semillas de tomate es una buena fuente del esencial ácido graso linoléico.

Efectos metabólicos conocidos

El aceite de semillas de tomate actúa como protector vascular y como emoliente.

Cantidad de sustancia extraíble

De los residuos del procesado del tomate puede extraerse en torno al 4% de aceite y al 3% de ceras². Los aceites vegetales y las grasas son sustancias derivadas de las plantas y compuestas de triglicéridos. Normalmente, a temperatura ambiente los aceites son líquidos y las grasas, sólidas. Una grasa frágil y densa se llama cera.

3. Mejores TÉCNICAS disponibles para la EXTRACCIÓN y PURIFICACIÓN de COMPUESTOS BIOACTIVOS a partir de residuos de procesado del TOMATE

Los siguientes pasos son necesarios para extraer los compuestos bioactivos de los residuos de procesado del tomate:

- Pretratamiento de los residuos.
- Extracción de los residuos del procesado del tomate secos y homogeneizados.
- Purificación de los extractos.
- Secado de los extractos purificados.

3.1. Pretratamiento de los residuos del procesado del tomate

Los residuos del procesado del tomate contienen una gran cantidad de agua. Dependiendo del proceso de la extracción es necesario o no secar las muestras antes de dicho proceso. Por ejemplo, para realizar un proceso de extracción con fluidos supercríticos es necesario un secado previo de los residuos de tomate. Además, el secado de los residuos ricos en componentes bioactivos facilita su transporte y su almacenamiento.

[2] Resultados planteados durante el Proyecto Europeo TOM "Desarrollo de nuevos aditivos alimentarios extraídos de los residuos sólidos de la industria de procesado del tomate", n° contrato. QLK1-CT-2002-71361

Para conseguir una extracción eficiente, es también necesario moler los residuos secados para garantizar la homogeneidad de la alimentación del extractor. Varias técnicas y equipos pueden aplicarse para preparar los residuos del procesado del tomate. A continuación, se exponen algunas de las técnicas de secado y molienda más empleadas.

3.1.1. Secadero de bandejas

Los residuos de tomate se esparcen finamente en bandejas, dentro de una cabina conectada con una fuente de aire calentada por la combustión de diesel o biomasa, para eliminar la humedad. Dependiendo del diseño de la cabina, hay secaderos de bandejas discontinuos (por cargas), semi-continuos y secaderos continuos en contracorriente.

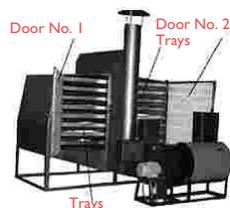


Figura 1: Secadero de bandejas.

3.1.2. Secadero de tambor

Los residuos de tomate se extienden sobre la superficie de un tambor calentado. El tambor gira y los residuos permanecen en la superficie de tambor durante la mayor parte del giro, periodo en el que tiene lugar el proceso de secado, y tras este tiempo, son arrastrados.

La siguiente tabla compara el secado en equipos de bandejas y el realizado en secaderos de tambor, para los residuos del procesado del tomate:

Tecnología	Inversión inicial	Consumo energético	Facilidad de trabajo	Tiempo de secado
Secadero de bandejas	+	+	Fácil	Largo
Secadero de tambor	++	++	Fácil	Largo

3.1.3. Secadero de lecho fluidizado

La alimentación de material húmedo es secada a través del contacto directo con aire caliente estando el material en estado fluidizado. El secadero está compuesto de:

- Una cámara superior de fluidización.
- Una cámara inferior de distribución de aire.
- Un plato perforado especialmente diseñado.

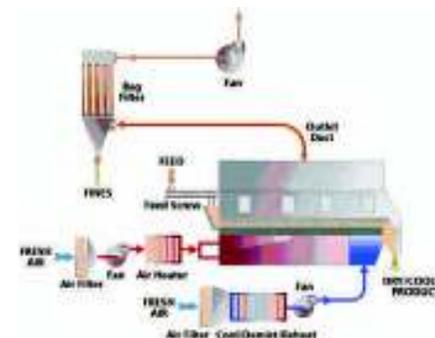


Figura 2: Proceso de secado en lecho fluidizado.

3.1.4. Molienda y homogeneización de los residuos del procesado del tomate

En ocasiones, puede ser necesario reducir el tamaño de las partículas en una etapa de molienda y mezclar los residuos en una etapa de homogeneización para mejorar el proceso de extracción.

Molienda de los residuos del procesado del tomate secados

La molienda se utiliza para convertir el material en partículas finas. Una posible tecnología de molienda como pretratamiento de los residuos del procesado del tomate es el molino de martillos.



Figura 3: Molino de martillos.

Un molino de martillos es básicamente un tambor de acero que contiene un rotor cruciforme vertical u horizontal sobre el cual se montan los martillos que giran (ver figura 3). Los martillos están libres para poder balancearse en los extremos de la cruz. El rotor gira a alta velocidad dentro del tambor mientras que el material se introduce en el molino a través de una tolva de alimentación. De esta forma, la alimentación es golpeada por los martillos en los extremos de la cruz que rota y de este modo, desmenuzada y expelida a través de las pantallas del tambor.

Homogeneización de los residuos secos del procesado del tomate

La homogeneización es un proceso mecánico-fluido que genera una mezcla uniforme a partir de la sustancia de partida. Una etapa de mezclado es requerida para homogeneizar los residuos una vez secos y molturados.

3.2. Extracción a partir de los residuos del procesado de tomate secos y homogeneizados

El proceso de extracción consiste en la separación de una o más especies de una matriz sólida o líquida, basada en la diferente solubilidad relativa de dicha sustancia o sustancias en un determinado disolvente, con respecto a la del resto de los componentes de la matriz. Es decir, la extracción se basa en el principio de que los componentes solubles se pueden separar de los componentes insolubles o menos solubles, disolviéndolos en un disolvente adecuado. Las materias primas adecuadas para la extracción pueden contener únicamente sólidos, sólidos y una disolución, o sólidos y un líquido.

3.2.1. Extracción con disolventes

Extracción convencional sólido-líquido

Esta técnica implica el contacto de la matriz sólida de la planta con un disolvente líquido. La selección del disolvente estará determinada por las características químicas y físicas de las sustancias objetivo. En concreto, la estabilidad térmica y la polaridad de las sustancias a extraer tienen una importancia especial. La temperatura del disolvente se debe seleccionar en función de la materia prima y de la resistencia térmica de los compuestos a extraer. Previo a este proceso, la alimentación suele tratarse mecánicamente para facilitar la transferencia de las sustancias objetivo de la matriz al disolvente.

Este proceso se utiliza para extraer aceites. No es adecuado para extraer sustancias termolábiles. Algunos disolventes orgánicos que se pueden utilizar como agente extractor son tóxicos y pueden dejar restos en el producto final. El etanol se puede utilizar para sustituir algunos disolventes orgánicos tóxicos o peligrosos. Además, la extracción con disolventes orgánicos requiere una etapa final de purificación, como por ejemplo filtración o centrifugación.

La extracción asistida con ultrasonidos o micro-ondas es parecida a la extracción convencional, pero empleando estas ondas para aumentar los rendimientos del proceso, reducir el consumo de disolvente o reducir el tiempo de proceso.

Extracción asistida con ultrasonidos

Las ondas acústicas con frecuencias mayores de 20 kHz pueden mejorar el rendimiento del proceso de extracción porque implican expansiones y compresiones alternativas en el material que inducen la creación de burbujas en los líquidos.

El parámetro de control más importante en la extracción asistida con ultrasonidos es la frecuencia, porque cambios pequeños en este parámetro pueden afectar drásticamente al rendimiento de la extracción.

Los ultrasonidos provocan una mayor penetración del disolvente en las matrices celulares y por tanto mejoran la transferencia de materia.

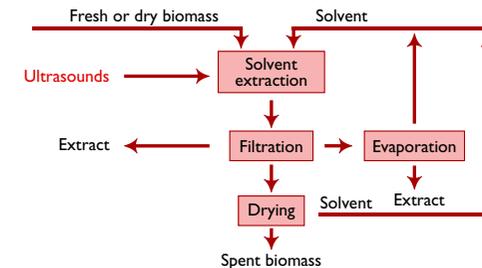


Figura 4: Diagrama de proceso de la extracción asistida con ultrasonidos.

La extracción asistida con ultrasonidos se ha utilizado para extraer nutraceuticos tales como aceites esenciales, lípidos, antioxidantes, esteroides y terpenoides. La extracción asistida con ultrasonidos permite que las condiciones de proceso sean más suaves que las de los procesos de extracción con disolventes tradicionales, por lo que está recomendada para las sustancias termolábiles.

