UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

FoodUPV

Materiales biodegradables activos para el envasado sostenible de alimentos

Amparo Chiralt

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

FoodUPV

Instituto Universitario de Ingeniería de Alimentos

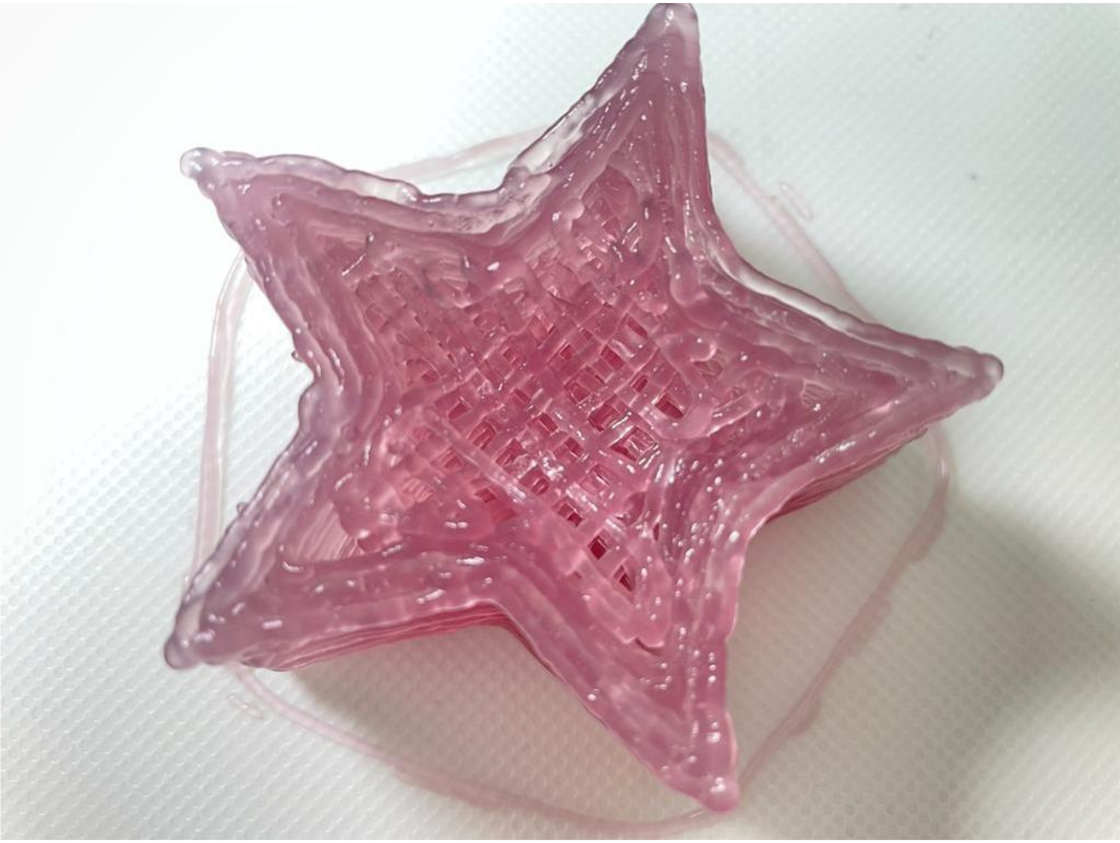
UPV

Misión

Investigar en el desarrollo de productos y procesos que contribuyan a una producción de alimentos más seguros, saludables y sostenibles, con mayor calidad organoléptica y nutricional.

Impulsar la transferencia de tecnología al tejido empresarial.

Formar a profesionales altamente cualificados y establecer un vínculo a largo plazo con ellos.



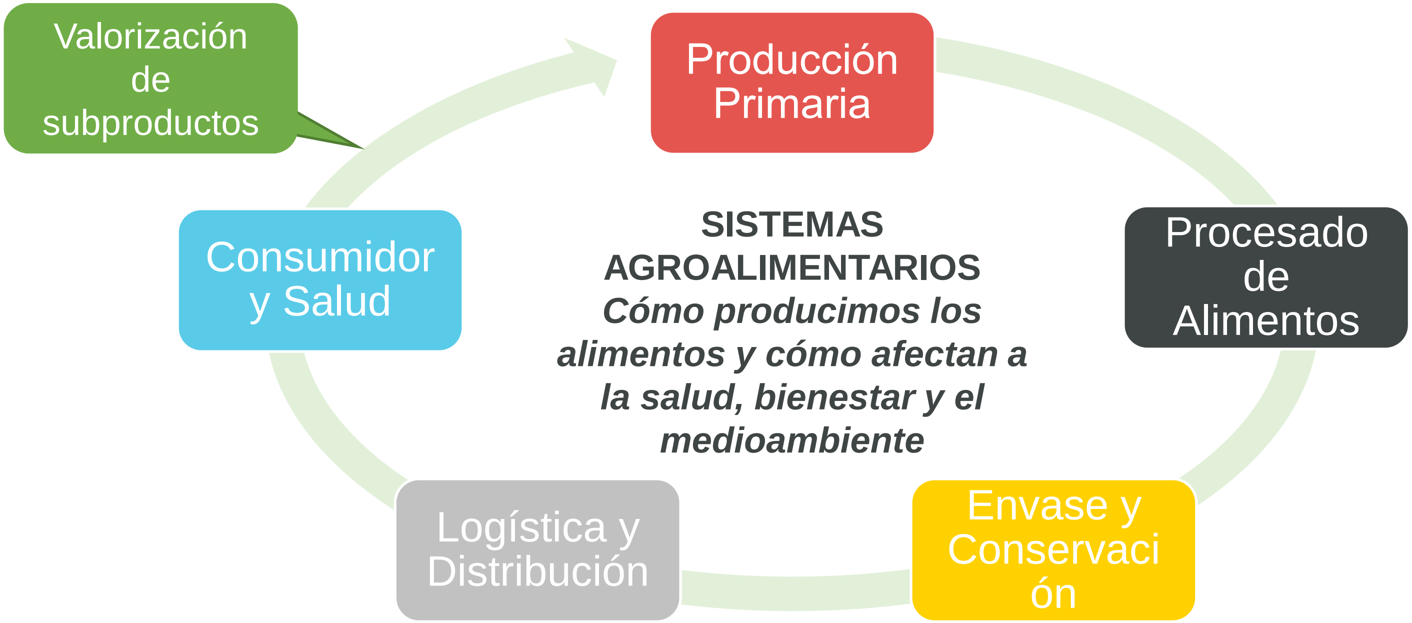
Equipo

Nuestro equipo está formado por 47 investigadores titulares y alrededor de 150 personas (entre contratados y estudiantes), divididos en 11 grupos de investigación y 6 personas de apoyo a la I+D+i.

Instalaciones

- 5.000 m^2 de instalaciones
- 8 laboratorios generales
- 29 laboratorios específicos
- 3 plantas piloto
- 2 salas de catas

Investigación alimentaria: FoodUPV



Valorización de subproductos

Producción Primaria

Procesado de Alimentos

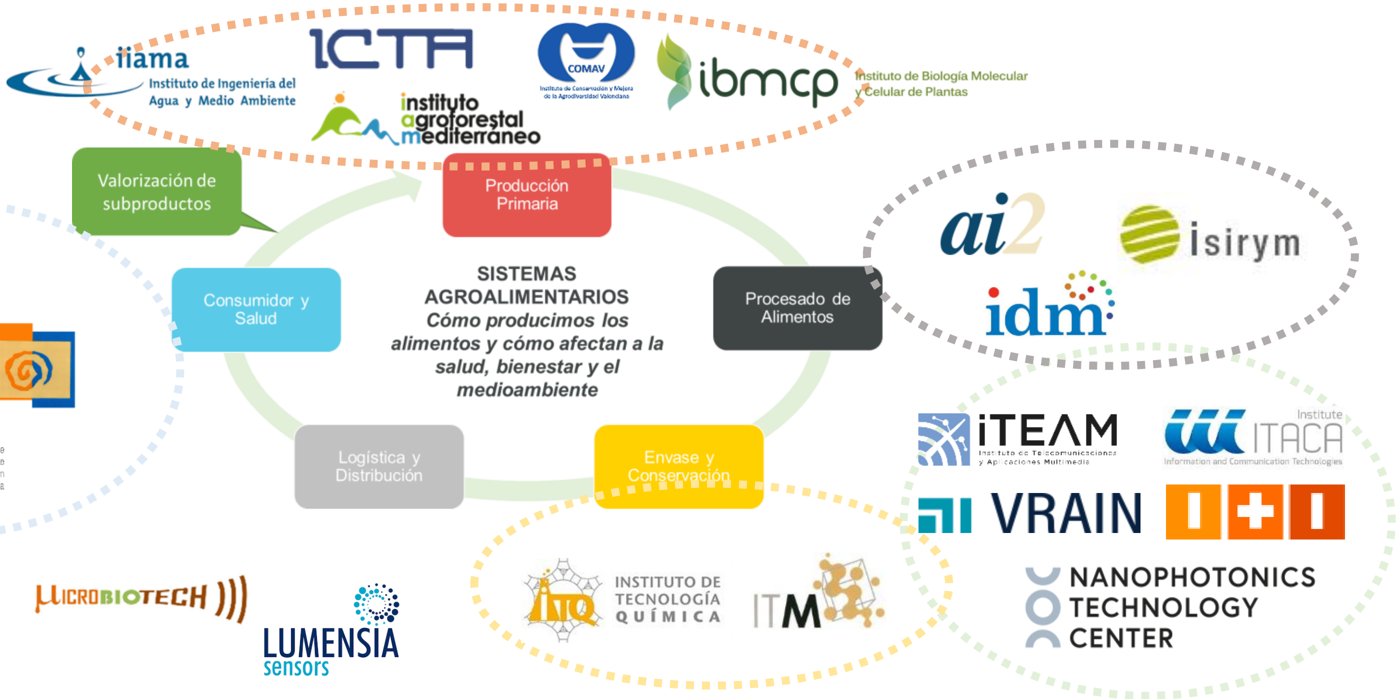
Envase y Conservación

Logística y Distribución

Consumidor y Salud

SISTEMAS AGROALIMENTARIOS
Cómo producimos los alimentos y cómo afectan a la salud, bienestar y el medioambiente

Colaboradores UPV


iiama
Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente
ICTA
COMAV
ibmcp
Instituto de Biología Molecular y Celular de Plantas
instituto agroforestal mediterráneo
ai2
isirym
idm
i3M
IBV
i3B Instituto de Investigación e Innovación en Bioingeniería
iTEAM
ITACA
VRAIN
NANOPHOTONICS TECHNOLOGY CENTER
MICROBIOTECH
LUMENSIA sensors
INSTITUTO DE TECNOLOGÍA QUÍMICA
ITM

Valorización de subproductos

Producción Primaria

Consumidor y Salud

SISTEMAS AGROALIMENTARIOS
Cómo producimos los alimentos y cómo afectan a la salud, bienestar y el medioambiente

Procesado de Alimentos

Logística y Distribución

Envase y Conservación

Algunos de los retos actuales

Problema ambiental causado por los plásticos

&

Producir y conservar alimentos de forma sostenible

- Consumo responsable

SAY
NO TO
PLASTIC!

- Reciclado

- Envases biodegradables

100% RECYCLABLE
100% BIODEGRADABLE

Alineación con ODSs

2 HAMBRE CERO

3 SALUD Y BIENESTAR

12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES

13 ACCIÓN POR EL CLIMA

14 VIDA SUBMARINA

15 VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES

Conservación de alimentos en plásticos

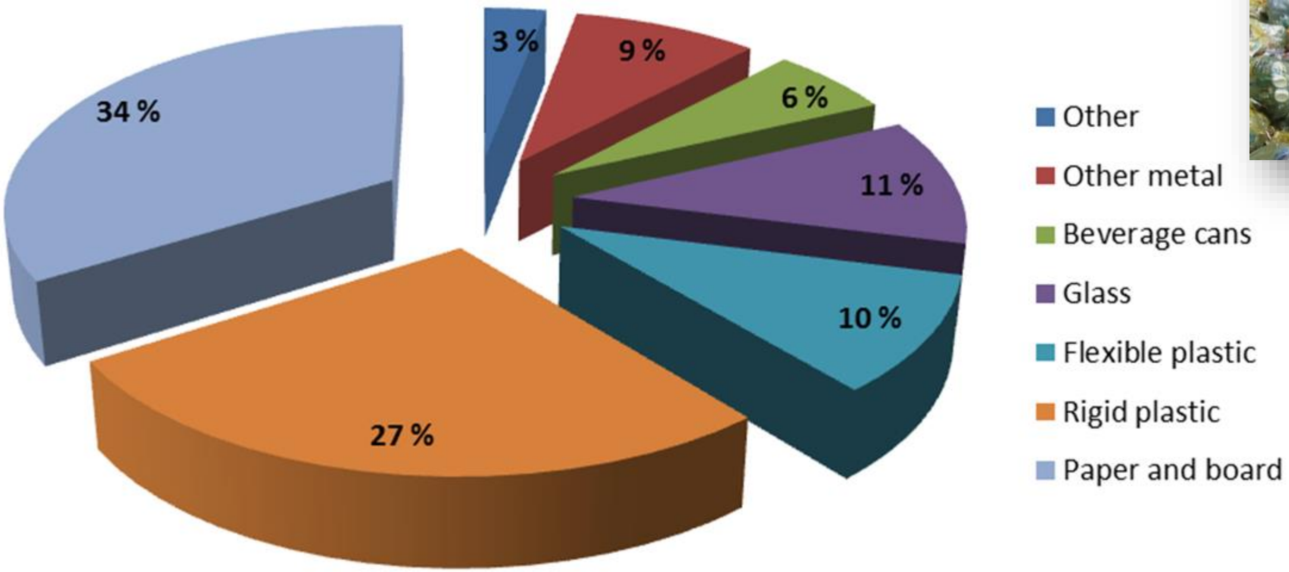
Los plásticos

En Europa: se recicla el 30 %, 27 % va a vertederos, 41 % se incinera

Producción mundial 2016:

335 millones de toneladas
5% crecimiento anual

- **El 63 % de los residuos plásticos provienen del envasado.**
- **Menos del 14 % son reciclables**

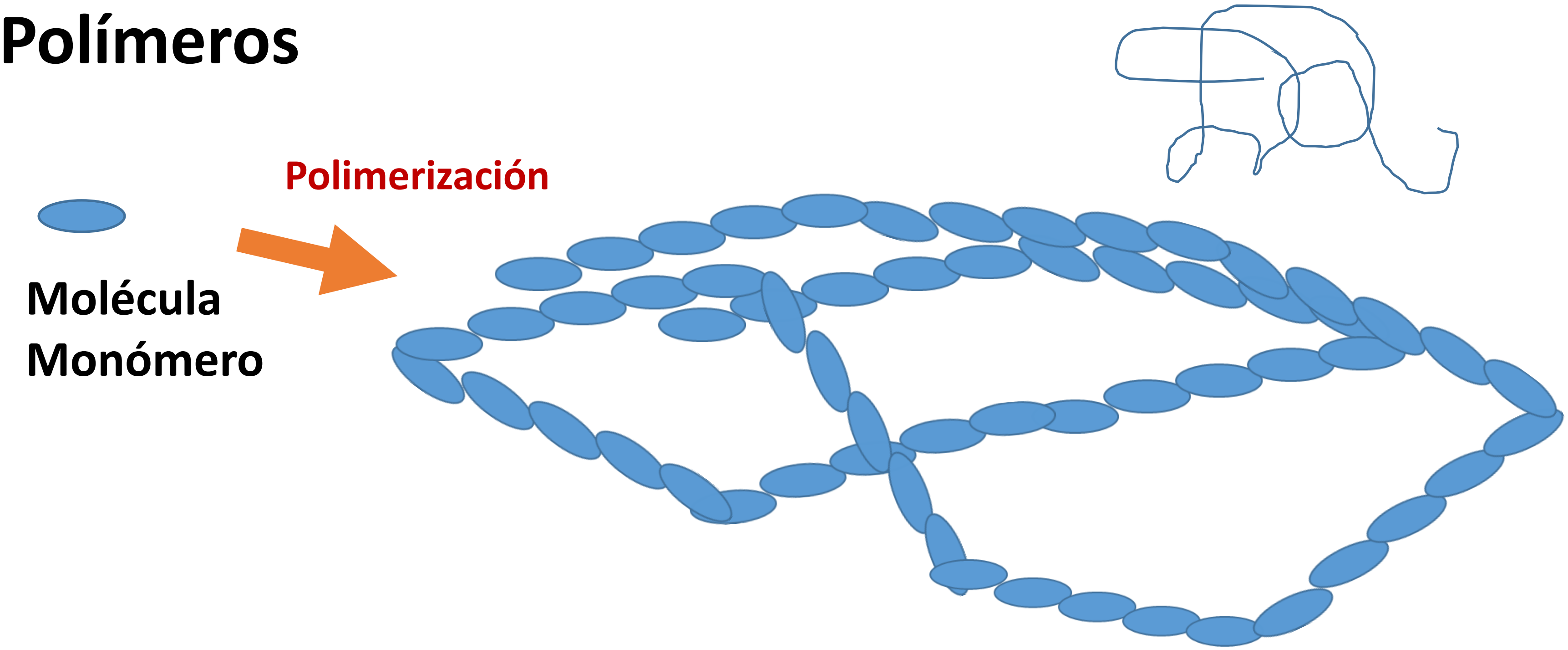


~40%

Materiales de envasado:
Fuente: http://www.foodpackagingforum.org/, 2016.