Extracción asistida con microondas (MAE)

Las microondas son ondas electromagnéticas que interactúan con la materia, en concreto con las moléculas polares, para generar calor. Las microondas penetran en el agua y en las matrices biológicas calentando el conjunto de forma homogénea. La radiación produce el sobrecalentamiento del agua que contienen las células de los vegetales y causa la ruptura de la pared celular, facilitando la transferencia al exterior de las sustancias objetivo contenidas en el extractor, y la penetración del disolvente en la matriz vegetal. Las microondas pueden, por tanto, mejorar los rendimientos del proceso de extracción de nutraceuticos. De esta forma, se reduce el volumen de disolvente requerido y el tiempo de proceso necesario.

La eficacia de la MAE depende fundamentalmente de la polaridad del disolvente y de la distribución de tamaños de partícula del material vegetal. Puede ser aplicada para extraer componentes polares, pero no es adecuada para materiales secos, o en el caso de emplear disolventes no polares sobre matrices demasiado húmedas. (El agua, el metanol y el etanol son suficientemente polares y pueden ser empleados).

Extracción con disolventes acelerada (ASE)

La extracción con disolventes acelerada es una extracción sólido-líquido realizada a altas temperaturas (lo cual mejora la difusividad del disolvente acelerando la extracción) y presiones (para mantener el disolvente en fase líquida), por debajo del punto crítico del disolvente.

La mayoría de los disolventes usados (incluso el agua) en los procesos convencionales de extracción sólido – líquido son adecuados para la extracción acelerada ASE, siendo posible recuperar compuestos polares a partir del material vegetal de partida.

3.2.2. Extracción con fluidos/ CO₂ supercrítico (SFE) SC-CO₂

El estado supercrítico es alcanzado llevando un fluido a unas condiciones de temperatura y a una presión por encima de su punto crítico. Los fluidos supercríticos presentan algunas características propias de gases y algunas propias de líquidos que los hacen especialmente adecuados para los procesos de extracción.

Los fluidos supercríticos presentan mayores coeficientes de difusión y menores tensiones superficiales y viscosidades que los disolventes convencionales. El poder disolvente de los fluidos supercríticos depende de su densidad, así que la selectividad de la extracción puede ser modificada ajustando la temperatura y/o la presión de la extracción. Después de la etapa de extracción, se reduce la presión, o se aumenta la temperatura, de modo que la solubilidad del extracto disminuye pudiendo de esta forma ser separado.

El disolvente más usado es el CO₂, ya que es barato, seguro, no tóxico y sus condiciones supercríticas pueden ser alcanzadas fácilmente. Puede ser utilizado para extraer polifenoles tales como resveratrol y otros antioxidantes naturales de las pieles y de los tallos de la uva. Es adecuado para sustancias termolábiles y puede también ser utilizado para las sustancias polares, añadiendo sobre él algunas sustancias modificadoras (metanol, etanol, agua, acetona...). La siguiente tabla compara las diferentes tecnologías de extracción expuestas.

Método de extracción	Componentes extraídos	Tolerancia a la humedad	Requerimientos de purificación
Convencional	Polares y no polares	+	Altos
Ultrasonidos	Polares y no polares	+	Altos
Microondas	Polares	+	Altos
SC-CO ₂	No polares	-	Bajos
Subcrítica	Polares	++	Medios-Altos

3.3 Purificación de los extractos

Transcurridos los procesos de extracción, la recuperación de un producto biológico mezclado con interferencias y con impurezas requiere algunas etapas de purificación, para acondicionar el producto de acuerdo a las especificaciones finales.

La purificación tiene como objetivo la obtención de las moléculas objetivo con la pureza requerida, en el menor tiempo posible.

3.3.1. Técnicas cromatográficas

La cromatografía es un proceso de purificación muy especial porque puede separar mezclas complejas con gran precisión (incluso se pueden separar componentes muy similares). De hecho, la cromatografía puede purificar básicamente cualquier sustancia soluble o volátil. Puede ser utilizada para separar productos delicados porque las condiciones no son relativamente rigurosas. Por estas razones, puede ser utilizada para separar mezclas de los compuestos bioactivos del tomate.

Otra ventaja de estas técnicas es que los compuestos separados están inmediatamente disponibles para su identificación o cuantificación. Por otro lado, parte de la instrumentación es costosa y no fácilmente transportable y es necesario realizar ciertas tareas para evitar la contaminación de la columna.

La separación por cromatografía se basa en la diferente partición de compuestos entre una fase estacionaria (el adsorbente) y una fase móvil (la solución tampón). Normalmente, la fase estacionaria se emplaza en una columna vertical de acero inoxidable, de plástico, o de cristal, y la fase móvil es bombeada a través de esta columna. La muestra que se fraccionará se bombea en la parte superior de la columna. Los distintos componentes de la muestra viajan con diversas velocidades a través de la columna y posteriormente se detectan y se recogen en la parte inferior de la misma.

En general, las biomoléculas se purifican usando las tecnologías de separación en función de las diferencias existentes entre sus características específicas, según se comenta en la siguiente tabla:

Propiedad molecular aprovechada	Tipo de cromatografía
Tamaño	Filtración en gel (en ocasiones llamada exclusión por tamaños)
Carga	Cromatografía de intercambio iónico
Ligandos específicos	Cromatografía de adsorción

Cromatografía de partición

La fase estacionaria es generalmente un líquido, que puede ser mecánicamente cubierto o químicamente ligado sobre un soporte sólido inerte. Las moléculas a separar se mantienen en esta fase estacionaria (ver figura 6). En la cromatografía de fase inversa (RP), buen ejemplo de la cromatografía líquido-líquido, la fase estacionaria es menos polar que la fase móvil.

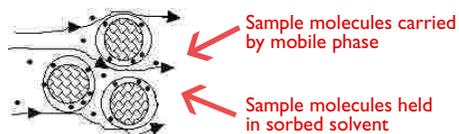


Figura 5: Cromatografía de partición.

Las ventajas de esta tecnología son la alta recuperación, la posibilidad de trabajo con volúmenes grandes y la facilidad de escalado.

Exclusión por tamaños o filtración en gel

La separación a través de filtración en gel se basa en las diferentes capacidades de las moléculas de la muestra de entrar dentro de los poros que contiene la fase estacionaria. Las moléculas muy grandes no entran y se mueven a través del lecho cromatográfico más rápidamente. Las moléculas más pequeñas, que pueden penetrar dentro de los poros del gel, se mueven más lentamente a través de la columna, porque pasan una parte de su tiempo en la fase estacionaria. Las moléculas son eluidas de acuerdo a su tamaño molecular de forma decreciente.

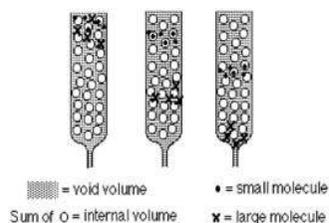


Figura 6: Cromatografía de exclusión por tamaños

Las desventajas de este método simple y eficaz son su baja capacidad y el hecho de que no funciona muy bien para mezclas crudas. Por consiguiente, este proceso se puede aplicar en la etapa final de la purificación.

Cromatografía de intercambio iónico

La base de la cromatografía de intercambio iónico es la unión competitiva de compuestos con diferente carga a un medio cromatográfico opuestamente cargado como es el intercambiador iónico. Usando esta tecnología, se pueden procesar volúmenes grandes de material.

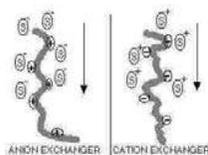


Figura 7: Cromatografía de intercambio iónico.

Cromatografía de adsorción

Un bioadsorbente específico es preparado uniendo un ligando específico sobre una superficie sólida, que actuará solamente con las moléculas que se puedan unir selectivamente a él (las que se requiere separar). Las moléculas que no se unen son eluidas sin retenerse. El compuesto retenido se puede liberar más adelante, en un estado purificado. Esta clase de tecnología se utiliza en química fina.

La tabla siguiente compara las características principales de las distintas tecnologías cromatográficas antes comentadas.

Tecnología	Cromatografía de partición	C. de exclusión por tamaños	Cromatografía de intercambio iónico	Cromatografía de adsorción
Escala de laboratorio	X	X	X	X
Gran escala	X	X	X	X
Selectividad	Alta	Baja	Alta	Alta
Resolución	Alta	Baja	Alta	Alta
Capacidad	Alta	Baja	Alta	Alta
Rendimiento de recuperación	Alto (cercano al 100%)	Alto	Bajo (50-60%)	Alto
Facilidad de trabajo	Fácil	Simple, rápido	Proceso largo	Fácil
Coste	++	+	++	++
Aplicaciones en química fina	X	NO	X	X
Aplicaciones en química industrial	X	X	X	X

Los métodos cromatográficos, tales como cromatografía de fase inversa, de intercambio iónico y de adsorción, pueden emplearse razonablemente bien para purificaciones basadas en la afinidad, especialmente cuando se requiere una pureza final muy elevada.

3.3.2. Tecnologías de filtración con membranas

Las membranas filtran selectivamente los gases o los líquidos en sus diversos componentes presentes en disoluciones o mezclas. Los microporos de la membrana se dimensionan para permitir que algunas moléculas y partículas los atraviesen y que otras queden bloqueadas. Así las membranas son muy específicas, con su estructura molecular dimensionada según la especie concreta a separar.

La filtración con membranas se incluye entre las mejores técnicas disponibles (BAT), en el BREF (Documento de Referencia sobre las Mejores Técnicas Disponibles),

para las industrias de alimentación, de bebidas y de leche, debido a los reducidos consumo de agua y generación de aguas residuales que conlleva. Hay tres procesos tecnológicos principales dependiendo del tamaño de los componentes a separar: microfiltración, ultrafiltración y ósmosis inversa.

Microfiltración

La microfiltración es un proceso de separación con membranas a baja presión para separar partículas coloidales y suspendidas con un diámetro entre 0.1 y 10 micras. La microfiltración es un proceso puramente físico en el cual las partículas se retienen en la superficie en la membrana. Ninguna partícula más grande que el tamaño del poro de la membrana puede atravesarla. Los filtros de membrana se utilizan habitualmente en aplicaciones biotecnológicas, alimentarias y de bebidas, en las cuales se requiere productos estériles.

Ultrafiltración

Las membranas de ultrafiltración (UF) retienen partículas con diámetros entre 0.01-0.1 micras y trabajan a presiones entre 0.5 y 10 bares. Se ha convertido en el mejor método para concentrar, sustituyendo ampliamente en estas aplicaciones a la cromatografía de exclusión por tamaños. Las membranas de UF son muy utilizadas en usos biofarmacéuticos.

Las mayores ventajas de la ultrafiltración con respecto a las técnicas de purificación competitivas como las cromatográficas son:

- Capacidad de tratar grandes volúmenes de producto.
- Facilidad de escalado.
- Los equipos son fáciles de limpiar y esterilizar.

Ósmosis inversa

La ósmosis explica el fenómeno por el que, si una membrana semipermeable separa dos soluciones de sal de diversa concentración, el agua emigra de la disolución de menor concentración, a través de la membrana, a la disolución más concentrada, hasta que las dos disoluciones tienen la misma concentración de sal. La ósmosis inversa implica la aplicación de presión para invertir el flujo natural del agua, forzando al agua a moverse desde la disolución más concentrada a la menos concentrada. La membrana semipermeable es porosa, permitiendo que el agua pase a través de ella, pero bloqueando el paso de las moléculas de sal. El resultado es agua sin sal en un lado de la membrana.

La ósmosis inversa elimina principalmente el agua y los compuestos moleculares de tamaño inferior a las moléculas de agua. Es una tecnología muy eficaz para concentrar o separar sustancias de bajo peso molecular de una disolución, aunque para estos fines requiere una fuente de energía importante y es bastante costosa.

3.3.3. Cristalización

La cristalización es una tecnología usada para purificar compuestos sólidos. Se basa en los principios de la solubilidad. Como regla general, los compuestos (solutos) tienden a ser más solubles en líquidos calientes (disolventes) que en líquidos fríos. Si una disolución caliente saturada se enfría, el soluto se vuelve insoluble en el disolvente y se forman cristales del compuesto puro. Las impurezas no forman parte de los cristales sólidos, que pueden ser separados por filtración. A través de este método se obtienen productos de elevada pureza, por lo que esta tecnología es particularmente utilizada a nivel farmacéutico.

La siguiente tabla compara las tecnologías de purificación expuestas en el presente capítulo.

Tecnología	Crom. de partición	Crom. de exclusión por tamaños	Crom. de intercambio iónico	Crom. de adsorción	Micro-filtración	Ultra-filtración	Ósmosis inversa	Cristalización
Escalado	Relativamente fácil	Más difícil	Más difícil	Más difícil	Relativamente fácil	Relativamente fácil	Relativamente fácil	Usado
Equipoamiento	Flexible	Relativamente barato	Caro	Complejo y caro	Simple, fiable, mantenim. sencillo	Simple, fiable, mantenim. sencillo	Simple, fiable, mantenim. sencillo	
Compuestos sensibles a la presión	Válido	Válido	Válido	Válido	No válido	No válido	No válido	Válido
Compuestos termolábiles	Válido	Válido	Válido	Válido	Válido	Válido	Válido	Válido
Selectividad	Alta	Baja	Alta	Alta	Baja	Baja	Baja	Alta
Tamaño de partícula	No influye	Influye	No influye	No influye	Influye (0,1-10µm)	Influye (0,01-0,1µm)	Influye	No influye
Tiempo de purificación		Bajo	Bajo		Largo	Largo	Largo	Largo
Costes	++	+	++	++	+	+	Bastante caros	++
Requerimientos energéticos	Bajos	Bajos	Bajos	Bajos	Bastante bajos	Bastante bajos	Altos	Bajos
Eficacia	Alta	Baja	Alta	Alta			Alta	Media

3.4. Secado de extractos bioactivos purificados

Los compuestos bioactivos necesitan ser suficientemente secados para ser almacenados de forma segura hasta que se requieran para procesos posteriores. El proceso de secado necesita ser suave para reducir el riesgo de la degradación de los compuestos bioactivos. Diversos métodos de secado pueden ser utilizados.

3.4.1. Liofilización

Se utiliza para preservar un material perecedero o para facilitar su transporte. Los productos liofilizados pueden ser re-hidratados de forma rápida y sencilla. Este proceso incluye las siguientes etapas:

- Congelado del material.
- Reducción de la presión.
- Adición del calor necesario para permitir que el agua congelada en el material sublime directamente de la fase sólida a fase gas.

3.4.2. Secado por aspersión

El secado por aspersión es el proceso industrial de secado más utilizado, al implicar la formación de partículas y el secado. Es altamente adecuado para la producción continua de sólidos secos en forma de polvo, granulado o aglomerado, a partir de una alimentación líquida. Es un proceso idóneo cuando el producto final debe cumplir con exigentes estándares de calidad respecto a la distribución de tamaños de partícula, humedad residual, densidad, y a la forma de las partículas.

El secado por aspersión implica la atomización de una alimentación líquida en un aerosol de pequeñas gotas y el contacto de esas pequeñas gotas con aire caliente en una cámara de secado. Tal y como se muestra en el siguiente diagrama, la evaporación de la humedad de las gotas y la formación de partículas secas, tienen lugar bajo condiciones controladas de temperatura y de caudal de circulación de aire.

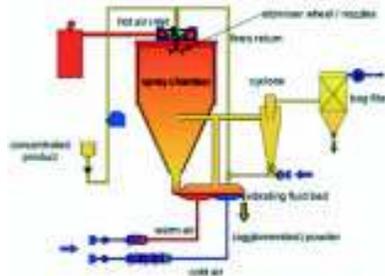


Figura 8: Proceso de secado por aspersión.

El proceso de secado es muy rápido, por lo que este proceso es muy útil para aquellos materiales que se pueden dañar por exposiciones al calor prolongadas. El secado por aspersión se ha identificado en el Documento de Referencia de las Mejores Técnicas Disponibles para los sectores alimentario, lácteo y de bebidas, como la mejor técnica disponible de secado debido a sus reducidos consumos de energía y de agua y debido a sus reducidas emisiones de polvo.

3.4.3. Secadero rotatorio a vacío

La alimentación húmeda se introduce por cargas y se calienta indirectamente mientras es agitada por una paleta. La operación se realiza normalmente a vacío. El disolvente puede recuperarse condensando los vapores generados durante la operación de secado.

Las ventajas de este proceso son:

- Pueden ser tratados materiales húmedos granulares o pastosos.
- Es posible trabajar a temperaturas bajas: es adecuado para materiales que podrían ser dañados o sufrir alteraciones tras una exposición prolongada a altas temperaturas (termolábiles). El vacío elimina la humedad al tiempo que previene la oxidación o las explosiones que podrían suceder cuando algunos materiales se mezclan con el aire.
- La forma de calentamiento es indirecta.
- Alta eficacia energética.
- Es un proceso cerrado (aislado): se puede recuperar los disolventes, es más seguro y se minimizan las pérdidas de producto causadas por los contaminantes atmosféricos, el polvo, la oxidación, la decoloración y los cambios químicos.

4. Campos de aplicación de los COMPUESTOS BIOACTIVOS en los sectores ALIMENTARIO Y COSMÉTICO

4.1. Legislación

Desde un punto de vista legal, los ingredientes naturales están regulados como aditivos alimentarios y/o como productos cosméticos.