¿Que es el plástico?

Polímeros

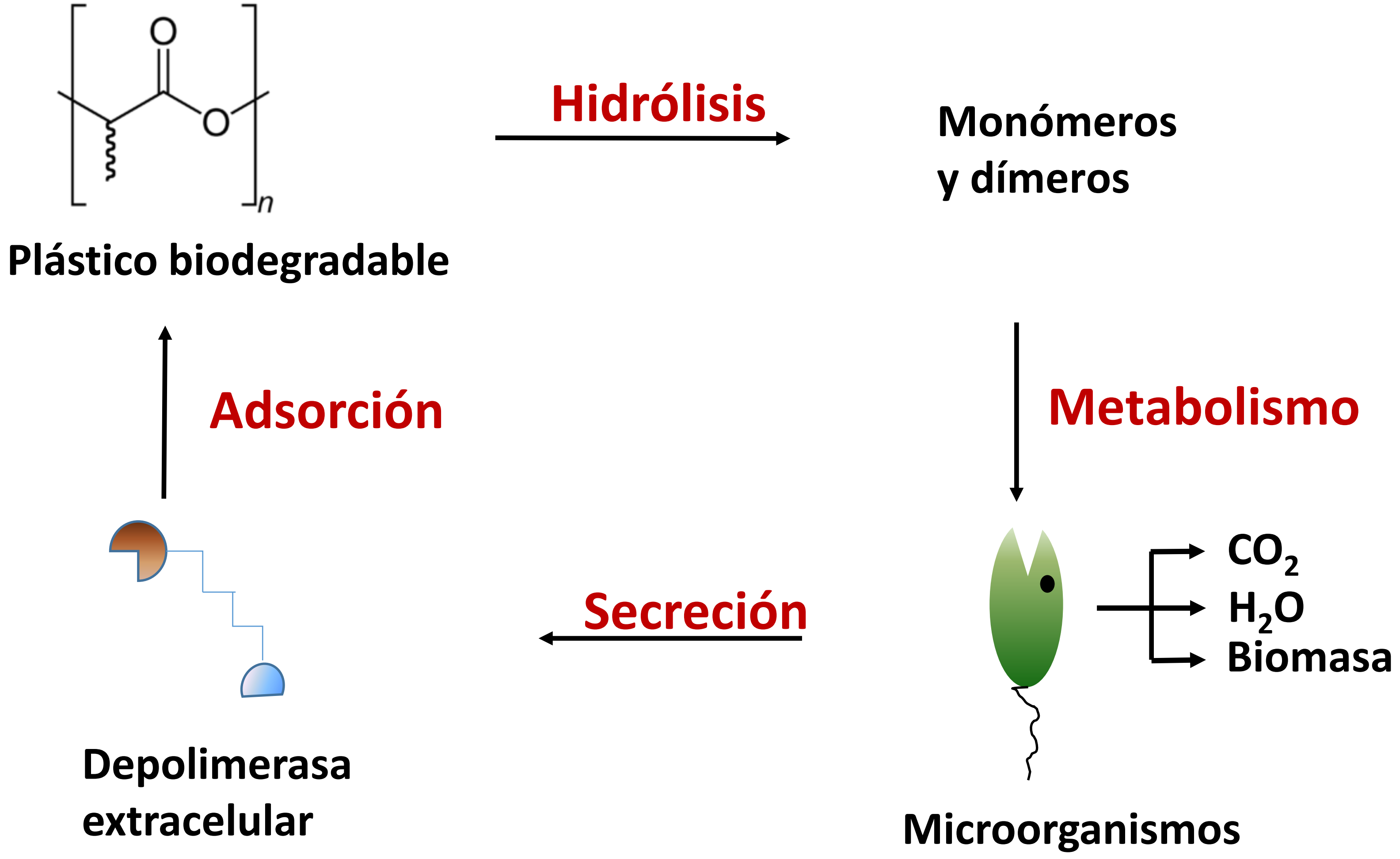


Polimerización

Molécula
Monómero

Macromolécula
Polímero

Biodegradación



Plástico biodegradable

Hidrólisis

Monómeros
y dímeros

Metabolismo

Microorganismos

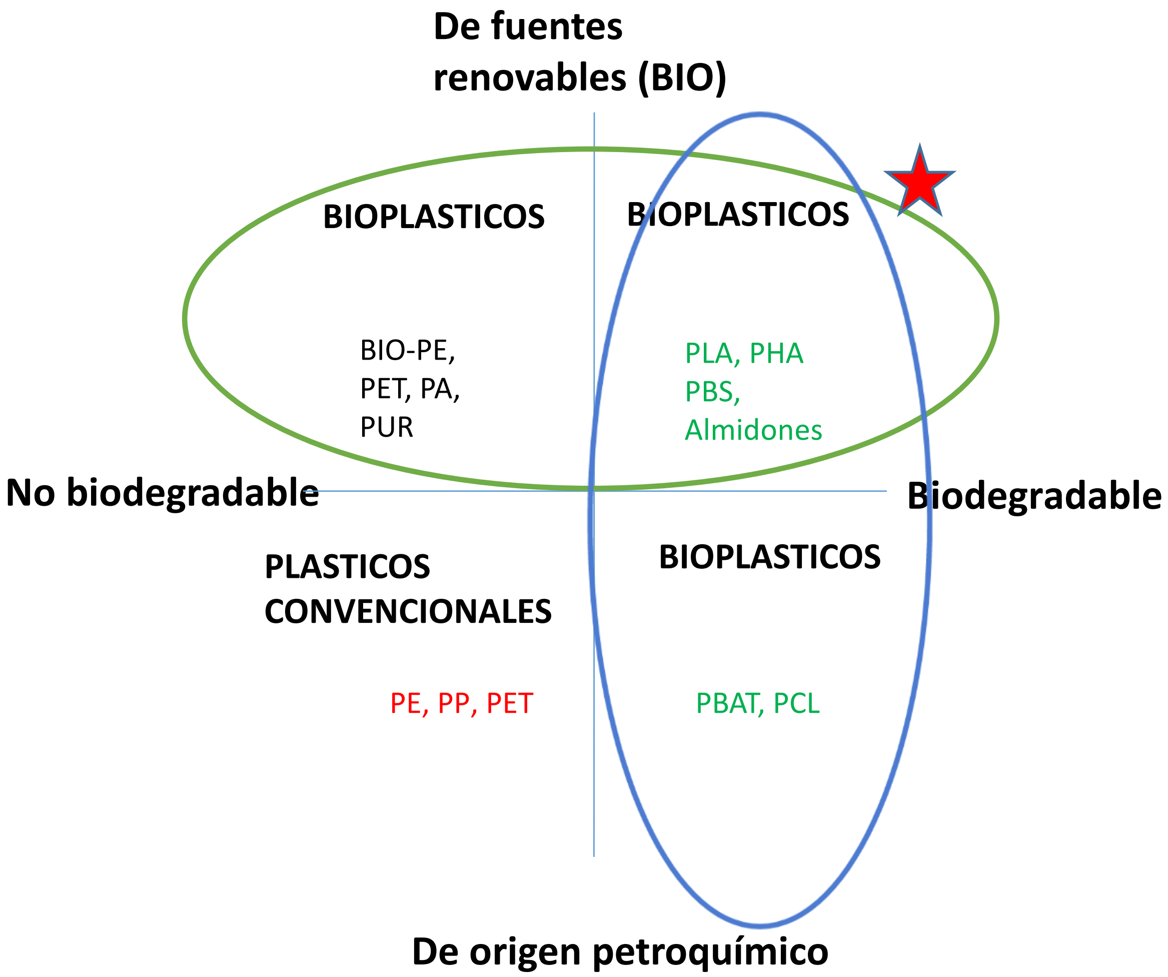
CO_2
H_2O
Biomasa

Secreción

Depolimerasa
extracelular

Adsorción

Bioplásticos



De fuentes renovables (BIO)

BIOPLASTICOS

BIO-PE,
PET, PA,
PUR

BIOPLASTICOS

PLA, PHA
PBS,
Almidones

No biodegradable

Biodegradable

PLASTICOS CONVENCIONALES

PE, PP, PET

BIOPLASTICOS

PBAT, PCL

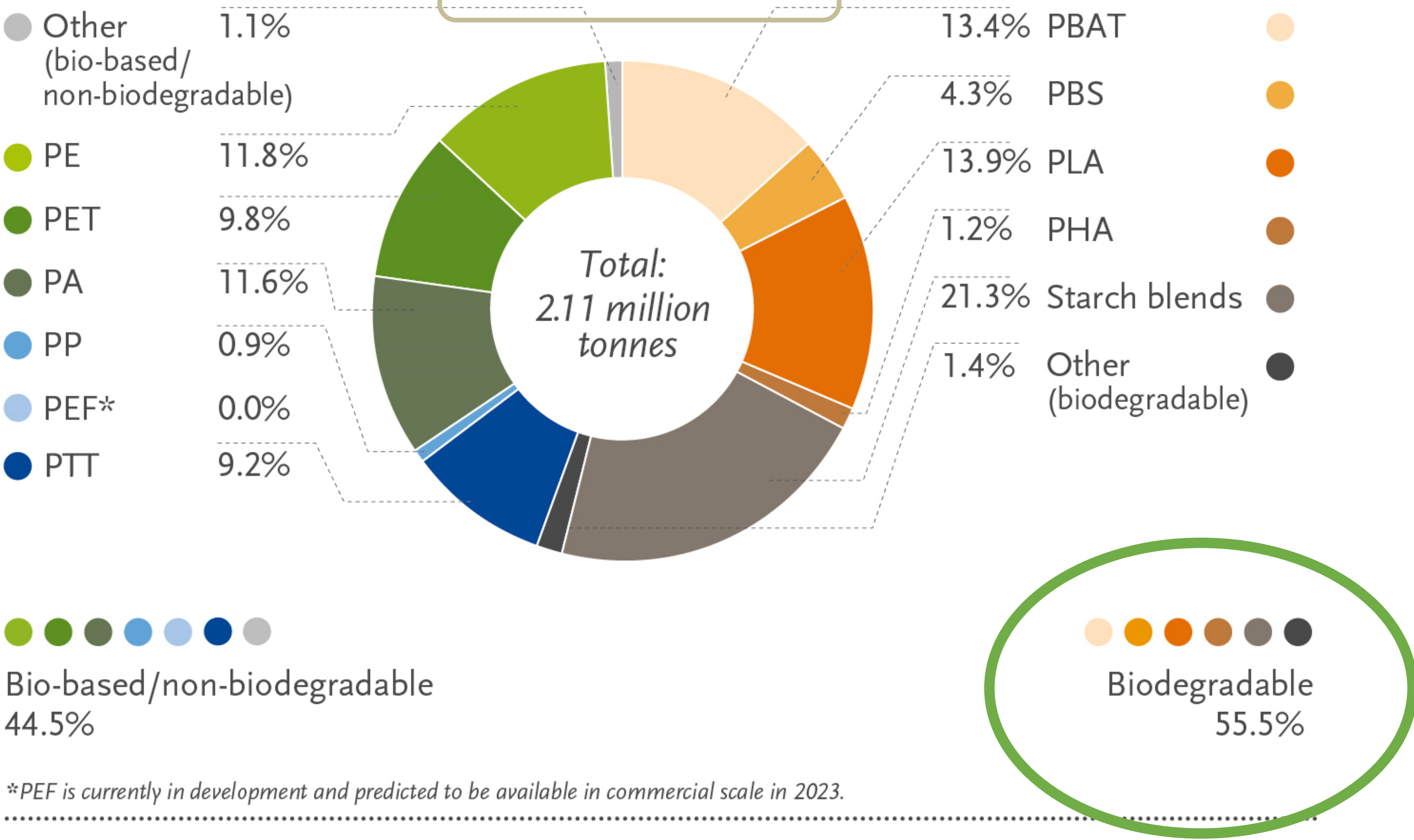
De origen petroquímico

Clasificación de polímeros según su origen y biodegradabilidad.

Bio-plásticos: de origen bio o biodegradables

Bioplásticos

Producción global

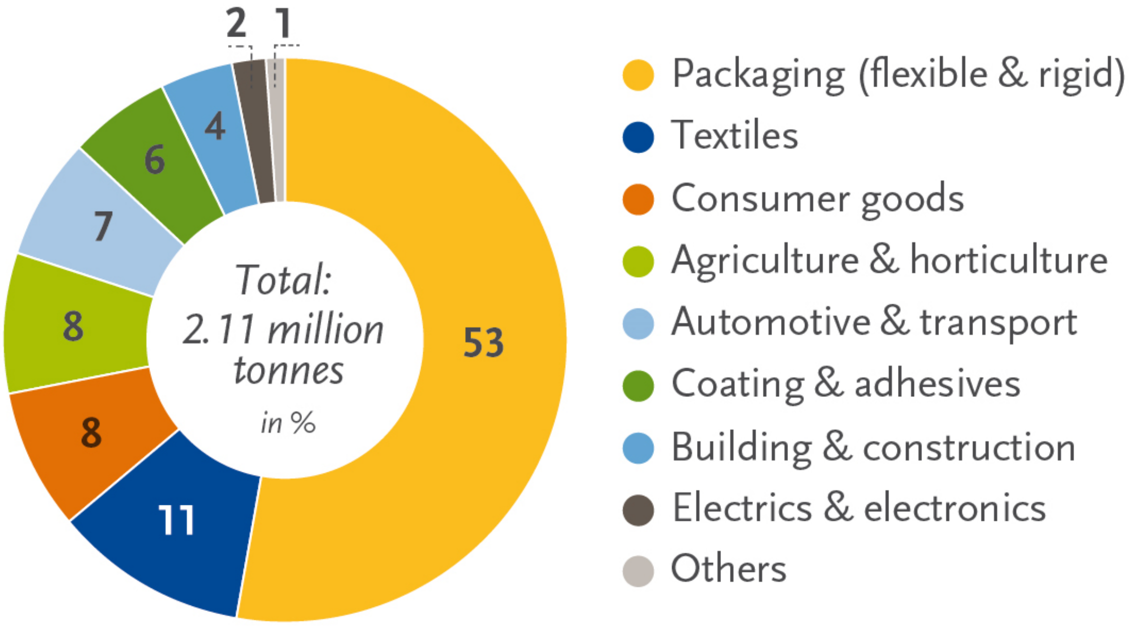


*PEF is currently in development and predicted to be available in commercial scale in 2023.