Aditivos alimentarios

Los aditivos alimentarios usados como ingredientes durante la fabricación o la preparación de alimentos y que forman parte del producto acabado, están cubiertos por el alcance de la Directiva 89/107/EEC. Antes de su autorización, los aditivos alimentarios son evaluados en cuanto a su seguridad por el Comité Científico de los Alimentos, un equipo de expertos que asesora a la Comisión Europea en cuestiones alimentarias.

Todos los aditivos alimentarios autorizados tienen que superar los requerimientos de calidad que se precisan de manera detallada en tres Directivas de la Comisión:

- Directiva 95/45/EC, que establece los criterios específicos de calidad sobre los colorantes usados en la alimentación.

- Directiva 95/31/EC, que establece los criterios específicos de calidad sobre los edulcorantes usados en la alimentación.
- Directiva 96/77/EC, que establece los criterios específicos de calidad en otros aspectos alimentarios diferentes a los colorantes y a los edulcorantes.

Productos cosméticos

Directiva del Consejo 76/768 del 27 de julio de 1976 sobre el borrador de las leyes de los Estados Miembros referentes a los productos cosméticos.

Las restricciones y las prohibiciones en los ingredientes que se pueden utilizar en cosméticos se incluyen en varias listas dentro de la Directiva Europea de Cosméticos.

La Resolución 96/335/EC actualizada en la Resolución 2006/257/EC, establece un inventario y una nomenclatura común de los ingredientes empleados en productos cosméticos. El inventario es puramente indicativo y no constituirá una lista de las sustancias autorizadas para ser usadas en productos cosméticos.

4.2. Licopeno

Situación del mercado

La búsqueda de proveedores de licopeno produjo los siguientes resultados.

Producto	Compañía	Origen del licopeno	Pureza	Precio por kg
Tomate Lyco 160	Obipektin	Tomates	0,16%	12 23\$/kg
NutriPhy Lycopene 100, GIN601841	Chr Hansen	Tomates	3.8-4.2%	635 83\$/kg
Licopeno	Abl biotechnologies	Tomates maduros	6%	286 28\$/kg
Licopeno	Abl biotechnologies	Tomates maduros	8%	374 55\$/kg
Licopeno	Abl biotechnologies	Tomates maduros	10%	465 21\$/kg
Lyc-O-Red® 10% CWD	Buckton Scott Limited	Tomates maduros seleccionados y no modificados genéticamente	>10%	489 10\$/kg
Lyc O Mato®	LycORed Natural Products Industries Ltd.	Tomates	15%	6 000 00\$/kg
Licopeno Natural Beadlet 5% CWS	Vita-solarbio	<i>Blakeslea trispora</i> (hongo)	5%	115 00\$/kg
Licopeno	AHD International		5%	163 00\$/kg
Licopeno Natural Beadlet 5% TAB	Vita-solarbio	<i>Blakeslea trispora</i> (hongo)	10%	185 00\$/kg
Licopeno Natural Beadlet 10% CWS	Vita-solarbio	<i>Blakeslea trispora</i> (hongo)	10%	195 00\$/kg

Las grandes divergencias de precio entre 12 y 6 000\$/kg se pueden explicar por la diferencia del origen del licopeno natural (tomate o los hongos) y la diferencia de pureza.

Lycored es la única compañía que produce el licopeno puro natural: Lyc O Mato®. Los tomates se cultivan con el único propósito de la producción de licopeno y tienen un contenido en licopeno notablemente por encima del contenido de los tomates normales. La empresa ofrece el licopeno en forma de oleorresinas de dicho compuesto puro.

BioLycO, una nueva compañía italiana, está planeando introducir, para finales de 2008, licopeno extraído de los residuos de industrias de procesado de tomate.

Los precios del licopeno varían dependiendo del cliente, la cantidad pedida y el empaquetado, pero las fuentes citan una cantidad de hasta 6000 dólares por kilo (unos 4000€). Mientras que licopeno más barato está disponible en proveedores chinos, éste tiende a provenir de tomates genéticamente modificados, a lo que los consumidores en Europa y los E.E.U.U. no son generalmente receptivos.

El licopeno sintético está disponible en compañías químicas pero aún no está autorizado su uso para aplicaciones alimentarias. Por ello, de momento se usa solamente en cosméticos y en usos nutraceuticos. Además, el alto efecto de barrido de radicales libres que el licopeno natural presenta no ha podido conseguirse “in vitro” con las moléculas sintéticas.

Posibles aplicaciones

El uso del licopeno de los tomates como colorante fue aprobado en 1997. Esto significa que el ingrediente se puede referenciar como E160d, pero las compañías no han podido resaltar “contiene licopeno” para llamar la atención de sus beneficios para la salud.

La aprobación de nuevos alimentos concedida por la agencia de Estandarización Alimentaria del Reino Unido en 2005, dio vía libre para el uso de licopeno en los alimentos en cantidades de 5mg por ración, cantidad considerada como requerida para producir beneficios a la salud. Antes de este hecho, se encontraba bajo la legislación de los aditivos, puesto que era utilizado comúnmente como colorante alimentario.

El licopeno se clasifica como seguro en función de la cantidad ingerida. La dosis diaria admisible (ADI) fue evaluada y aprobada para 0-0.5mg/kg por la JECFA (Unión de Comités Expertos en Aditivos Alimentarios).

El licopeno se puede utilizar como colorante alimentario en alimentos y bebidas, proporcionando un intenso color rojo o anaranjado. Sin embargo, su uso puro como colorante sería muy costoso, porque su precio sigue siendo muy alto.

Debido a sus muchas cualidades positivas como sustancia activa, el licopeno es potencialmente interesante para su uso, en el sector de la alimentación, como suplemento alimentario. Podría ser utilizado, no solamente de forma aislada, sino también conjuntamente con otros carotenoides como el betacaroteno y la luteína.

Además, los efectos del licopeno como promotor de la salud son importantes para su uso en la industria de la medicina. El licopeno actúa como antioxidante, como secuestrante de radicales libres y su papel potencial en la prevención del cáncer y de las enfermedades cardiovasculares es muy prometedor.

También ofrece posibilidades de ser utilizado en cosméticos contra el proceso prematuro de envejecimiento de la piel. En la industria cosmética, el licopeno se utiliza en productos para el mantenimiento de la piel.

Mercados existentes y potenciales

El mercado de licopeno como ingrediente se ha valorado en 27 millones de dólares en 2003 (Frost y Sullivan) con una demanda creciente. Se pronostica un crecimiento en torno a un 100%.

En septiembre de 2004 LycoRed solicitó la aprobación como “nuevo alimento” para comercializar su licopeno en oleoresina de tomate para productos alimentarios incluyendo los yogures, el queso, las barras de pan y las barras de cereal.

El mercado europeo para el licopeno como ingrediente funcional alimentario parece estarse abriendo, desde que la compañía Vitatene ganó en 2006 la aprobación de nuevo alimento para su ingrediente derivado del hongo *Blakeslae trispora*.

4.3. Fibra de tomate

Situación del mercado

Hasta el momento solamente se ha identificado la compañía LycoRed como proveedor de fibra natural de tomate. Están suministrando fibra dietética de tomate a precios entre 3,50 y 4,70\$/kg.

Posibles aplicaciones

La fibra de tomate, que se obtiene como subproducto en la extracción del licopeno, es fibra nutricional y por tanto, su producción residual supondría un valor muy favorable.

La fibra puede encontrar aplicación como suplemento alimentario, por ejemplo, en los llamados “fitness snacks” (aperitivos para deportistas) y en otros alimentos funcionales.

La fibra de tomate se utiliza principalmente en el sector alimentario como modificador de la viscosidad en sopas y salsas. Es un ingrediente funcional para esta industria, usado para regular la viscosidad y para prevenir la sinéresis.

Hay muchos tipos de suplementos solubles de fibra disponibles para los consumidores para propósitos nutricionales, tratamiento de desórdenes gastrointestinales, y para posibles beneficios para la salud como reducir los niveles de colesterol, reducir el riesgo del cáncer de colon y perder peso.

Mercados existentes y potenciales

Hasta la fecha se han identificado pocas ofertas en el mercado. Por lo tanto, el uso de la fibra de tomate sería innovador y crearía un nuevo mercado. La comunicación y la penetración de cualquier producto nuevo, requeriría otro estudio respecto a la aceptación de los consumidores para poder prever y determinar los niveles de precios.

4.4. Aceite de semilla de tomate

Situación del mercado

El aceite de semilla de tomate no está disponible hasta ahora en el mercado como producto aislado. La mayoría de las veces, el aceite de semilla de tomate se integra en la oleoresina del tomate, vendida por su contenido en licopeno, pero que incluye también el aceite de semilla de tomate puesto que tomates enteros se utilizan como materia prima para el proceso de extracción.

Sin embargo BioLyco, una nueva compañía italiana está planeando comenzar la producción industrial de aceite de semilla de tomate de bajo coste a partir de residuos de procesado del tomate. La planta ha programado comenzar la producción a finales de 2008³.

El precio para los consumidores, de aceites comparables oscila entre 6.80 y 27.00\$/kg.

Posibles aplicaciones

El aceite de semillas de tomate se puede utilizar como aditivo alimentario rico en ácidos grasos poli-insaturados y como ingrediente cosmético.

Mercados existentes y potenciales

El aceite de semillas de tomate, extraído de residuos de tomate por medio de disolventes no se puede considerar como alimento.

[3] <http://www.nutraingredients.com/news-by-health/news.asp?id=73851&idCat=125&pf=1>

A menos que estén extraídos mecánicamente, los extractos destinados a usos alimentarios tienen que ser oficialmente probados y registrados dentro de la Unión Europea con números "E". La entrada inmediata asumiría el requerimiento de presión mecánica como único proceso de extracción, como por ejemplo sucede para el aceite de oliva.

El aceite de semillas de tomate podría ser producido al mismo tiempo que el licopeno se extrae con el uso de CO₂. El licopeno extraído por medio de CO₂ supercrítico está ya registrado como aditivo alimentario con el código E160d.

Por lo tanto, el uso del aceite de semilla de tomate, al igual que el de la fibra de tomate, sería innovador y crearía un nuevo mercado. La comunicación y la penetración de cualquier producto nuevo, requeriría otro estudio respecto a la aceptación de los consumidores para poder prever y determinar los niveles de precios.

5. Evaluación de la viabilidad ECONÓMICA de la extracción de compuestos bioactivos a partir de RESIDUOS del PROCESADO del TOMATE

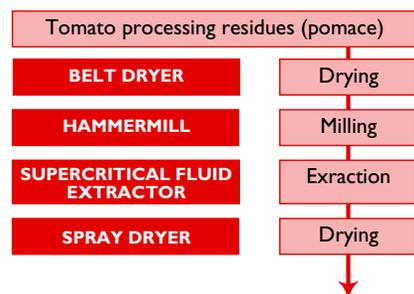
El objetivo de este apartado es mostrar el beneficio neto de la extracción de compuestos bioactivos de residuos del procesado del tomate, en base a los costes de la extracción industrial de estos compuestos y a los ingresos derivados de su venta.

Dos procesos de extracción se han utilizado como base de cálculo para determinar la viabilidad económica de la extracción de compuestos bioactivos, a partir de residuos del procesado del tomate:

- Ejemplo 1: Extracción con Fluidos supercríticos (SFE)/ CO₂-SC.
- Ejemplo 2: Extracción con disolventes líquidos.

Los organigramas siguientes muestran las etapas requeridas para extraer estos compuestos y los equipos necesarios, considerando los procesos de extracción supercrítica y de extracción convencional con disolventes líquidos.

Ejemplo 1:
EXTRACCIÓN CON FLUIDOS SUPERCRÍTICOS



Ejemplo 2:
EXTRACCIÓN CONVENCIONAL CON DISOLVENTES LÍQUIDOS



Es interesante resaltar que el pretratamiento (secado y molienda de la pulpa) se debe hacer necesariamente durante la estación de la cosecha (entre julio y septiembre, 3 meses) para preservar los residuos de procesado. La extracción y el secado son dos operaciones que se pueden hacer a lo largo de todo el año (60 días para la hipótesis mínima, 200 días para la intermedia y 330 días para la hipótesis máxima; 24 horas al día), reduciendo de esta manera el trabajo durante el corto periodo de la cosecha y soslayando parcialmente el problema de la estacionalidad de los extractos a obtener del tomate.

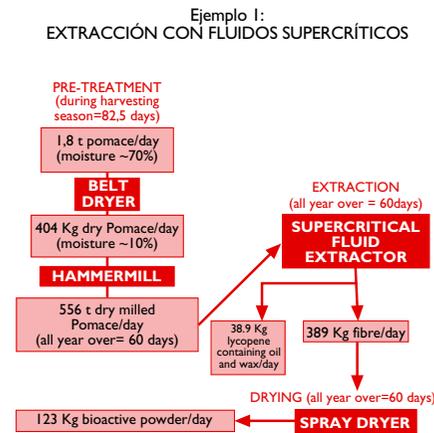
Es también muy importante comentar que los cálculos desarrollados en este capítulo incluyen solamente los costes debidos al trabajo, la energía, el mantenimiento, el control de calidad y los materiales. Los costes tales como el de venta, de comercialización, de envío, de manipulación, de almacenamiento, y los costes de la recuperación del disolvente no se han considerado. Sin embargo, incluso siendo poco exhaustivas, las evaluaciones siguientes proporcionan una buena idea de la viabilidad económica de los dos métodos de extracción diferentes.

5.1. Extracción de compuestos bioactivos de residuos del procesado del tomate

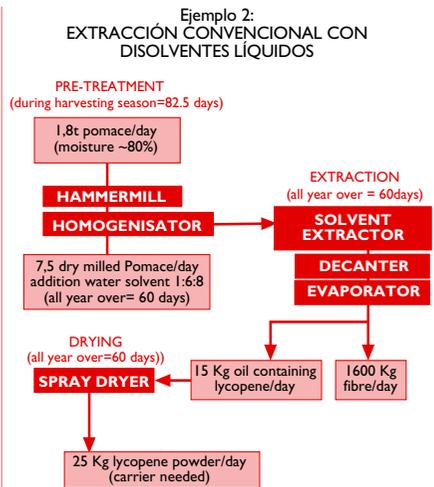
Partiendo de los datos de producción de los residuos del procesado del tomate, proporcionados por las asociaciones industriales europeas del sector, que participan en el proyecto, tres hipótesis se han elegido (mínima, intermedia y máxima) para proporcionar información adaptada a las compañías de diversos tamaños de producción

5.1.1. Hipótesis mínima

La hipótesis mínima considera el caso de pequeñas compañías procesando unas 20 000 toneladas de tomate cada año. La pulpa representa alrededor del 3% de la cantidad procesada. Es decir, esta hipótesis considera la cantidad de 150 toneladas anuales de residuos del procesamiento del tomate a tratar por una única empresa de procesamiento, durante la estación de cosecha, entre julio y septiembre, lo que supondría tratar 1.8 toneladas diarias.



Con SFE es posible extraer, durante 60 días (periodo de trabajo anual), alrededor de 39 kg de aceite y ceras que contienen 1 y 0,5% de licopeno y 389 kg de fibra por día. El aceite y la cera pueden venderse como tal o procesarse para producir un concentrado en polvo de licopeno (0.25%), produciendo 123kg/día.



Con la extracción convencional con disolventes líquidos es posible extraer durante 60 días (periodo de trabajo anual), alrededor de 15 kg de aceite que contiene licopeno y 1600 kg de fibra por día. El aceite se puede vender como tal o procesar para obtener 25 kg diarios de un concentrado en polvo de licopeno.

5.1.2. Hipótesis intermedia

Las empresas medianas procesan unas 100.000 toneladas anuales de tomate. La hipótesis intermedia considera una cantidad de 750 toneladas anuales de residuos del procesamiento del tomate (el 3% de la cantidad procesada). Según esto, unas 9 toneladas diarias de pulpa de tomate han de ser tratadas durante los 3 meses de la cosecha.

**Ejemplo 1:
EXTRACCIÓN CON FLUIDOS SUPERCRÍTICOS**

Con SFE es posible extraer, durante 200 días (periodo de trabajo anual), alrededor de 58 kg de aceite y ceras que contienen licopeno y 583 kg de fibra por día. El aceite y la cera pueden venderse como tal o procesarse para producir un concentrado de licopeno en polvo, produciendo 184 kg/día.

**Ejemplo 2:
EXTRACCIÓN CONVENCIONAL CON DISOLVENTES LÍQUIDOS**

Con la extracción convencional con disolventes líquidos es posible extraer durante 200 días (periodo de trabajo anual), alrededor de 25 kg de aceite que contiene licopeno y 2.7 toneladas de fibra por día. El aceite se puede vender como tal o procesar para obtener 42 kg diarios de un concentrado en polvo de licopeno.

5.1.3. Hipótesis máxima

Anualmente, en el norte de Italia (primer productor mundial) se producen 1.500.000 toneladas de residuos del procesamiento de tomate. La hipótesis máxima considera que la extracción de compuestos bioactivos es realizada por una única empresa extractora centralizada para toda la región, que trataría 136 toneladas de pulpa cada día durante la temporada de cosecha.

**Ejemplo 1:
EXTRACCIÓN CON FLUIDOS SUPERCRÍTICOS**

Con SFE es posible extraer, durante 330 días (periodo de trabajo anual), alrededor de 530 kg de aceite y ceras que contienen licopeno y 5303 kg de fibra por día. El aceite y la cera pueden venderse como tal o procesarse para producir un concentrado en polvo de licopeno produciendo 1675 kg/día.