Source: European Bioplastics, nova-Institute (2019)
More information: ***www.european-bioplastics.org/market*** *and* ***www.bio-based.eu/markets***

Bioplásticos

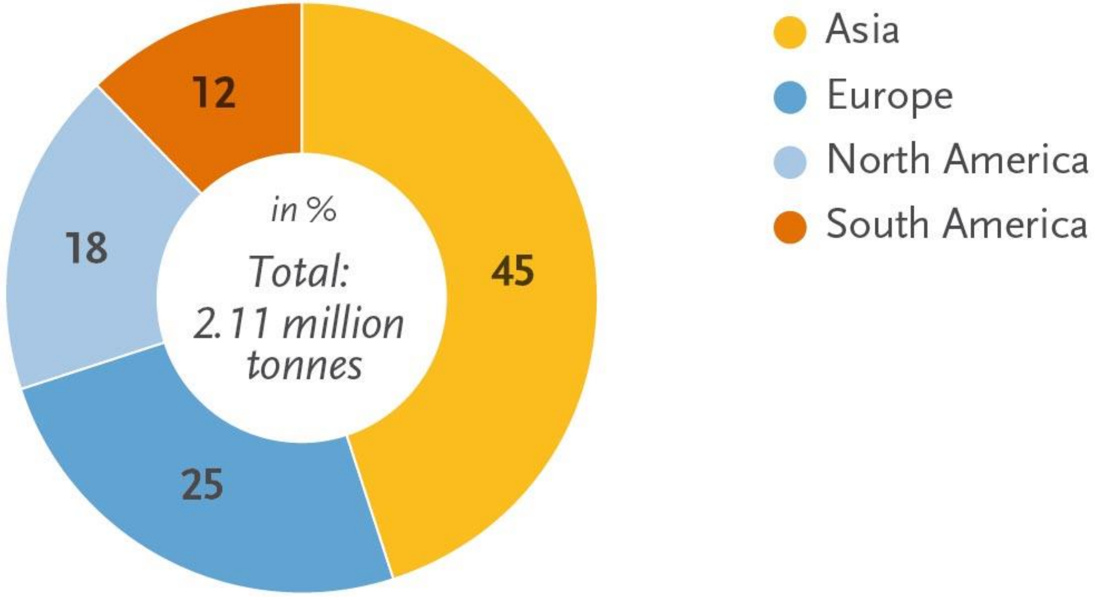
Global production capacities of bioplastics in 2019 (by market segment)



Source: European Bioplastics, nova-Institute (2019). More information:
www.european-bioplastics.org/market** and **www.bio-based.eu/markets

Bioplásticos

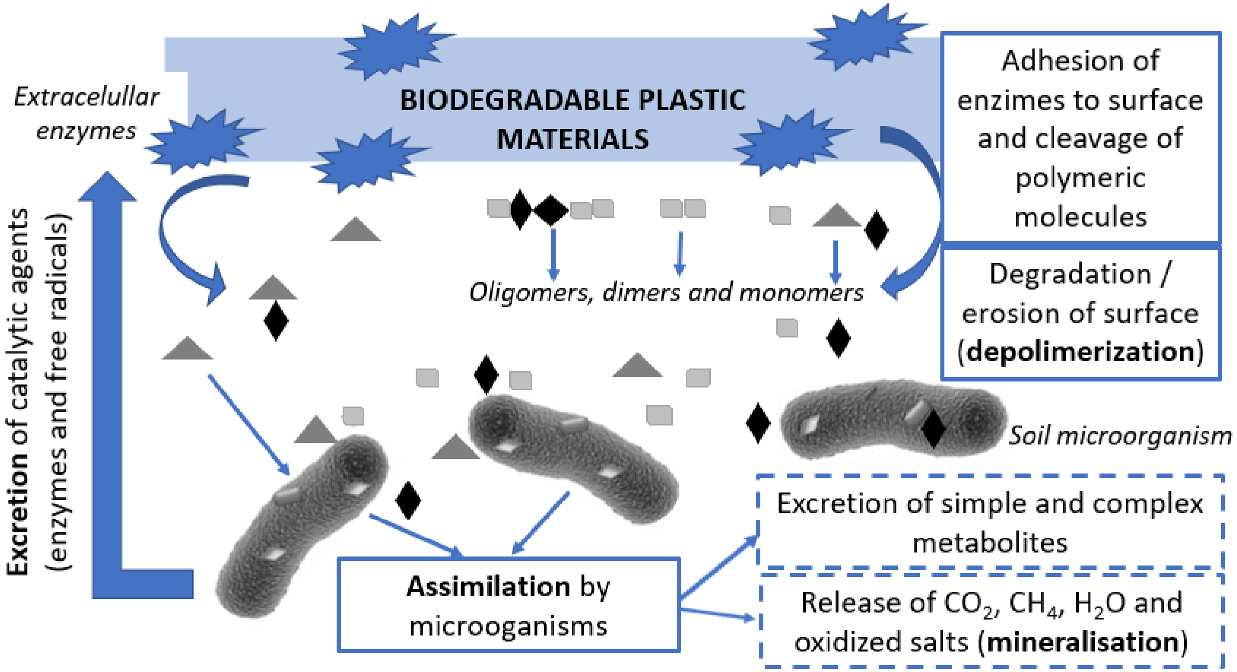
Global production capacities of bioplastics in 2019 (by region)



Source: European Bioplastics, nova-Institute (2019). More information:
www.european-bioplastics.org/market** and **www.bio-based.eu/markets

Biodegradación

Biodegradation behaviour



Extracelullar enzymes

BIODEGRADABLE PLASTIC MATERIALS

Adhesion of enzimes to surface and cleavage of polymeric molecules

Degradation / erosion of surface (**depolimerization**)

Oligomers, dimers and monomers

Soil microorganism

Excretion of catalytic agents (enzymes and free radicals)

Assimilation by microoganisms

Excretion of simple and complex metabolites

Release of CO_2, CH_4, H_2O and oxidized salts (**mineralisation**)

Bioplásticos

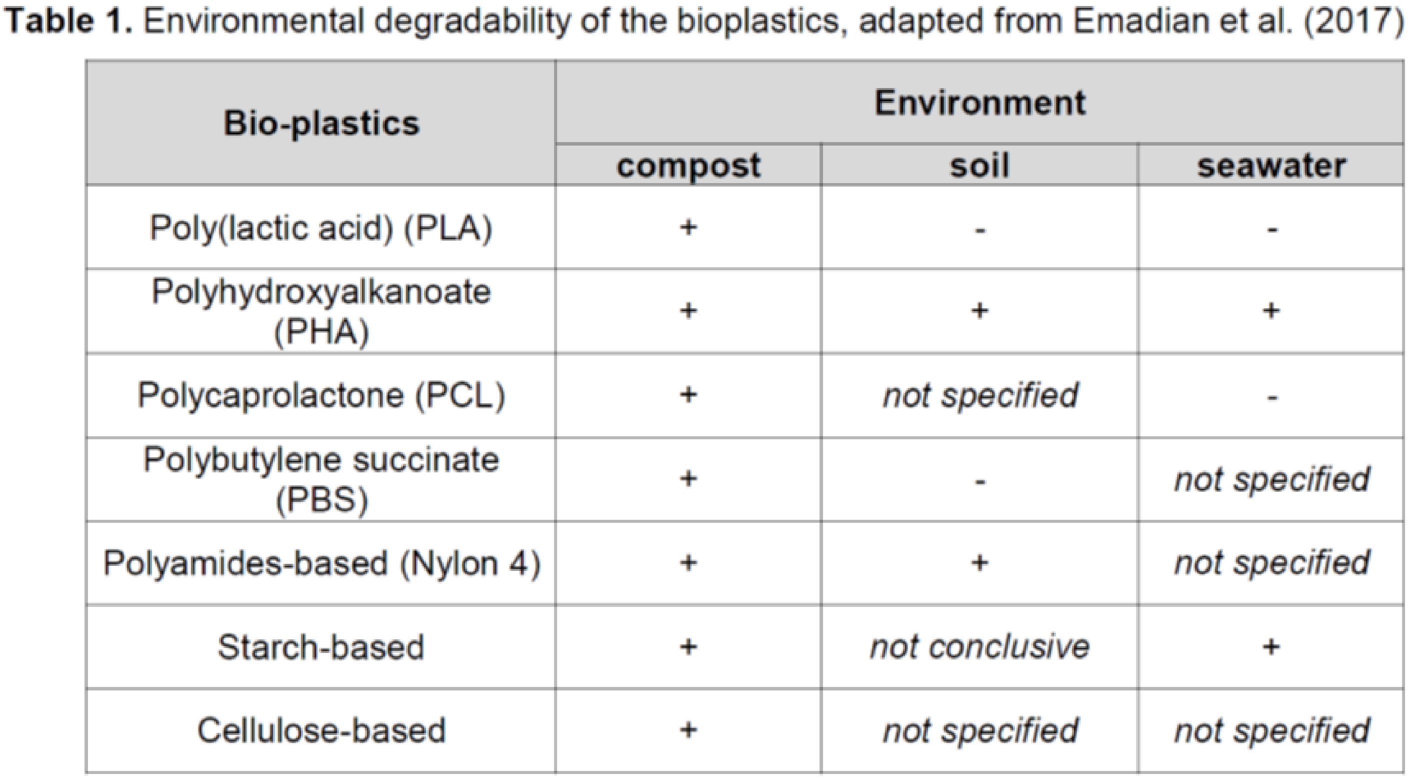
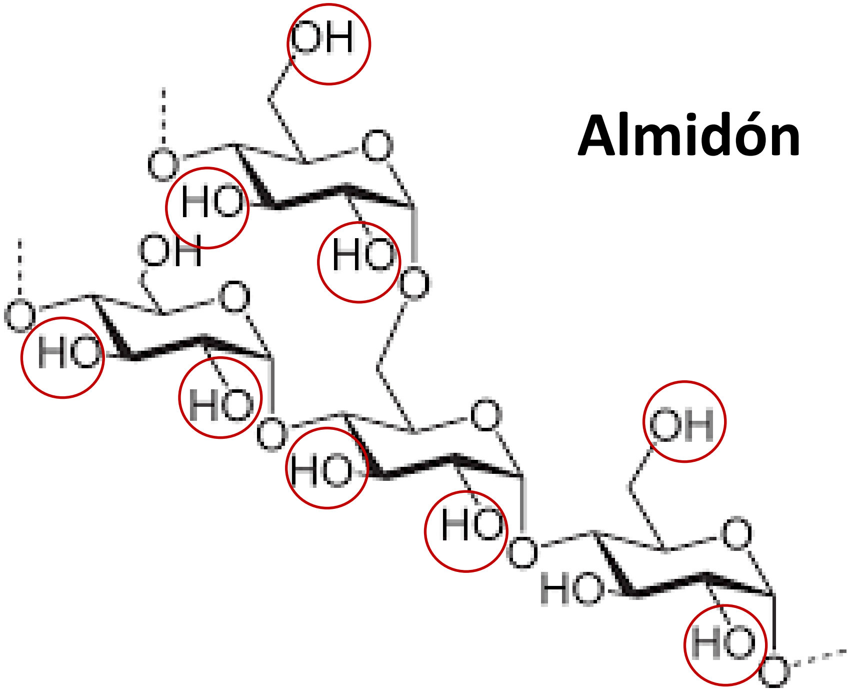


Table 1. Environmental degradability of the bioplastics, adapted from Emadian et al. (2017)

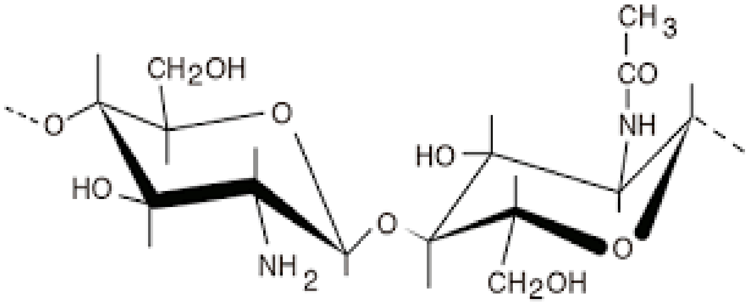
Bio-plastics	**Environment**		
	compost	**soil**	**seawater**
Poly(lactic acid) (PLA)	+	-	-
Polyhydroxyalkanoate (PHA)	+	+	+
Polycaprolactone (PCL)	+	*not specified*	-
Polybutylene succinate (PBS)	+	-	*not specified*
Polyamides-based (Nylon 4)	+	+	*not specified*
Starch-based	+	*not conclusive*	+
Cellulose-based	+	*not specified*	*not specified*

Polímeros biodegradables

- **Biopolímeros naturales procedentes de biomasa**: **polisacáridos y proteínas**


OH
O
HO
HO
O
OH
O
O
HO
HO
O
O
HO
HO
O
OH
O
HO
HO
O

Almidón

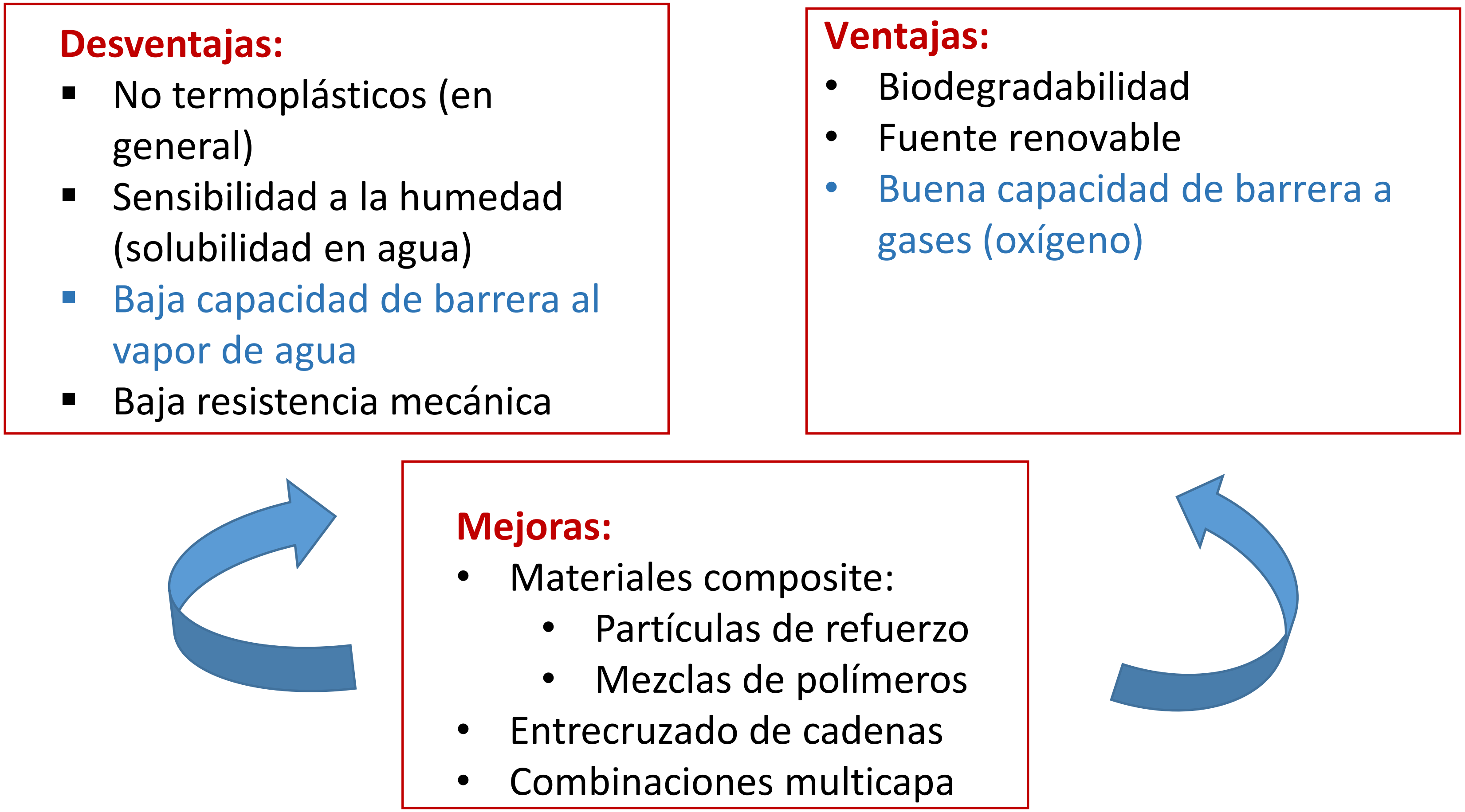

CH_3
CO
NH
CH_2OH
O
O
HO
HO
O
O
NH_2
CH_2OH

Quitosano

Proteínas: gelatina, proteínas lácteas, de soja, …

Polímeros biodegradables

➢ **Biopolímeros naturales procedentes de biomasa**: polisacáridos y proteínas



Desventajas:

- No termoplásticos (en general)
- Sensibilidad a la humedad (solubilidad en agua)
- Baja capacidad de barrera al vapor de agua
- Baja resistencia mecánica

Ventajas:

- Biodegradabilidad
- Fuente renovable
- Buena capacidad de barrera a gases (oxígeno)

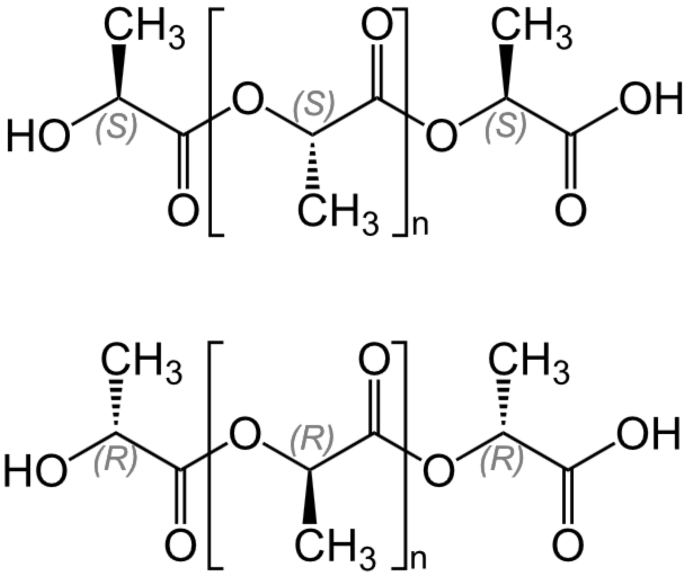
Mejoras:

- Materiales composite:
  - Partículas de refuerzo
  - Mezclas de polímeros
- Entrecruzado de cadenas
- Combinaciones multicapa

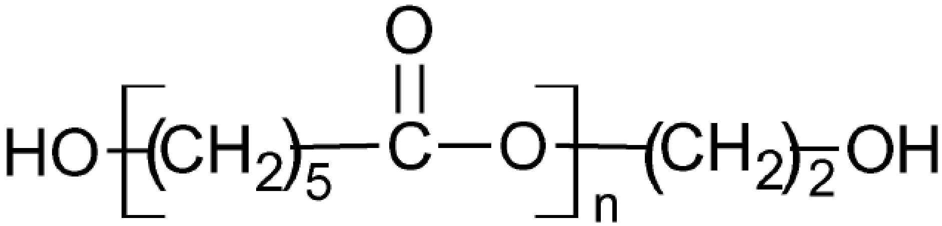
Polímeros biodegradables

- **Polímeros sintéticos biodegradables:** monómeros procedentes de biomasa o petroquímicos (PLA, PCL, PVA,…)

PLA


CH3
HO
(S)
O
(S)
O
(S)
OH
O
CH3
n
O
CH3
HO
(R)
O
(R)
O
(R)
OH
O
CH3
n
O

PCL



$$HO\left[(CH_2)_5-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-O\right]_n(CH_2)_2OH$$

Polímeros biodegradables

- **Polímeros sintéticos biodegradables:** **monómeros procedentes de biomasa o petroquímicos (poliésteres y poliamidas)**

Desventajas:

- Sensibilidad a la humedad con calor (hidrólisis)
- Baja capacidad de barrera a gases (oxígeno)
- Rigidez

Ventajas:

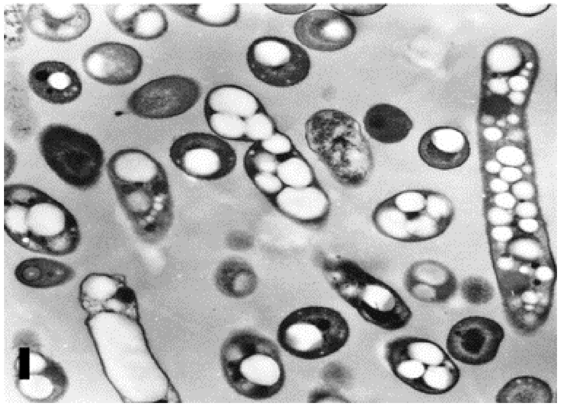
- Termoplásticos
- Biodegradabilidad
- Fuente renovable (algunos)
- Buena capacidad de barrera al vapor de agua
- Baja solubilidad en agua
- Buena resistencia mecánica

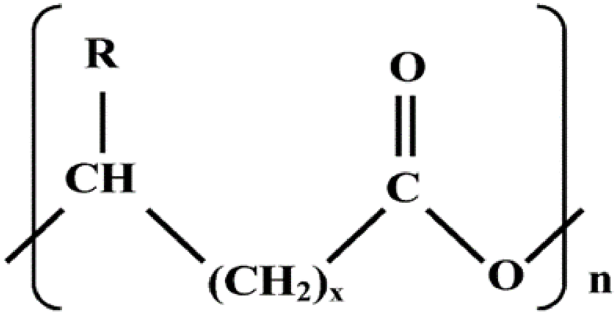
Mejoras:

- Materiales composite:
  - Partículas de refuerzo
  - Mezclas de polímeros
- Combinaciones multicapa

Polímeros biodegradables

- **Polímeros producidos por microorganismos**: polisacáridos y poliésteres (PHA, PHB, PHBV,…)



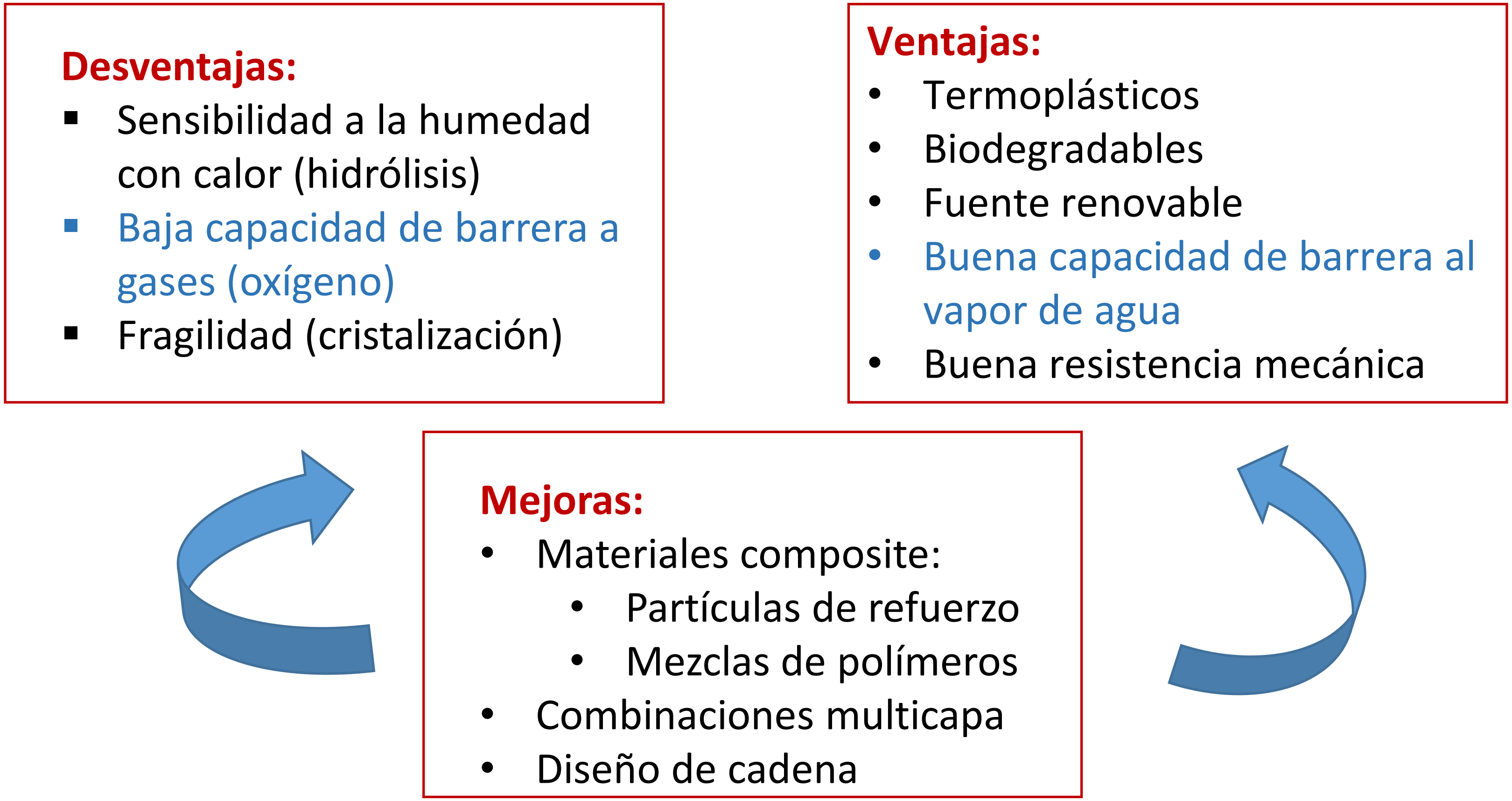


Polihidroxialcanoatos: producidos por bacterias como reserva de energía

Polímeros biodegradables

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

➢ Polímeros producidos por microorganismos: Poliésteres



Desventajas:

- Sensibilidad a la humedad con calor (hidrólisis)
- Baja capacidad de barrera a gases (oxígeno)
- Fragilidad (cristalización)

Ventajas:

- Termoplásticos
- Biodegradables
- Fuente renovable
- Buena capacidad de barrera al vapor de agua
- Buena resistencia mecánica

Mejoras:

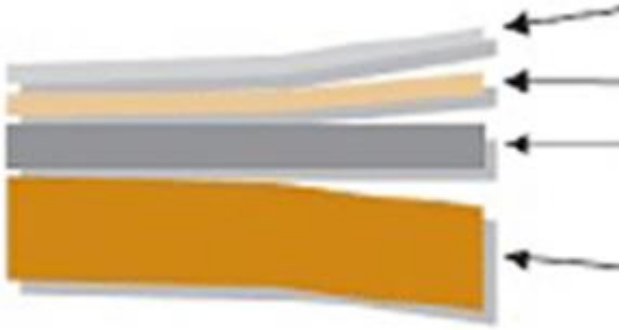
- Materiales composite:
  - Partículas de refuerzo
  - Mezclas de polímeros
- Combinaciones multicapa
- Diseño de cadena

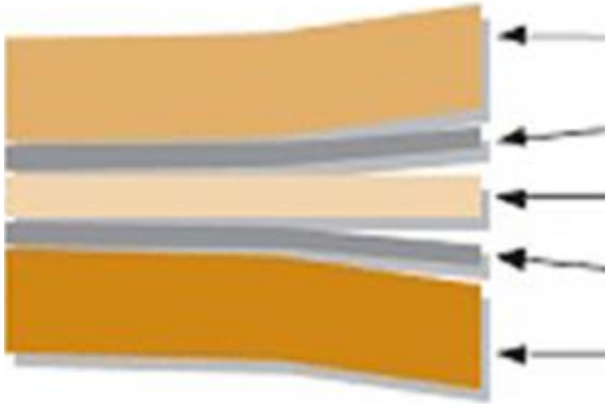
Polímeros biodegradables

- **Numerosos estudios para modular/adecuar las propiedades.**

  - ✓ Plastificación
  - ✓ Compatibilización de mezclas
  - ✓ Refuerzo (rellenos con micro o nanopartículas)
  - ✓ Modificación química o física
  - ✓ …

Films multicapa biodegradables


Biopolímero 1
Biopolímero 2
Adhesivo BIO
Biopolímero 3


Biopolímero 1
Adhesivo BIO
Biopolímero 2
Adhesivo BIO
Biopolímero 3

Mejora en las propiedades de barrera al vapor de agua y a los gases combinando:

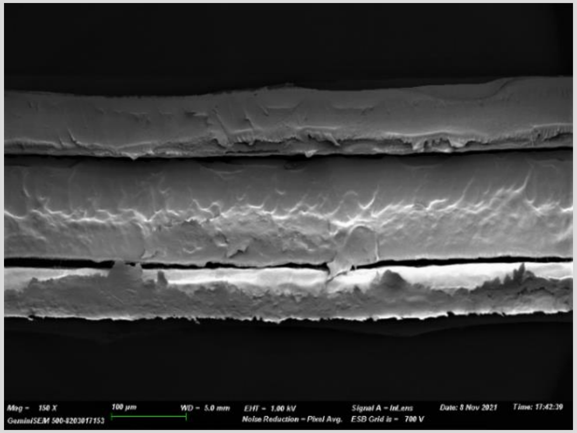
- Biopolímeros hidrofílicos: buena barrera a gases y baja barrera al vapor de agua
- Biopolímeros hidrofóbicos: buena barrera al vapor de agua y baja barrera a gases

- Sin los problemas del reciclado de los laminados actuales
- Problemas de adhesión/migración de componentes entre-capas

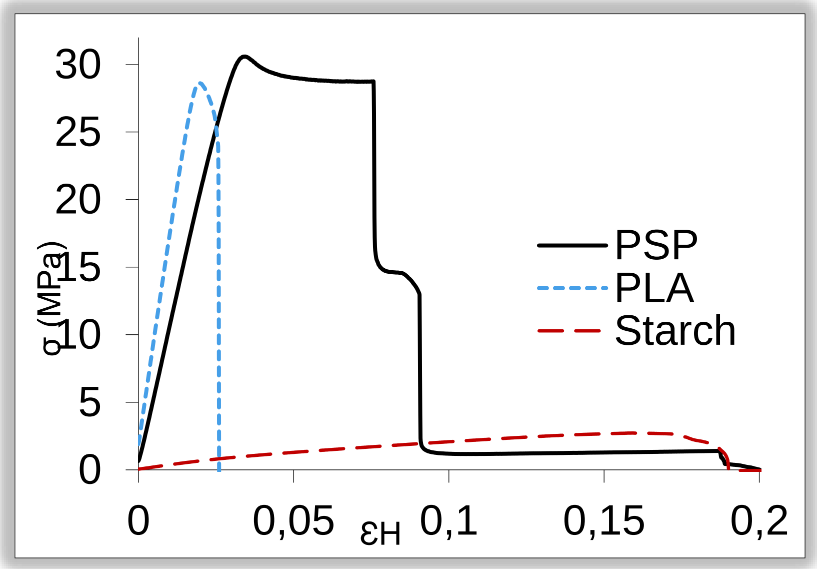
Films multicapa biodegradables

Mejora de las propiedades mecánicas

PLA/Almidón/PLA
Termoadhesión


Mag = 150 X
GeminiSEM 500-8203017153
100 µm
WD = 5.0 mm
EHT = 1.00 kV
Noise Reduction = Pixel Avg.
Signal A = InLens
ESB Grid is = 700 V
Date: 8 Nov 2021
Time: 17:42:39

Sección transversal de la tricapa vista por FESEM



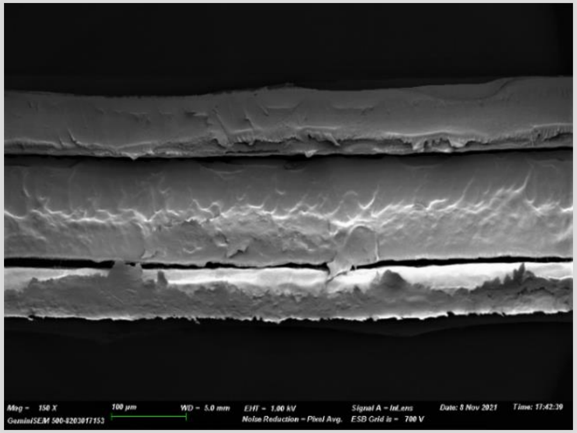
Migración inter-capa

Ordoñez, R., Atarés, L., & Chiralt, A. (2022).