**Ejemplo 2:
EXTRACCIÓN CONVENCIONAL CON DISOLVENTES LÍQUIDOS**

Con la extracción convencional con disolventes líquidos es posible extraer durante todo el año, alrededor de 227 kg de aceite que contiene licopeno y 24.2 toneladas de fibra por día. El aceite se puede vender como tal o procesar para obtener 383 kg diarios de un concentrado en polvo de licopeno.

5.2 Análisis económico de la extracción de compuestos bioactivos a partir de residuos del procesado del tomate

5.2.1. Extracción de aceite rico en licopeno, de ceras y de fibra de tomate

5.2.1.1. Análisis de costes

A continuación se muestra la evaluación de los costes de las diferentes etapas de tratamiento.

Costes de secado

La etapa de secado es la misma en ambos procesos de extracción (supercrítica y con disolventes líquidos convencionales). Los costes de producción se han calculado para secaderos de diversas capacidades, dependiendo de la hipótesis considerada. Los costes de mano de obra, energéticos y los costes analíticos para el control de calidad son proporcionales a la cantidad de residuos tratada anualmente.

Ejemplo 1: EXTRACCIÓN CON FLUIDOS SUPERCRÍTICOS

Costes de SECADO anuales (€)

Hipótesis mínima (150t/año)	Hipótesis intermedia (750t/año)	Hipótesis máxima (11 250t/año)
8.458	34.378	114.020

Hipótesis mínima e intermedia

Capacidad del secadero:	20 000kg/día
Inversión inicial para el secadero:	80 000 €

Hipótesis máxima

Capacidad del secadero:	2x100 000 kg/día
Inversión inicial para el secadero:	440 000 €

Ejemplo 2: EXTRACCIÓN CONVENCIONAL CON DISOLVENTES LÍQUIDOS

Costes de SECADO anuales (€)

Hipótesis mínima (150t/año)	Hipótesis intermedia (750t/año)	Hipótesis máxima (11 250t/año)
no se requiere	34.378	114.020

Hipótesis intermedia

Capacidad del secadero:	20 000 kg/día
Initial Investment:	80 000 €

Hipótesis máxima

Capacidad del secadero:	2x100 000 kg/día
Inversión inicial para el secadero:	440 000 €

Costes de molienda

La etapa de molienda es la misma en ambos procesos de extracción (supercrítica y con disolventes convencionales) y requiere la inversión en un molino de martillos.

Ejemplo 1: EXTRACCIÓN CON FLUIDOS SUPERCRÍTICOS

Costes de molienda anuales (€)

Hipótesis mínima (150t/año)	Hipótesis intermedia (750t/año)	Hipótesis máxima (11 250t/año)
4.756	23.160	35.750

Hipótesis mínima e intermedia

Capacidad del molino:	5 000 kg/día
Inversión inicial:	20 000 €

Hipótesis máxima

Capacidad del molino:	50 000 kg/día
Inversión inicial:	50 000 €

Ejemplo 2: EXTRACCIÓN CONVENCIONAL CON DISOLVENTES LÍQUIDOS

Costes de molienda anuales (€)

Hipótesis mínima (150t/año)	Hipótesis intermedia (750t/año)	Hipótesis máxima (11 250t/año)
18.352	23.160	35.750

Hipótesis mínima

Capacidad del molino:	2 x 5 000 kg/día
Inversión inicial:	40 000 €

Hipótesis intermedia

Capacidad del molino:	5 000 kg/día
Inversión inicial:	20 000 €

Hipótesis máxima

Capacidad del molino:	50 000 kg/día
Inversión inicial:	50 000 €

Costes de homogeneización

La homogeneización es una etapa necesaria solamente en el proceso de extracción con disolventes líquidos.

Ejemplo 1: EXTRACCIÓN CON FLUIDOS SUPERCRÍTICOS

;;No se requiere homogeneización!!

Ejemplo 2: EXTRACCIÓN CONVENCIONAL CON DISOLVENTES LÍQUIDOS

Costes anuales de HOMOGENEIZACIÓN (€)

Hipótesis mínima (150t/año)	Hipótesis intermedia (750t/año)	Hipótesis máxima (11 250t/año)
21 307	65 374	856 935

Hipótesis mínima e intermedia

Capacidad del homogeneizador:	24 000 kg/día
Inversión inicial :	20 000 €

Hipótesis máxima

Capacidad del homogeneizador:	5x 24 000 kg/día
Inversión inicial :	100 000 €

Costes de extracción

La inversión inicial de los dos procesos de extracción es extremadamente diferente: entre 40 000 y 160 000 € para la extracción convencional con disolventes líquidos, y entre 4 000 000 € y 14 000 000 para la extracción supercrítica. Por otra parte, el consumo de disolvente es mayor en la extracción no-supercrítica. Se ha considerado un ratio de CO₂ consumido, con respecto a material extraído de 30, así como una recirculación de CO₂ del 80%. Para la extracción líquida con disolventes, se ha considerado una recuperación de disolvente del 90%.

Ejemplo 1: EXTRACCIÓN CON FLUIDOS SUPERCRÍTICOS			Ejemplo 2: EXTRACCIÓN CONVENCIONAL CON DISOLVENTES LÍQUIDOS		
Costes anuales de EXTRACCIÓN (€)			Costes anuales de EXTRACCIÓN (€)		
Hipótesis mínima (150t/año)	Hipótesis intermedia (750t/año)	Hipótesis máxima (11 250t/año)	Hipótesis mínima (150t/año)	Hipótesis intermedia (750t/año)	Hipótesis máxima (11 250t/año)
198 634	469 919	3 853 298	18 925	48 460	659 428
Hipótesis mínima			Hipótesis mínima		
Capacidad del extractor supercrítico: 2 x 1320 kg/día			Capacidad del extractor: 35 000 kg/día		
Inversión inicial: 4 000 000 €			Inversión inicial: 40 000 €		
Hipótesis intermedia			Hipótesis intermedia		
Capacidad del extractor supercrítico: 3 x 1320 kg/día			Capacidad del extractor: 100 000 kg/día		
Inversión inicial: 6 000 000 €			Inversión inicial: 80 000 €		
Hipótesis máxima			Hipótesis máxima		
Capacidad del extractor supercrítico: 7 x 1320 kg/día			Capacidad del extractor: 2 x 100 000 kg/día		
Inversión inicial: 14 000 000 €			Inversión inicial: 160 000 €		

Costes de decantación

La decantación es una etapa únicamente necesaria en el proceso de extracción convencional con disolventes líquidos.

Ejemplo 1: EXTRACCIÓN CON FLUIDOS SUPERCRÍTICOS			Ejemplo 2: EXTRACCIÓN CONVENCIONAL CON DISOLVENTES LÍQUIDOS		
OTROS costes anuales (€)			OTROS costes anuales (€)		
Hipótesis mínima (150t/año)	Hipótesis intermedia (750t/año)	Hipótesis máxima (11 250t/año)	Hipótesis mínima (150t/año)	Hipótesis intermedia (750t/año)	Hipótesis máxima (11 250t/año)
559	2 794	76 319	15 619	99 440	1 044 372
Hipótesis mínima e intermedia			Hipótesis mínima e intermedia		
Capacidad del Decantador: 25 000 kg/día			Capacidad del Decantador: 25 000 kg/día		
Inversión inicial: 180 000 €			Inversión inicial: 180 000 €		
Hipótesis máxima			Hipótesis máxima		
Capacidad del Decantador: 3 x 50 000 kg/día			Capacidad del Decantador: 3 x 50 000 kg/día		
Inversión inicial: 750 000 €			Inversión inicial: 750 000 €		

¡¡No se requiere decantación!!

Costes de evaporación

La evaporación es una etapa únicamente necesaria en el proceso de extracción convencional con disolventes líquidos.

Ejemplo 1: EXTRACCIÓN CON FLUIDOS SUPERCRÍTICOS			Ejemplo 2: EXTRACCIÓN CONVENCIONAL CON DISOLVENTES LÍQUIDOS		
OTROS costes anuales (€)			OTROS costes anuales (€)		
¡¡No se requiere evaporación!!			OTROS costes anuales (€)		
Hipótesis mínima (150t/año)	Hipótesis intermedia (750t/año)	Hipótesis máxima (11 250t/año)	Hipótesis mínima (150t/año)	Hipótesis intermedia (750t/año)	Hipótesis máxima (11 250t/año)
47 568	85 360	721 848	1 587	4 555	98 564
Hipótesis mínima			Hipótesis mínima		
Capacidad del evaporador: 2 x 25 000 kg/día			Capacidad del evaporador: 2 x 25 000 kg/día		
Inversión inicial: 360 000 €			Inversión inicial: 360 000 €		
Hipótesis intermedia			Hipótesis intermedia		
Capacidad del evaporador: 150 000 kg/día			Capacidad del evaporador: 150 000 kg/día		
Inversión inicial: 600 000 €			Inversión inicial: 600 000 €		
Hipótesis máxima			Hipótesis máxima		
Capacidad del evaporador: 2 x 150 000 kg/día			Capacidad del evaporador: 2 x 150 000 kg/día		
Inversión inicial: 1 200 000 €			Inversión inicial: 1 200 000 €		

Otros costes

Se han considerado los costes de supervisión y los relativos a un transporte medio de 15 km para la hipótesis máxima.

Inversión Total y costes de producción

Sumando los gastos de pretratamiento, extracción y purificación, se requieren las siguientes inversiones en equipamiento y los siguientes costes de operación.

Ejemplo 1: EXTRACCIÓN CON FLUIDOS SUPERCRÍTICOS			Ejemplo 2: EXTRACCIÓN CONVENCIONAL CON DISOLVENTES LÍQUIDOS		
Costes TOTALES anuales (₺)			Costes TOTALES anuales (₺)		
Hipótesis mínima (150t/año)	Hipótesis intermedia (750t/año)	Hipótesis máxima (11 250t/año)	Hipótesis mínima (150t/año)	Hipótesis intermedia (750t/año)	Hipótesis máxima (11 250t/año)
212 407	530 250	4 079 387	136 958	388 313	3 992 157
Inversión inicial TOTAL (₺)			Inversión inicial TOTAL (₺)		
Hipótesis mínima (150t/año)	Hipótesis intermedia (750t/año)	Hipótesis máxima (11 250t/año)	Hipótesis mínima (150t/año)	Hipótesis intermedia (750t/año)	Hipótesis máxima (11 250t/año)
4 117 333	6 126 000	14 726 364	719 778	1 154 667	3 478 788

5.2.1.2. Análisis de beneficios

El proceso de extracción proporciona diversa clase de extractos naturales que se pueden vender en estado crudo como integrador o para las formulaciones cosméticas. El precio en el mercado depende del contenido en licopeno. Tomando como referencia los precios actuales del mercado, puede considerarse un precio medio para el aceite de 50.00₺/kg y para la fibra de 1.00₺/kg.

Ejemplo 1: EXTRACCIÓN CON FLUIDOS SUPERCRÍTICOS			Ejemplo 2: EXTRACCIÓN CONVENCIONAL CON DISOLVENTES LÍQUIDOS		
Productos extraídos (kg)			Productos extraídos (kg)		
	Aceite rico en licopeno y ceras	Fibra		Aceite rico en licopeno	Fibra
Hipótesis mínima (150t/año)	2 333	23 333	Hipótesis mínima (150t/año)	1 516	24 000
Hipótesis intermedia (750t/año)	11 667	116 667	Hipótesis intermedia (750t/año)	8 421	133 333
Hipótesis máxima (11 250t/año)	175 000	1 750 000	Hipótesis máxima (11 250t/año)	126 316	2 000 000

Ingresos anuales (₺)			Ingresos anuales (₺)		
Hipótesis mínima (150t/año)	Hipótesis intermedia (750t/año)	Hipótesis máxima (11 250t/año)	Hipótesis mínima (150t/año)	Hipótesis intermedia (750t/año)	Hipótesis máxima (11 250t/año)
140 000	700 000	10 500 000	99 789	554 386	8 315 789

5.2.2. Extracción de un concentrado en polvo de licopeno y de fibra de tomate

Para obtener un concentrado en polvo de licopeno, el aceite rico en licopeno debe ser procesado. Las fibras de tomate, extraídas por medio de extracción supercrítica o de extracción convencional, pueden comercializarse como tal.

5.2.2.1. Análisis de costes

Los costes debidos al proceso de secado posterior a la extracción han sido estimados.

Costes de secado

Para el secado por aspersion de un aceite, es necesario un agente auxiliar que actúe como soporte.

Ejemplo 1: EXTRACCIÓN CON FLUIDOS SUPERCRÍTICOS			Ejemplo 2: EXTRACCIÓN CONVENCIONAL CON DISOLVENTES LÍQUIDOS		
Costes anuales de SECADO POR ASPERSIÓN (₺)			Costes anuales de SECADO POR ASPERSIÓN (₺)		
Hipótesis mínima (150t/año)	Hipótesis intermedia (750t/año)	Hipótesis máxima (11 250t/año)	Hipótesis mínima (150t/año)	Hipótesis intermedia (750t/año)	Hipótesis máxima (11 250t/año)
30 847	102 200	1 318 310	16 199	72 120	578 710
Todas las hipótesis			Hipótesis mínima e intermedia		
Capacidad del secadero por aspersion: 3 000 kg/día			Capacidad del secadero por aspersion: 500 kg/día		
Inversión inicial: 350 000 ₺			Inversión inicial: 100 000 ₺		
			Hipótesis máxima		
			Capacidad del secadero por aspersion: 3 000 kg/día		
			Inversión inicial: 350 000 ₺		

Inversión total y costes de producción

Teniendo en cuenta los costes relativos al pretratamiento, a la extracción, y a la purificación y secado posterior, se requieren las siguientes inversiones en equipamiento y los siguientes costes de operación.

Ejemplo 1: EXTRACCIÓN CON FLUIDOS SUPERCRÍTICOS			Ejemplo 2: EXTRACCIÓN CONVENCIONAL CON DISOLVENTES LÍQUIDOS		
Costes anuales TOTALES (€)			Costes anuales TOTALES (€)		
Hipótesis mínima (150t/año)	Hipótesis intermedia (750t/año)	Hipótesis máxima (11 250t/año)	Hipótesis mínima (150t/año)	Hipótesis intermedia (750t/año)	Hipótesis máxima (11 250t/año)
243 253	632 450	5 397 697	153 157	460 433	4 570 867
Inversión inicial TOTAL(€)			Inversión inicial TOTAL(€)		
Hipótesis mínima (150t/año)	Hipótesis intermedia (750t/año)	Hipótesis máxima (11 250t/año)	Hipótesis mínima (150t/año)	Hipótesis intermedia (750t/año)	Hipótesis máxima (11 250t/año)
4 467 333	6 476 000	15 076 364	819 778	1 254 667	3 828 788

5.2.2.2. Análisis de beneficios

Considerando un precio medio aproximado de 20.00 €/kg para el concentrado de licopeno y los comentados ingresos debidos a la venta de fibra de tomate, pueden estimarse los siguientes beneficios anuales:

Ejemplo 1: EXTRACCIÓN CON FLUIDOS SUPERCRÍTICOS			Ejemplo 2: EXTRACCIÓN CONVENCIONAL CON DISOLVENTES LÍQUIDOS		
Productos extraídos (€)			Productos extraídos (€)		
	Aceite rico en licopeno	Fibra		Aceite rico en licopeno	Fibra
Hipótesis mínima (150t/año)	7 368	23 333	Hipótesis mínima (150t/año)	6 063	24 000
Hipótesis intermedia (750t/año)	36 842	116 667	Hipótesis intermedia (750t/año)	33 684	133 333
Hipótesis máxima (11 250t/año)	552 632	1 750 000	Hipótesis máxima (11 250t/año)	505 263	2 000 000
Ingresos anuales (€)			Ingresos anuales (€)		
Hipótesis mínima (150t/año)	Hipótesis intermedia (750t/año)	Hipótesis máxima (11 250t/año)	Hipótesis mínima (150t/año)	Hipótesis intermedia (750t/año)	Hipótesis máxima (11 250t/año)
170 702	853 509	12 802 632	145 263	807 018	12 105 263

5.3. Beneficios anuales y tiempo de amortización

			Hipótesis mínima (150t/año)	Hipótesis intermedia (750t/año)	Hipótesis máxima (11 250t/año)
Ejemplo 1: EXTRACCIÓN CON FLUIDOS SUPERCRÍTICOS	Aceite rico en licopeno; Fibra de tomate	Beneficio anual (€) sin amortización	-72 407	169 750	6 420 614
		Beneficio anual (€) incluyendo amortización en 5 años	-892 407	-1 050 250	3 522 614
	Concentrado de licopeno; Fibra de tomate	Beneficio anual (€) sin amortización	-72 551	221 059	7 404 935
		Beneficio anual (€) incluyendo amortización en 5 años	-962 551	-1 068 941	4 436 935
Ejemplo 2: EXTRACCIÓN CONVENCIONAL CON DISOLVENTES LÍQUIDOS	Aceite rico en licopeno; Fibra de tomate	Beneficio anual (€) sin amortización	-37 169	166 073	4 323 633
		Beneficio anual (€) incluyendo amortización en 5 años	-171 169	-49 927	3 763 633
	Concentrado de licopeno; Fibra de tomate	Beneficio anual (€) sin amortización	-7.894	346.585	7.534.397
		Beneficio anual (€) incluyendo amortización en 5 años	-161.894	110.585	6.904.397

En el caso de la extracción con fluidos supercríticos para la hipótesis mínima, las pérdidas económicas, muestran la inviabilidad de este proceso para tratar 150 toneladas de residuos al año.