Films multicapa biodegradables

Mejora de las propiedades de barrera

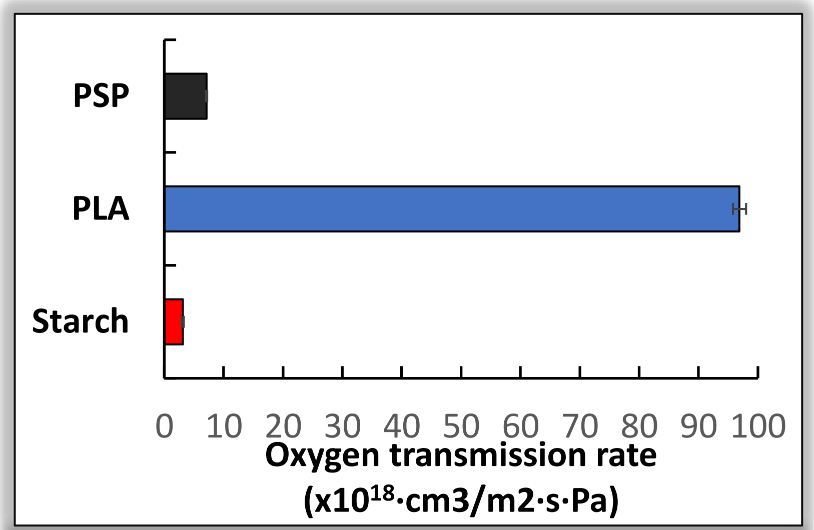
PLA/Almidón/PLA
Termoadhesion

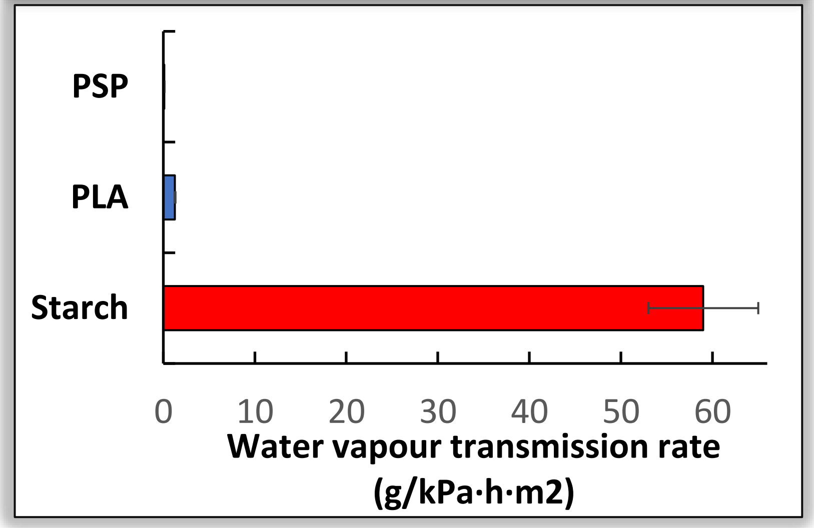

Mag = 150 X
GeminiSEM 500-8203017153
100 µm
WD = 5.0 mm
EHT = 1.00 kV
Noise Reduction = Pixel Avg.
Signal A = InLens
ESB Grid is = 700 V
Date: 8 Nov 2021
Time: 17:42:39

Transferencia de masa en resistencias sucesivas

$$\frac{t_{ML}}{TR_{ML}} = \sum_i \frac{t_i}{TR_i}$$

Migración inter-capa

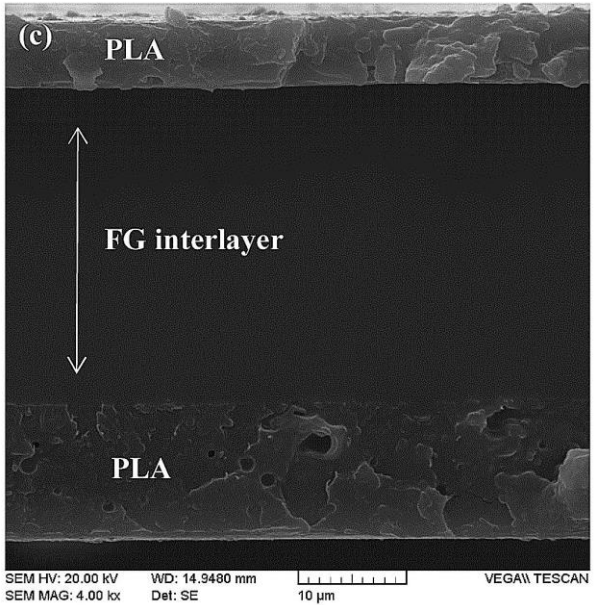




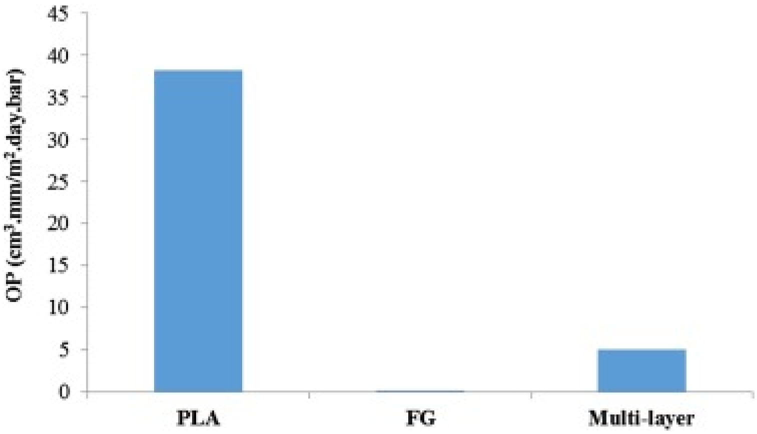
Ordoñez, R., Atarés, L., & Chiralt, A. (2022).

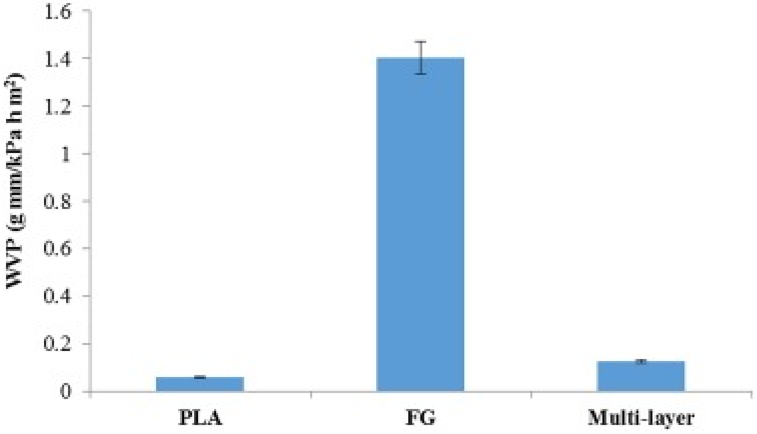
Films multicapa biodegradables

PLA/Gelatin/PLA
Casting


(c)
PLA
FG interlayer
PLA
SEM HV: 20.00 kV
SEM MAG: 4.00 kx
WD: 14.9480 mm
Det: SE
10 µm
VEGA\\ TESCAN

Film	TS (MPa)	EM (GPa)	EAB (%)
PLA	47	1.39	2.8
FG	7	0.11	80
Multi-layer	25	1.71	1.6





International Journal of Biological Macromolecules, 2016, 92, 1205-1214

Envases activos biodegradables

- Interacciona con el alimento o su entorno para extender su vida útil y mejorar su seguridad o propiedades sensoriales, manteniendo su calidad.

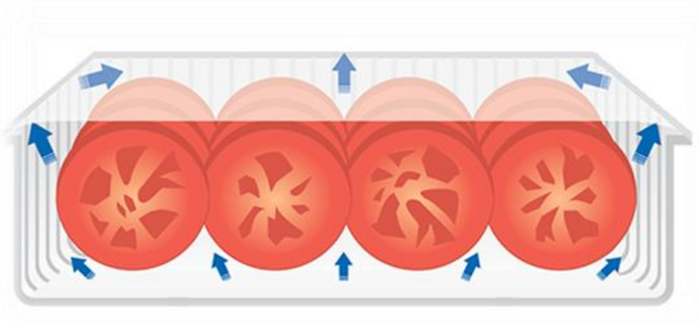
Absorbedores

Radicales
Oxigeno
Humedad
Olores
CO_2
…

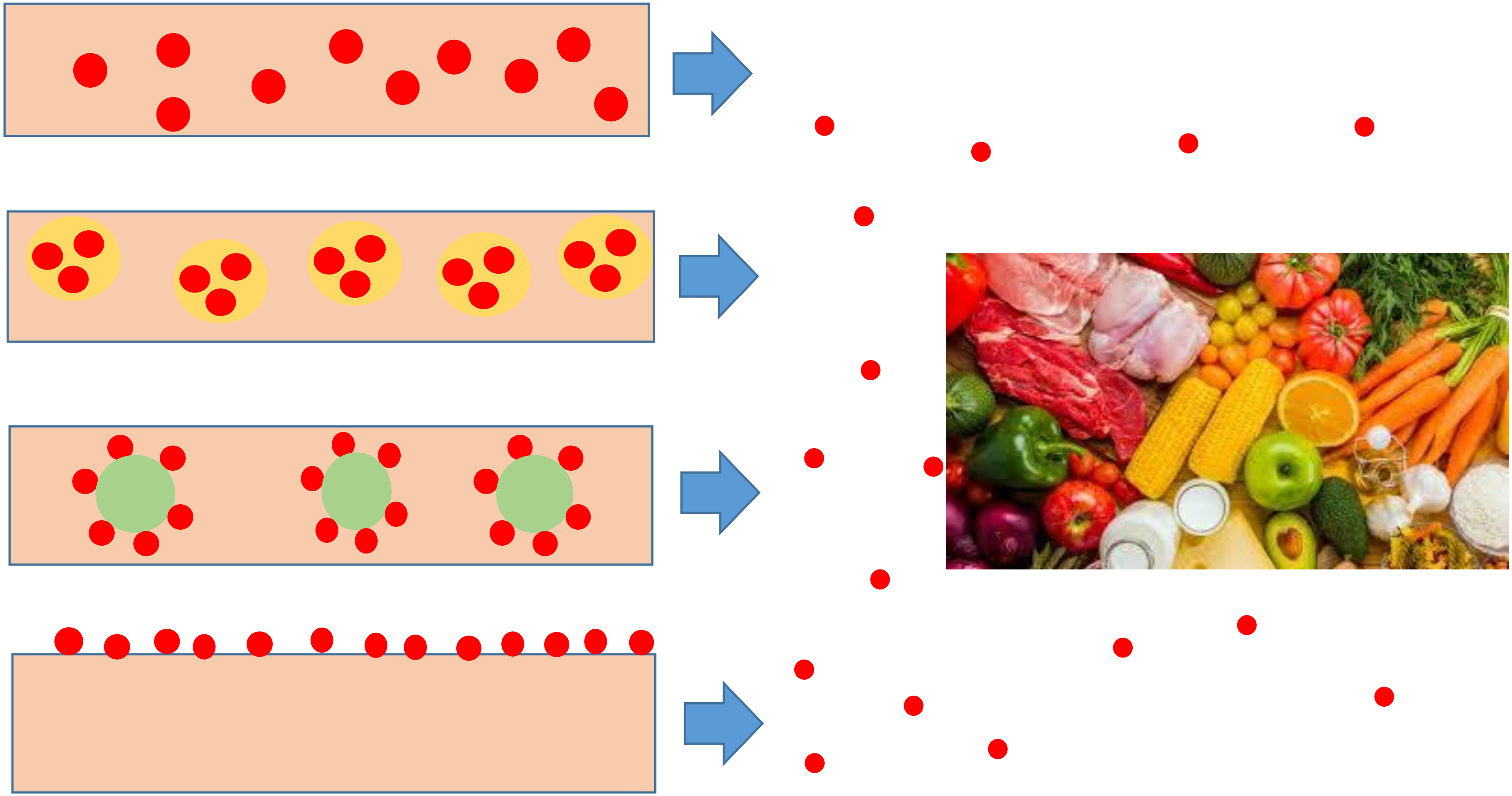
Liberadores

Antimicrobianos
Aromas
Antioxidantes
…

Materiales antimicrobianos y/o antioxidantes



Incorporación de antimicrobianos/antioxidantes



Tendencias en antimicrobianos/antioxidantes

➢ DE ORIGEN NATURAL:

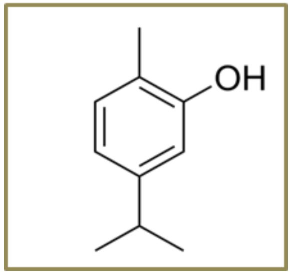
❑ Aceites esenciales y sus compuestos

OREGANO

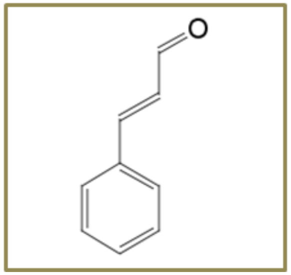
CLOVE

…

CARVACROL



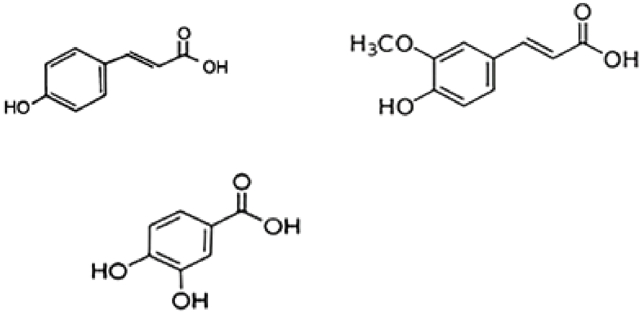
CINNAMALDEHIDO

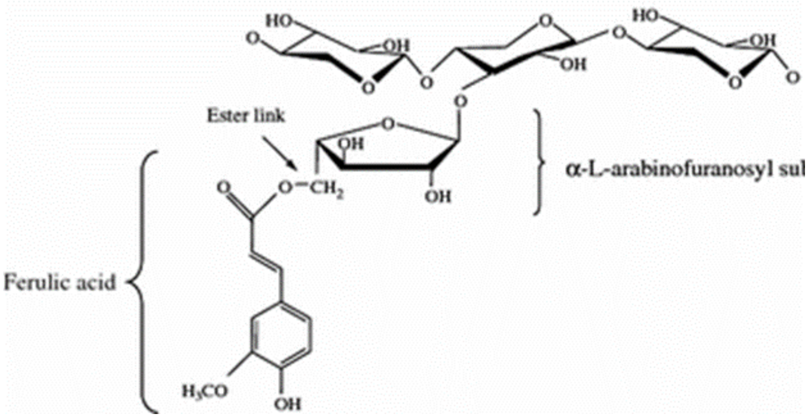


…

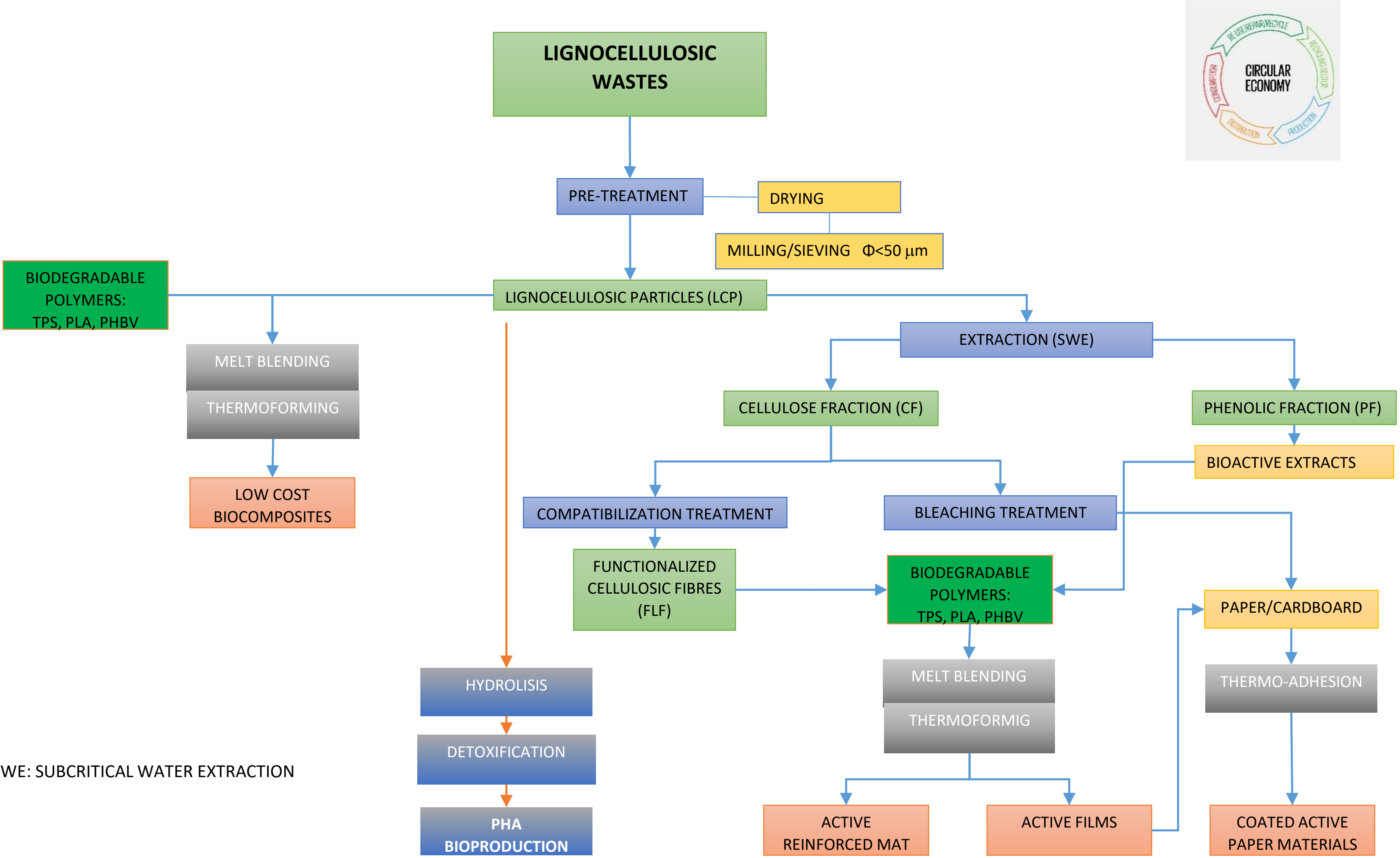
❑ Extractos de plantas o residuos vegetales/alimentarios

Ácidos fenólicos


OH
HO
H₃CO
HO
OH
OH
HO
OH


HO
OH
OH
HO
OH
Ester link
OH
O-CH₂
OH
α-L-arabinofuranosyl sul
Ferulic acid
H₃CO
OH

Aprovechamiento de residuos vegetales



LIGNOCELLULOSIC WASTES

PRE-TREATMENT

DRYING

MILLING/SIEVING Φ<50 µm

LIGNOCELULOSIC PARTICLES (LCP)

BIODEGRADABLE POLYMERS: TPS, PLA, PHBV

MELT BLENDING

THERMOFORMING

LOW COST BIOCOMPOSITES

HYDROLISIS

DETOXIFICATION

PHA BIOPRODUCTION

EXTRACTION (SWE)

CELLULOSE FRACTION (CF)

PHENOLIC FRACTION (PF)

BIOACTIVE EXTRACTS

COMPATIBILIZATION TREATMENT

BLEACHING TREATMENT

FUNCTIONALIZED CELLULOSIC FIBRES (FLF)

BIODEGRADABLE POLYMERS: TPS, PLA, PHBV

MELT BLENDING

THERMOFORMIG

ACTIVE REINFORCED MAT

ACTIVE FILMS

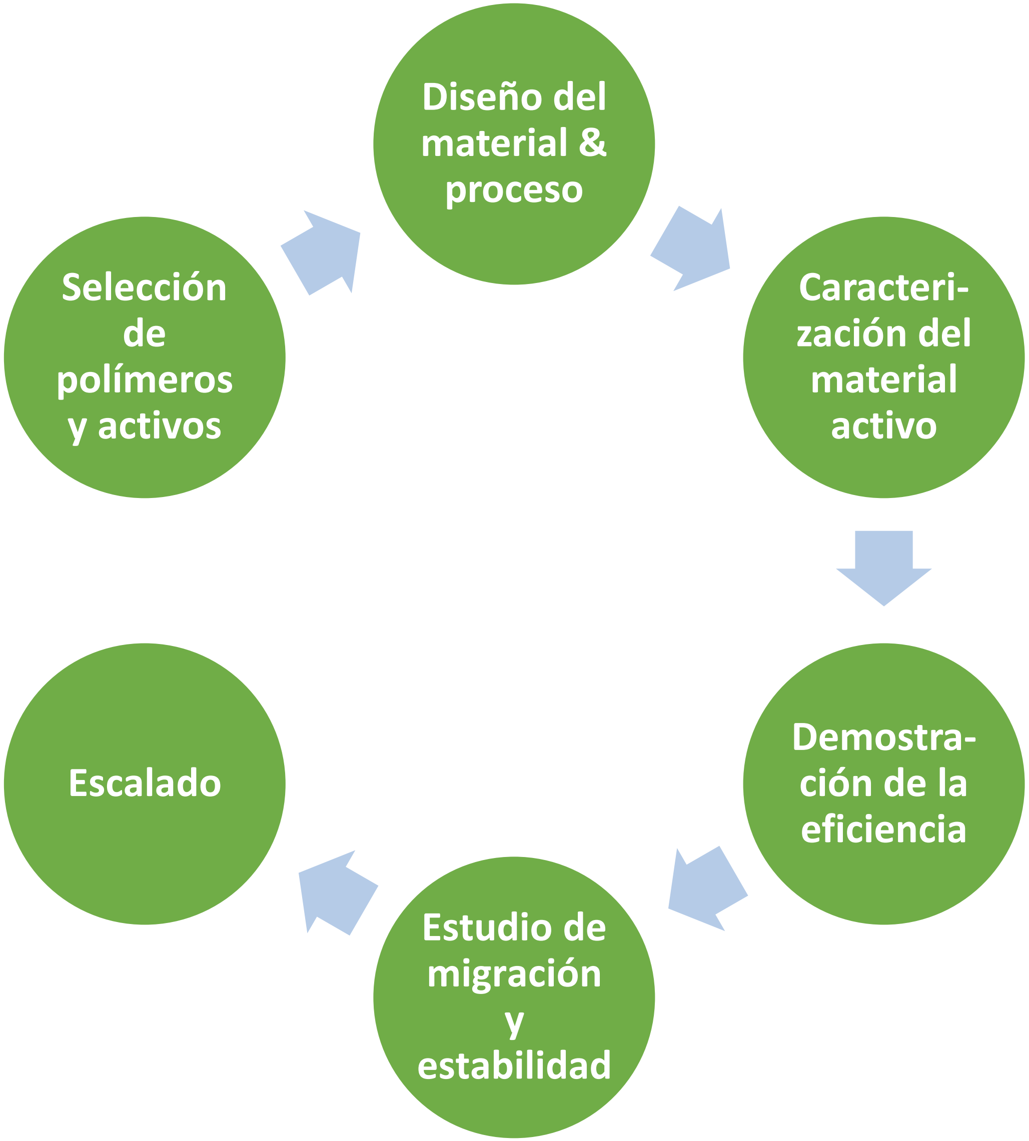
PAPER/CARDBOARD

THERMO-ADHESION

COATED ACTIVE PAPER MATERIALS

SWE: SUBCRITICAL WATER EXTRACTION

Desarrollo de materiales biodegradables activos



Diseño del material & proceso

Caracteri-zación del material activo

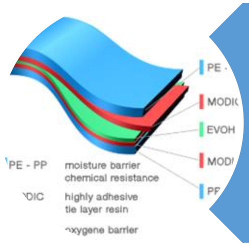
Demostra-ción de la eficiencia

Estudio de migración y estabilidad

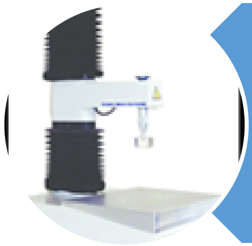
Escalado

Selección de polímeros y activos

Requerimientos para el envasado de alimentos


PE
MODIC
EVOH
MODI
PP
PE - PP
moisture barrier
chemical resistance
DIC
highly adhesive
tie layer resin
oxygene barrier

Alta barrera al vapor de agua y gases (oxígeno)



Propiedades mecánicas adecuadas al producto (rígidos, flexibles,…)

Propiedades ópticas adecuadas a producto (transparencia, color,…)

Propiedades activas: antioxidante, antimicrobiana, …

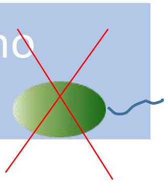
Cómo demostrar la eficicacia del material

- ✓ **Asegurar el valor requerido de las propiedades material**
- ✓ **Asegurar la eficacia antimicrobiana (antioxidante)**

1. Liberación del compuesto activo al alimento

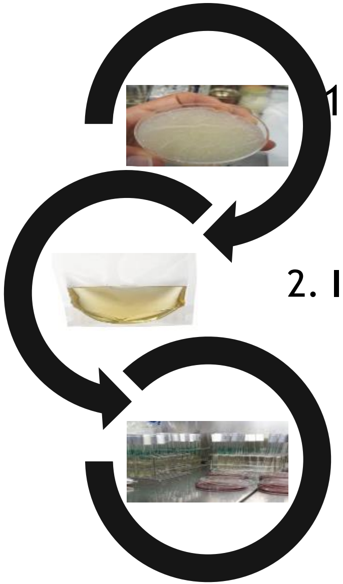
Cinética de liberación (simulantes): Velocidad y cantidad liberada

2. Alcanzar MIC del Microorganismo objetivo



Test antimicrobiano in medio de cultivo y en matrices alimentarias

Estudios de vida útil del alimento envasado



1. Inoculation/contacto con el film.

2. **Incubation** (t/T).

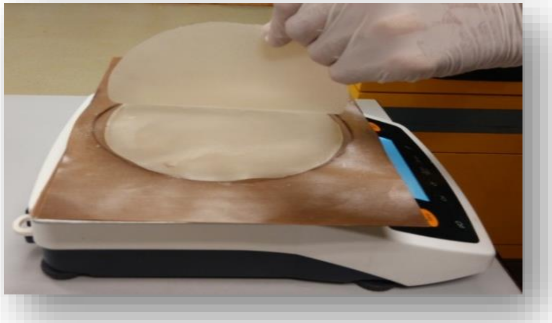
3. **Recuentos**

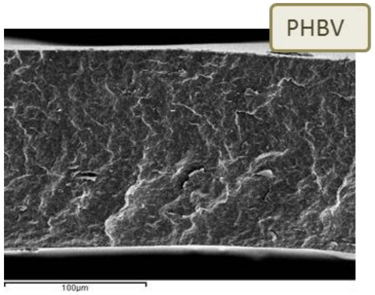
Films activos de PHBV con carvacrol o eugenol

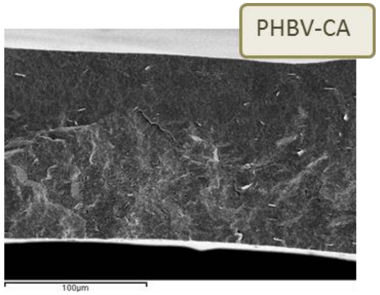
Ejemplo de desarrollo

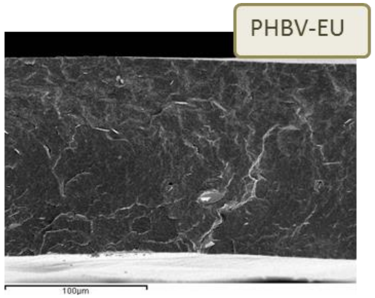
Bicapas de PHBV (plastificadas con 10% de PEG) obtenidas por mezclado en fundido y moldeo por compresión. Pulverización de activos entre capas (**15 g CA or EU /100 g polímero**) y termoadhesión.

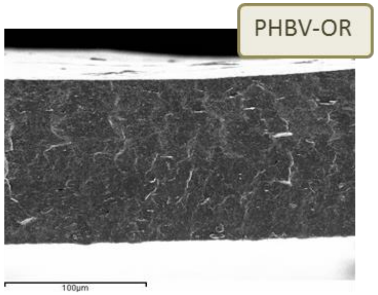
Films de PHBV con los activos en la interfase – difusión a través de las capas poliméricas

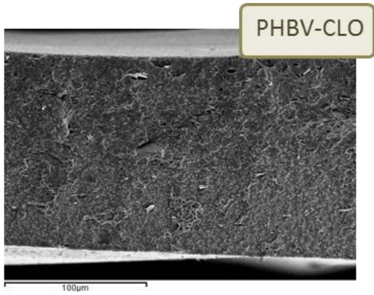



PHBV


PHBV-CA


PHBV-EU


PHBV-OR


PHBV-CLO

Films activos de PHBV con carvacrol o eugenol

Efecto de los activos en las propiedades de los films

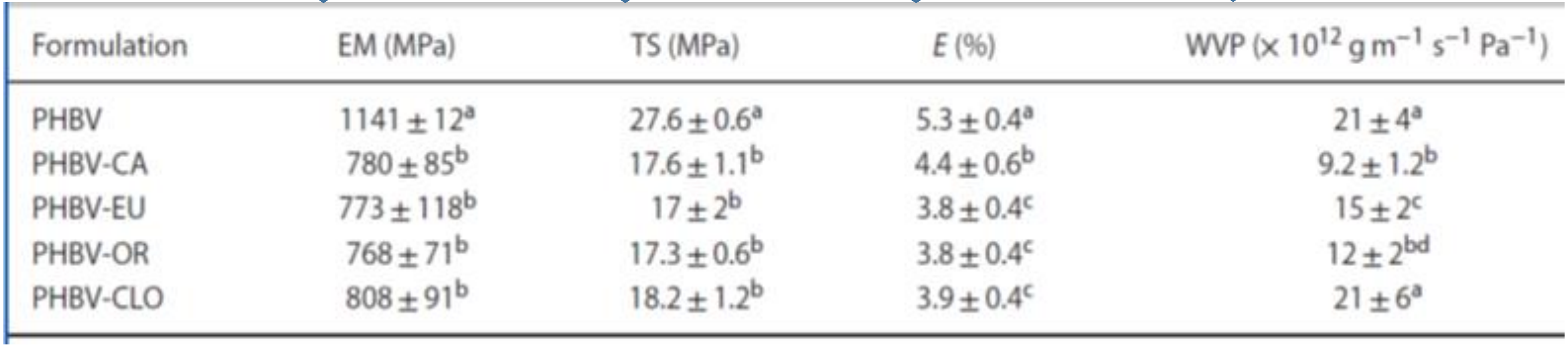
Modulo de elasticidad

Tensión de fractura

Extensibilidad

Permeabilidad al vapor de agua

...

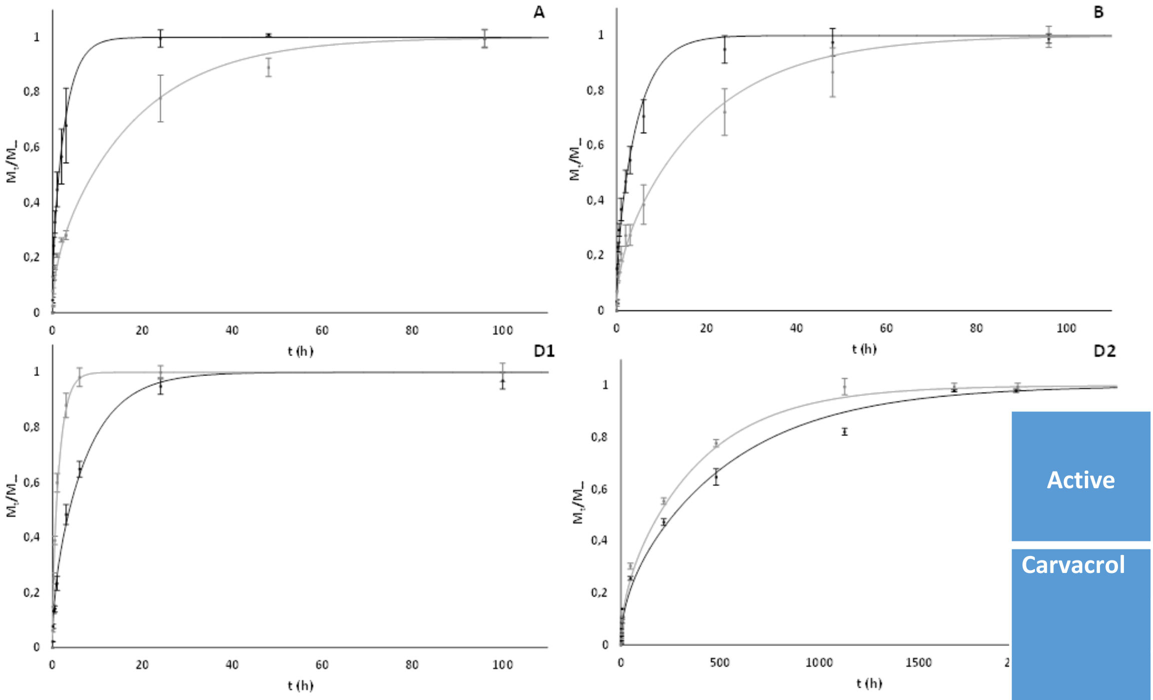


Formulation	EM (MPa)	TS (MPa)	*E* (%)	WVP ($\times 10^{12}$ g m^{-1} s^{-1} Pa^{-1})
PHBV	1141 ± 12^{a}	27.6 ± 0.6^{a}	5.3 ± 0.4^{a}	21 ± 4^{a}
PHBV-CA	780 ± 85^{b}	17.6 ± 1.1^{b}	4.4 ± 0.6^{b}	9.2 ± 1.2^{b}
PHBV-EU	773 ± 118^{b}	17 ± 2^{b}	3.8 ± 0.4^{c}	15 ± 2^{c}
PHBV-OR	768 ± 71^{b}	17.3 ± 0.6^{b}	3.8 ± 0.4^{c}	12 ± 2^{bd}
PHBV-CLO	808 ± 91^{b}	18.2 ± 1.2^{b}	3.9 ± 0.4^{c}	21 ± 6^{a}

R Requena *et al.* *Polym Int* 2016; **65**: 883–891

Films activos de PHBV con carvacrol o eugenol

Cinética de liberación en diferentes tipos de alimentos (simulantes)



Simulantes alimentarios
A: etanol 10 % (v/v),
B: acido acetico 3 % (w/v),
D1: etanol 50 % (v/v),
D2: isooctano.