El secado del aceite de licopeno no resulta económicamente interesante, excepto para el tratamiento de 11 250 toneladas de residuos al año, pues se requiere el empleo de una gran cantidad de agente auxiliar que actúe como soporte, con la consecuente disminución de contenido de licopeno en el concentrado.

La hipótesis máxima se muestra como económicamente factible. Sin embargo, la ventaja de la extracción con fluidos supercríticos respecto a la realizada de forma convencional, debida al disolvente residual que queda en los productos extraídos de esta segunda forma, así como los costes para construir el centro de tratamiento, los debidos al transporte de los subproductos, al empaquetado y al medio ambiente deben ser considerados.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Porcelli G., Folliero G., "Additivi e coloranti negli Alimenti", Bulzani Editore, Roma 1977: Antiossidanti, p 15.
- Cerruti G., "Il Rischio Alimentare" 1993: antiossidanti, sinergisti, sequestranti, cap. 8.5.
- Tamburini R., L. Sandei, A. Aldini, F. De Sio, C. Leoni. Effetto delle condizioni di magazzinaggio sul contenuto di licopene in passati di pomodoro ottenuti con differenti tecniche di preparazione. Effect of storage conditions on lycopene content in tomato purees obtained with different processing techniques. *Ind. Conserve*, 74, 341 (1999).
- Hartal D., Nir Z., *International Food Ingredients*: "Lycopene, double functionality", June 2000, pg. 25.
- Zanotti G., L. Sandei, C. Leoni. Influenza del materiale da imballaggio sul mantenimento del contenuto di licopene e del colore di una passata di pomodoro. *Ind. Conserve*, 76, 5 (2001).
- Cabassi A., L. Sandei, C. Leoni. Effetti delle operazioni industriali e delle condizioni di magazzinaggio sul colore e sui carotenoidi nelle polveri di pomodoro. *Ind. Conserve*, 76, 299 (2001).
- Leoni C.. Derivati industriali del pomodoro: da condimento "povero" ad "alimento nutraceutico" - *Ind. Conserve*, 77, 57 (2002).
- AMITOM The white book on antioxidants in tomatoes and tomato products and their health benefits. ed.: R. Bilton, M. Gerber, P.Grolier and C. Leoni. CMTI Publ. Avignon, 2001 ISSN 1145-9565
- Vulcano D., L. Sandei e C. Leoni . Contributo specifico all'attività antiossidante della frazione liposolubile dei derivati del pomodoro. - *Ind. Conserve*, 77, 219 (2002).
- Sauce M., Bowen P. E., Dwyer J., Wang X., Hartal D., Danzing L., Rao L., Emma G., Rao A. V., *Agrofood Industry hi-tech*: "Special Highlight: Lycopene", July 2003, pp. 8-29.
- Sandei L., A. Cabassi, C. Leoni Effects of technological operations and storage conditions on colour and carotenoids content of tomato powders. (poster) 8th Int. Symposium on the production of processing tomatoes. Istanbul, 2002. in *Acta Horticulturae*, 613, 415 (2003).
- Leoni C. Focus on lycopene 8th Int. Symposium on the production of processing tomatoes. Istanbul, 2002. in *Acta Horticulturae*, 613, 357 (2003)
- Cremona F., L. Sandei, C. Taddei, C. Leoni – Valutazione nel tempo degli effetti del congelamento sul contenuto di licopene e sul colore dei derivati di pomodoro surgelati. *Ind. Conserve*, 79, 379 (2004).
- Tyssandier V. et al, *Journal of the American College of Nutrition*: "Eating tomatoes boost beta-carotene and lutein too", Vol.23, N. 2, 148-156 (2004).
- Mele G., Restuccia D., Vinci G., *Tecnologie Alimentari*: "Trattamenti tecnologici e isomerizzazione del licopene nei prodotti a base di pomodoro", Febbraio 2004, pg. 44.
- Danzing L., *International Food Ingredients*: "Colour", March 2004, pg. 42.
- Valenzano V., Santamaria P., Serio F., *Ingredienti Alimentari*: "Composti ad attività biologica del pomodoro", Aprile 2004, pg. 10.
- Herzog A., Wertz K., *Agrofood Industry hi-tech*: "Lycopene effects for improved prostate health", February 2005, pg. 13.
- Riso P., Porrini M., *Ingredienti Alimentari*: "Il licopene, pigmento con potenziali proprietà protettive, come ingrediente salutistico", Aprile 2005, pg. 6.
- Levi J., Sharoni Y., *Agrofood Industry hi-tech*: "Tomato lycopene as an anticancer phytonutrient", December 2005, pg.12.
- Naviglio D., Pizzolongo F., Santini A., Ferrara L., Naviglio B., *Ingredienti Alimentari*: "Estrazione del licopene ad elevato grado di purezza dagli scarti di pomodoro", Febbraio 2006.
- Taddei C., L. Sandei, F. Cremona, C. Leoni – Valutazione nel tempo degli effetti del congelamento sul contenuto di licopene e sul colore della superficie di pizze surgelate. *Ind. Conserve*, 80, 235 (2005).

- Rao V. – Content, behaviour and bioavailability of Lycopene in Processed Tomatoes – in Tomatoes, Lycopene and Human Health – ed. Venker Rao 2007 Caledonian Science Press ISBN 0-95553565-0-4
- Leoni C., Arpa: “Agroindustria, le molte vite degli scarti”, Marzo-Aprile 2006, pg.26.
- Louise Prance, Cosmetics design-europe.com: “Natural Ingredients drive self-tan market”, 07/02/2007
- Sandei L., and C. Leoni “Exploitation of by-products (solid wastes) coming from tomato industry to obtain hi-value antioxidants. Acta Horticulturae , n. 724 (249 – 257) 2007.
- Nutra ingredients.com Europe: “New player to tap tomato waste for cheaper lycopene”, 1/02/2007
- Nutra ingredients.com Europe: “Tomato extract could stop platelet build-up, boost heart health”, 25/09/2006
- Nutra ingredients.com Europe: “Lycopene-rich foods to boost healthy branding”, 19/05/2006
- Stephen Daniells, Nutra ingredients.com Europe: “More support for lycopene protection against prostate cancer”, 03/05/2006
- Stephen Daniells, Nutra ingredients.com USA: “LycoRed court US cosmeceuticals market with lycopene”, 22/02/2007
- Nutra ingredients.com Europe: “Synthetic lycopene just as good as natural?”, 27/11/2003.

7. AGRADECIMIENTOS

Los miembros de BIOACTIVE-NET agradecen el apoyo financiero de la Comisión Europea para la realización de manual Bioactive-net.

La publicación de este manual no habría sido posible sin las colaboraciones de todos los expertos que contribuyen desde las ocho organizaciones miembros de BIOACTIVE-NET, y sin los colaboradores externos, que amablemente apoyaron el consorcio con sus valiosas contribuciones.

8. OTROS PROYECTOS y ENLACES relacionados

TOM “Desarrollo de nuevos aditivos alimentarios extraídos a partir de los residuos de las industrias de procesado de tomate para su aplicación en alimentos funcionales” fue fundado bajo el quinto Programa Marco. Este proyecto se dirigió al desarrollo de un nuevo y beneficioso proceso para la reducción de la cantidad de residuos de tomate a través de su completa utilización. Por otro lado, el objetivo del proyecto fue la purificación específica, tanto con métodos innovadores como con los métodos ya establecidos, de sustancias valiosas para ser empleadas como aditivo alimentario y también en las industrias cosmética y farmacéutica. (Número de proyecto: QLK1-CT-2002-71361)

- Puerta de entrada a la Unión Europea.
www.europa.eu
- Servicio Comunitario de Información de Investigación y Desarrollo.
www.cordis.europa.eu
- ttz Bremerhaven.
www.ttz-bremerhaven.de
- ainia centro tecnológico.
www.ainia.es
- Confederación de Cooperativas Agrarias de España.
www.ccae.es
- AMITOM - Asociación Internacional Mediterránea del procesado del tomate.
www.amitom.com
- VIGNAIOLI PIEMONTESE S.C.A (Italia).
www.vignaioli.it
- Unión de Cooperativas Agrícolas de Peza (Grecia).
www.pezaunion.gr
- ANFOVI - Organismo de formación de Vinicultores Independientes (Francia).
www.anfovi.com
- Tecnoalimenti S.C.p.A. (Italia).
www.tecnoalimenti.com