Active	Simulant	$Dx10^{13}$ (m^2/s)	M_∞ (g act./100 g film)*	M_∞/M_0 (%)
Carvacrol	A	3.2 ± 0.4^{d}	2.9 ± 0.2^{e}	22 ± 2^{e}
	B	4.8 ± 0.4^{e}	2.9 ± 0.8^{e}	23 ± 6^{e}
	D1	1.2 ± 0.2^{b}	12.5 ± 0.2^{a}	96 ± 2^{a}
	D2	0.017 ± 0.002^{a}	8.4 ± 0.4^{c}	65 ± 3^{c}
Eugenol	A	0.5 ± 0.1^{ab}	6.1 ± 0.3^{d}	47 ± 2^{d}
	B	0.5 ± 0.2^{ab}	6.7 ± 0.1^{d}	52 ± 1^{d}
	D1	5.5 ± 0.4^{d}	11.9 ± 0.2^{a}	92 ± 2^{a}
	D2	0.023 ± 0.0013^{a}	9.3 ± 0.3^{b}	71 ± 3^{b}

Proporción de activo liberado en cada simulante con respecto al máximo liberado en el equilibrio, en función del tiempo de contacto. CA (—) and EU (—).

Requena et al. ,2017 European Polymer Journal 92, 185–193

Films activos de PHBV con carvacrol o eugenol

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

Predicción de la actividad antimicrobiana de los films con carvacrol

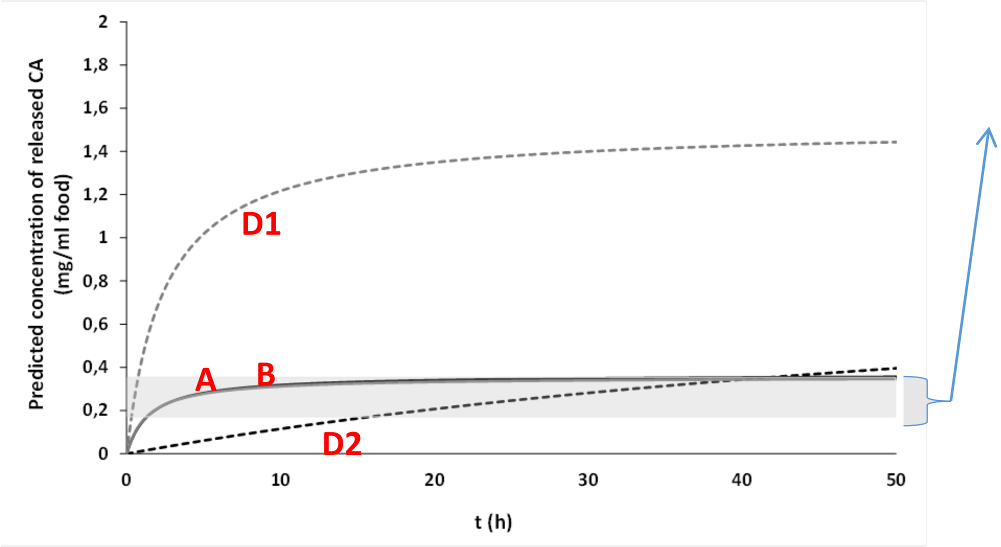


Figure 2. Predicted concentration of released CA versus time in different types of food or food simulants. Shaded area corresponds to the range of minimum inhibitory concentration of CA against different bacteria.

MIC CA
Staphylococcus aureus (1.7·10^{-4} g/ml),
Bacillus cereus (1.8·10^{-4} g/ml),
Salmonella typhimurium (2.2·10^{-4} g/ml),
Escherichia coli (2.2·10^{-4} g/ml)
Listeria monocytogenes (3.7·10^{-4} g/ml)
(Burt, 2004).

A: ethanol 10 % (v/v),
B: acetic acid 3 % (w/v),
D1: ethanol 50 % (v/v),
D2: isooctane.

Requena et al. ,2017 European Polymer Journal 92, 185–193

Films activos de PHBV con carvacrol o eugenol

Predicción de la actividad antimicrobiana de los films con Eugenol

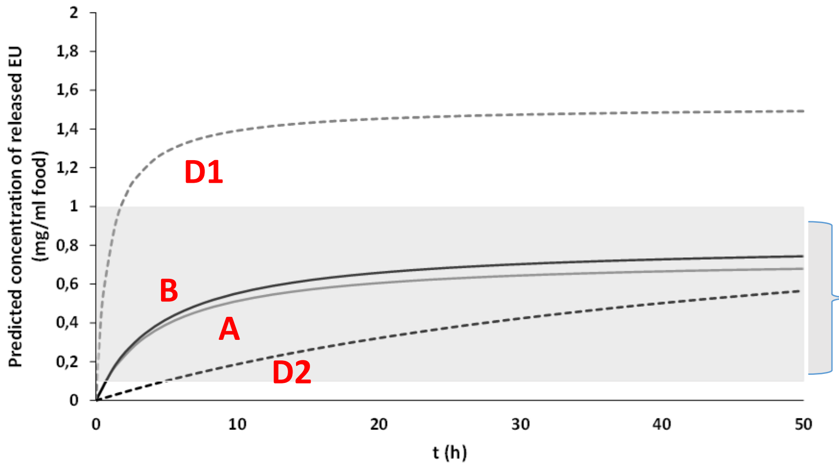


Figure 2. Predicted concentration of released EU versus time in different types of food or food simulants. Shaded area corresponds to the range of minimum inhibitory concentration of EU against different bacteria.

MIC of EU
Staphylococcus aureus ($1{\cdot}10^{-4}$ g/ml),
Bacillus cereus ($1.6{\cdot}10^{-5}$ g/ml),
Salmonella typhimurium ($5{\cdot}10^{-4}$ g/ml),
Escherichia coli ($1{\cdot}10^{-3}$ g/ml)
Listeria monocytogenes ($1{\cdot}10^{-3}$ g/ml)
(Mohammed and Al-Bayati, 2009,
Walsh et al., 2003, Burt, 2004).

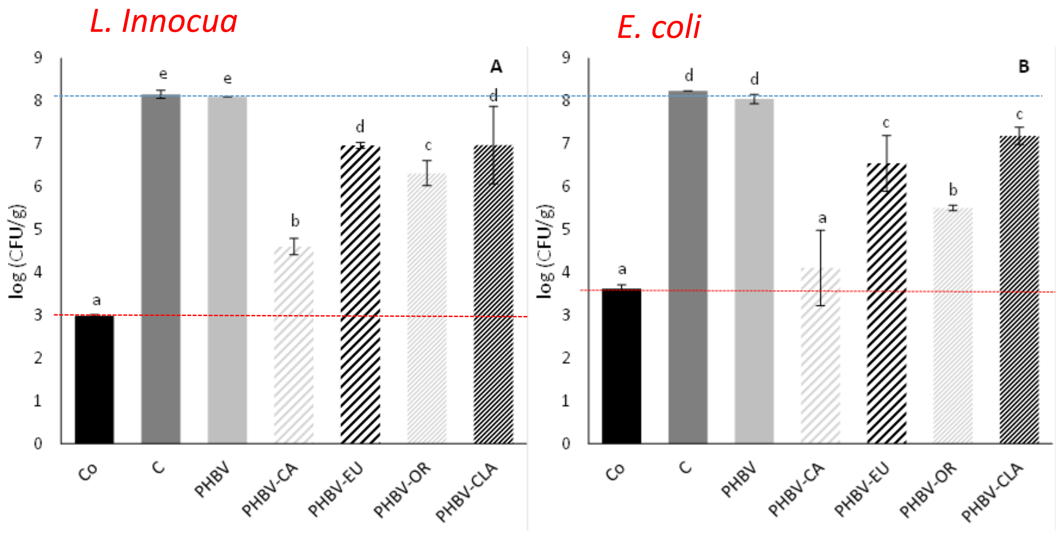
A: ethanol 10 % (v/v),
B: acetic acid 3 % (w/v),
D1: ethanol 50 % (v/v),
D2: isooctane.

Requena et al. ,2017 European Polymer Journal 92, 185–193

Films activos de PHBV con carvacrol o eugenol

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

In vitro tests



L. Innocua

E. coli

Bacterial counts in TSA culture media after 6 days of storage at 10 ºC. Initial counts (Co) in control sample (C) are shown.

Requena et al.. Food Chemistry 277 (2019) 38–45

Films activos de PHBV con carvacrol o eugenol

UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA

Inhibition del crecimiento en diferentes matrices inoculadas

Inhibición del crecimiento de *L. innocua* and *E. coli* inoculadas en medio de cultivo y matrices alimentarias (Log (CFU/g)) durante 6 días de incubación a 10 °C por los diferentes films con carvacrol o eugenol

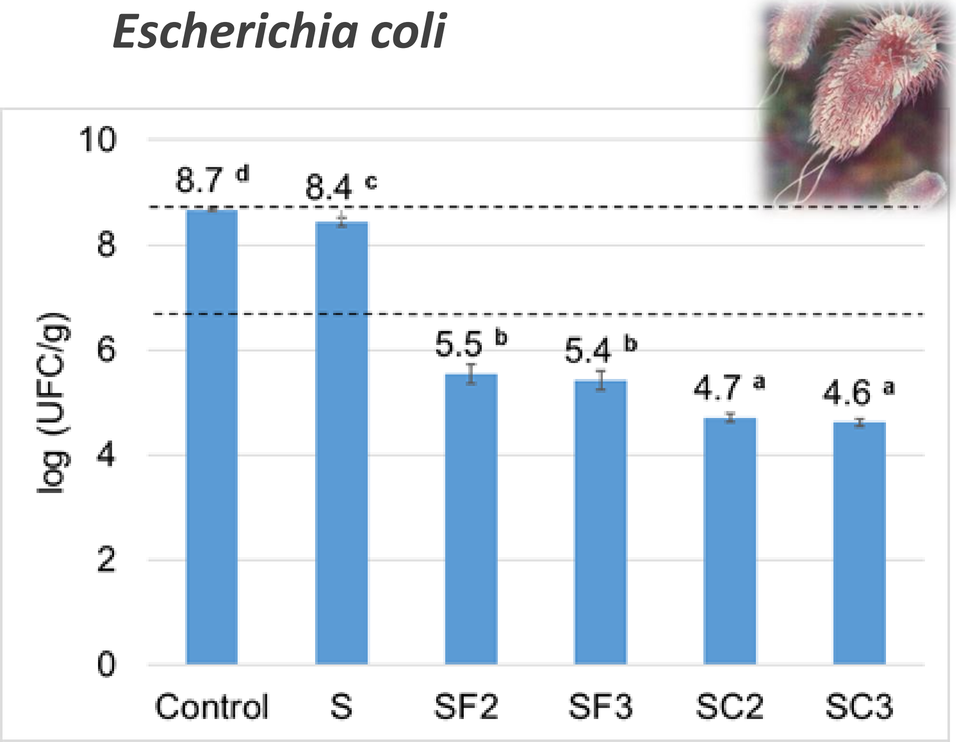
	PHBV-CA		**PHBV-EU**	
Matrix	***L. innocua***	***E. coli***	***L. innocua***	***E. coli***
Agar	3,6 ± 0,2^{b1}	4,2 ± 0,9^{d1}	1,20±0,07^{b1}	1,7±0,7^{ab1}
Cheese	ND	2,12 ± 0,09^{bc}	ND	3,2±0,2^{c}
Chicken	0,8 ± 0,2^{a1}	1,7 ± 0,2^{b2}	0,37±0,06^{a1}	2,2±0,6^{b2}
Pumpkin	0,5 ± 0,3^{a1}	2,8 ± 1,2^{c2}	0,6±0,5^{a1}	2,3±1,1^{bc2}
Melon	0,9 ± 0,7^{a1}	0,4 ± 0,2^{a1}	0,66±0,12^{a1}	1,0±0,3^{a1}

Requena et al.. Food Chemistry 277 (2019) 38–45

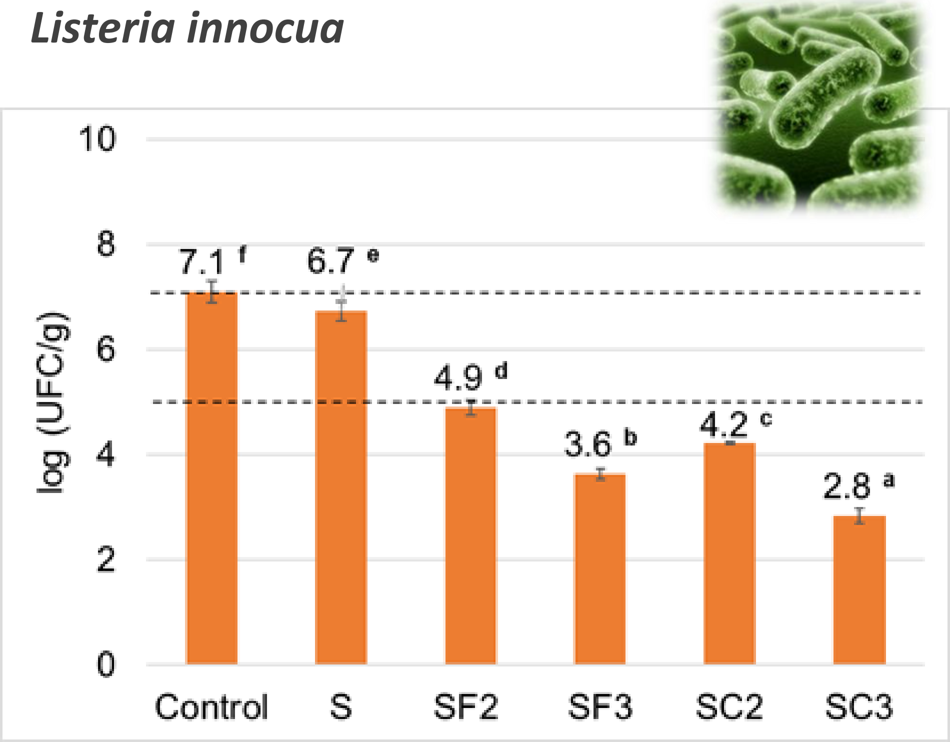
Films activos de almidón con ácidos fenólicos

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escherichia coli



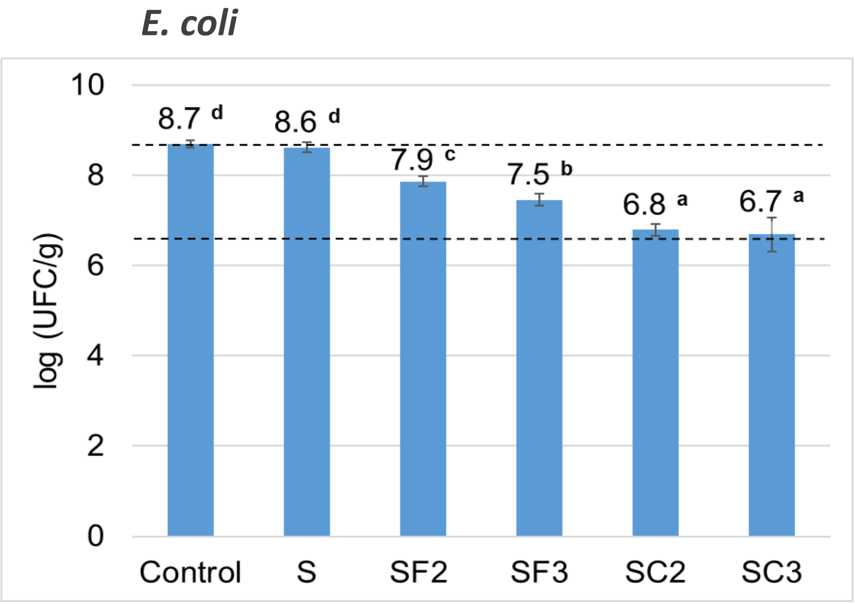
Listeria innocua



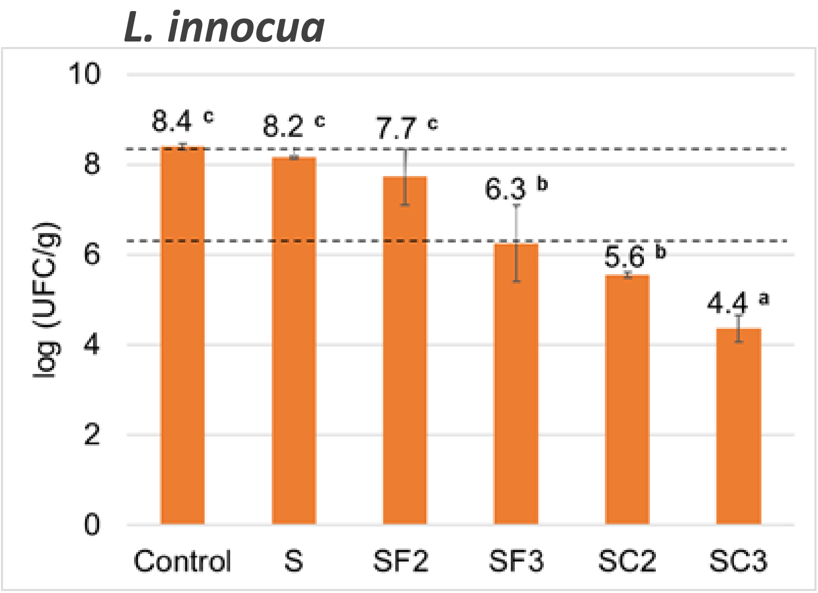
Recuentos obtenidos después de 6 días de incubación a 10 °C en pechuga de pollo inoculada con 10^5 UFC. Control: muestras sin envase. Almidón sin activo (S), almidón con 2 o 3% de ácido ferúlico (F) o cinámico (C).

Ordoñez, R., Atarés, L., & Chiralt, A. (2021).. LWT, 144, 111242.

Films activos de almidón con ácidos fenólicos



E. coli



L. innocua

Recuentos obtenidos después de 6 días de incubación a 10 °C en melón cortado inoculado con 10^5 UFC. Control: muestras sin envase. Almidón sin activo (S), almidón con 2 o 3% de ácido ferúlico (F) o cinámico (C).

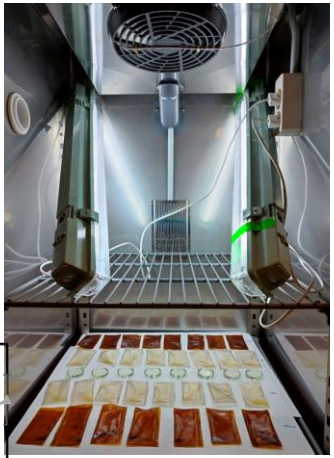
Ordoñez, R., Atarés, L., & Chiralt, A. (2021).. LWT, 144, 111242.

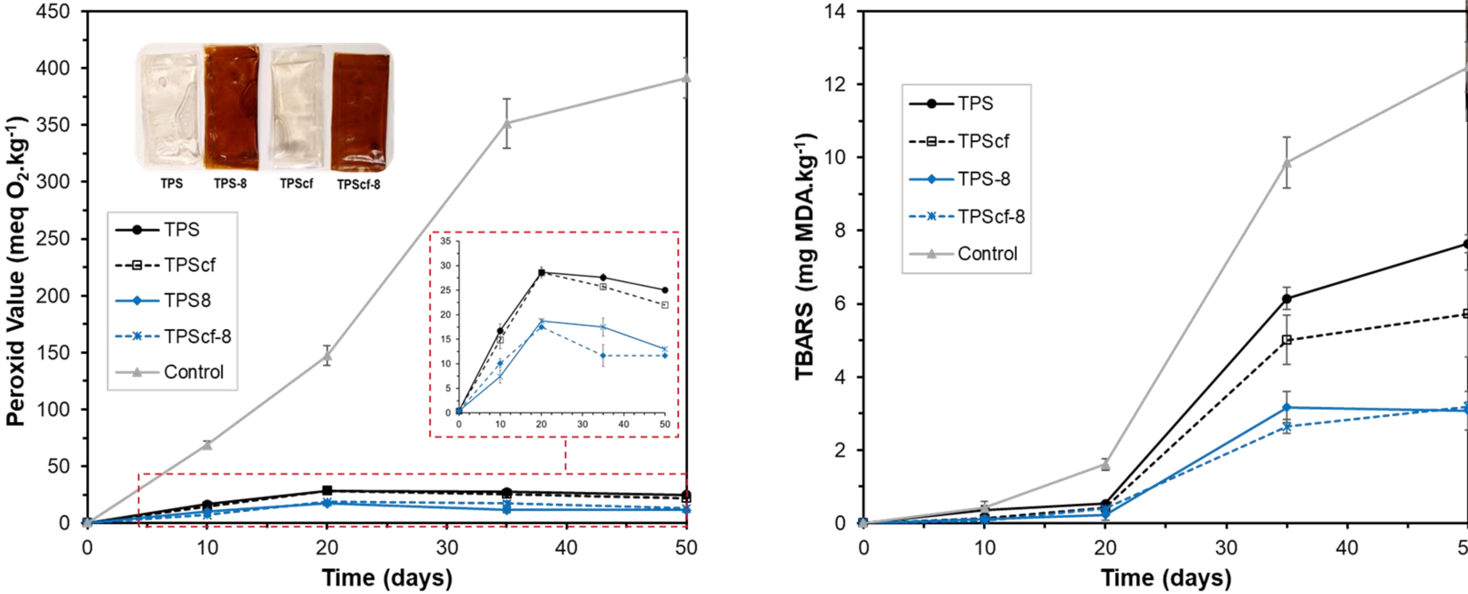
Films con actividad antioxidante

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Bolsa monodosis biodegradable de almidón y con y sin extracto acuoso y fibras de celulosa obtenidos de paja de arroz

Extracto:
EC_{50} = 6.3 ± 0.3 mg extracto/mg DPPH.
Contenido fenólico: 37.1 ± 0.4 mg GAE





Menor OP

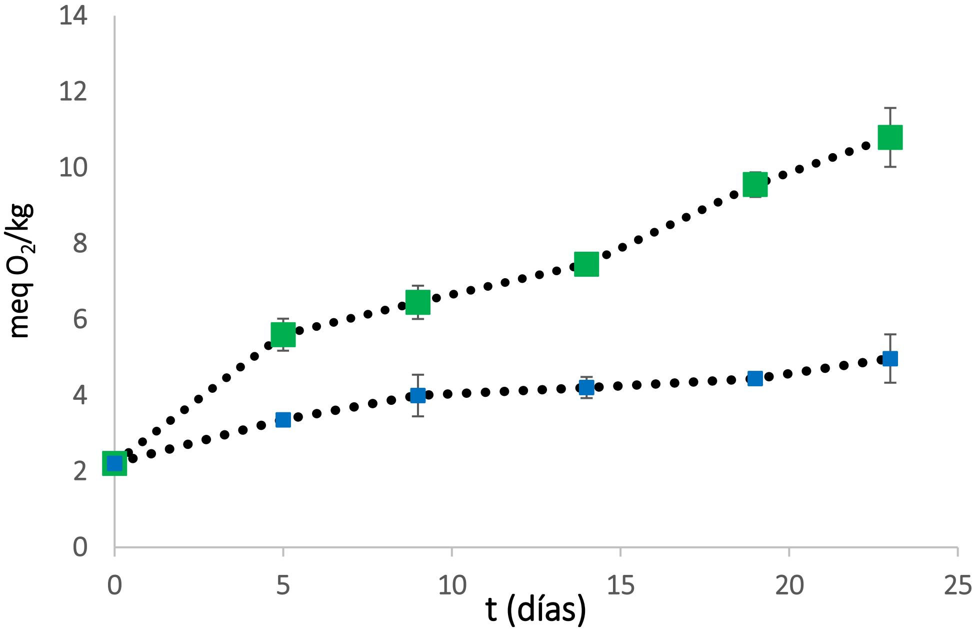
Efecto antioxidante

Figure 5. Peroxide index and TBARs values of sunflower oil packaged in starch films containing or not RS extract (at 8% wt.) and added or not with CF during 50 days of storage.

Freitas, González Martínez & Chiralt, 2022

Films con actividad antioxidante

Bolsa monodosis biodegradable de almidón y PLA con y sin extracto acuoso de cascarilla de arroz.



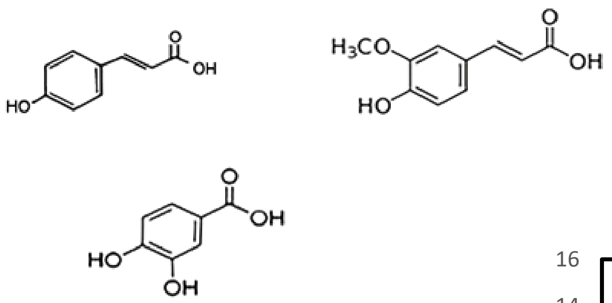
Índice de peróxidos en función del tiempo en condiciones de oxidación forzada

Collazo-Bigliardi, S., Ortega-Toro, R., & Chiralt, A. (2019). Food Packaging and Shelf Life, 22, 100383.

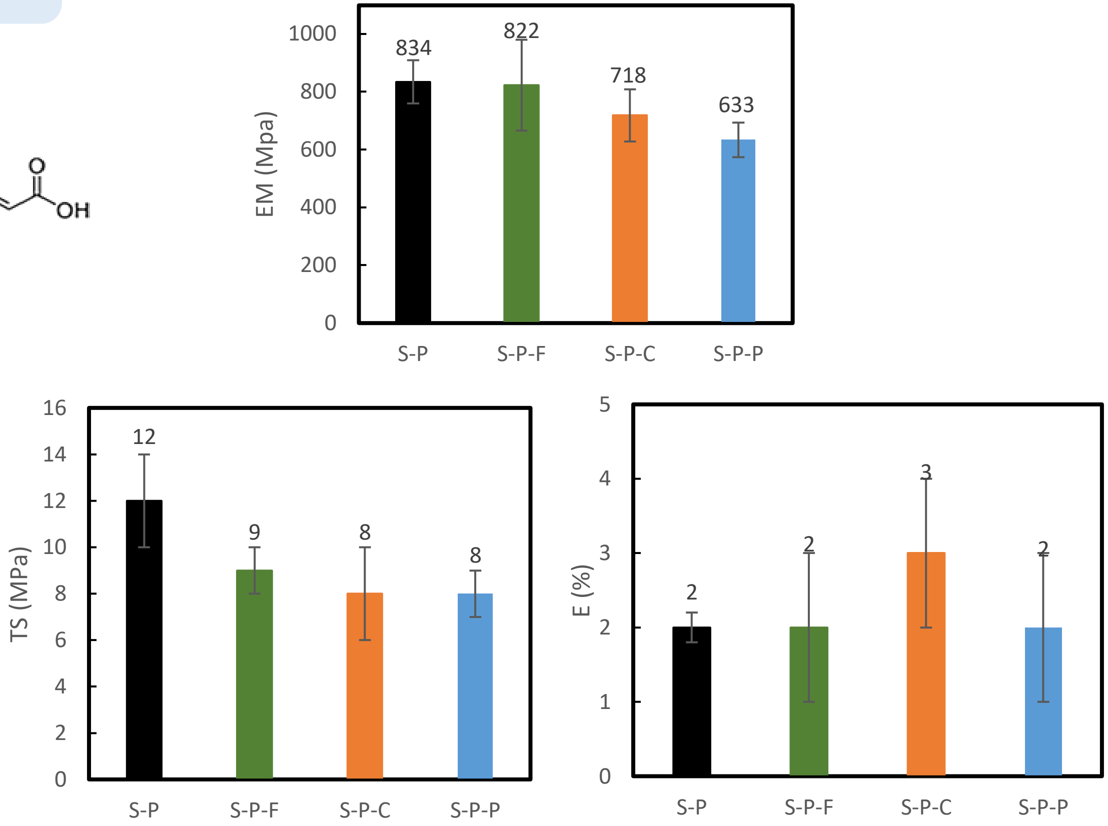
Extensión de la vida útil

Conservación de carne de cerdo en bolsas bicapa de almidón-poliésters con ácidos fenólicos

Ácidos fenólicos en la capa de poliesteres (contacto)



Propiedades mecánicas



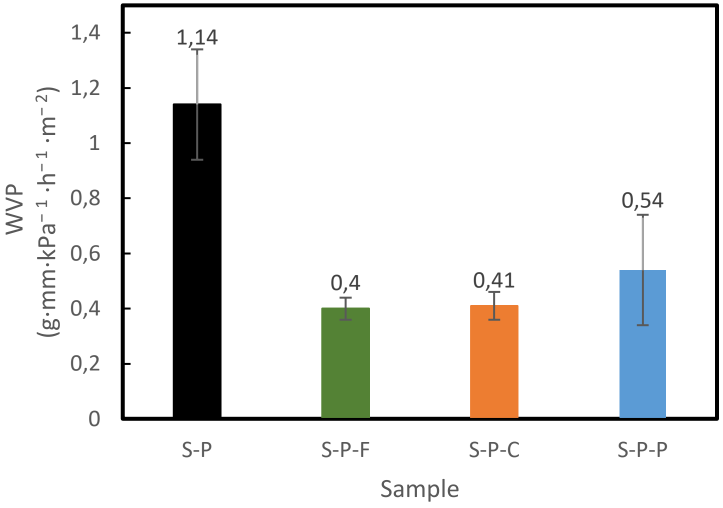
Hernández-García, E., Vargas, M., & Chiralt, A. (2022). Food Chemistry, 385, 132650.

Determinadas por la capa más resistente-menos extensible (poliésteres). Efectos de la migración inter-capa

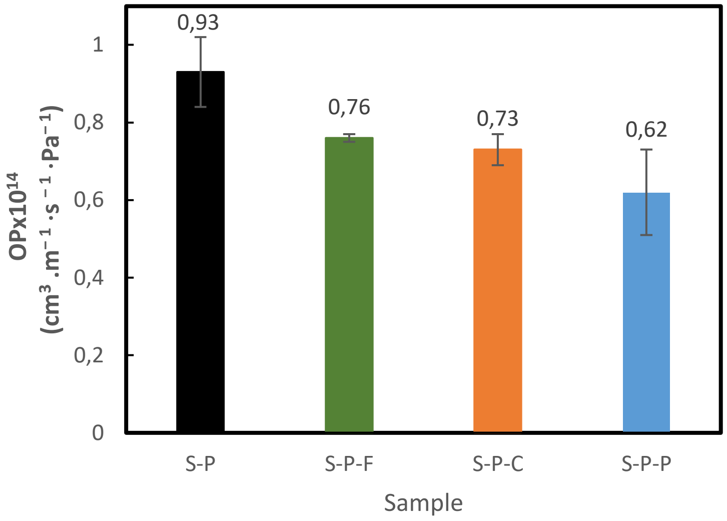
Extensión de la vida útil

Propiedades de barrera

Water vapour permeability (WVP)



Oxygen permeability (OP)



Próximas a las del film de poliésteres (limitante)

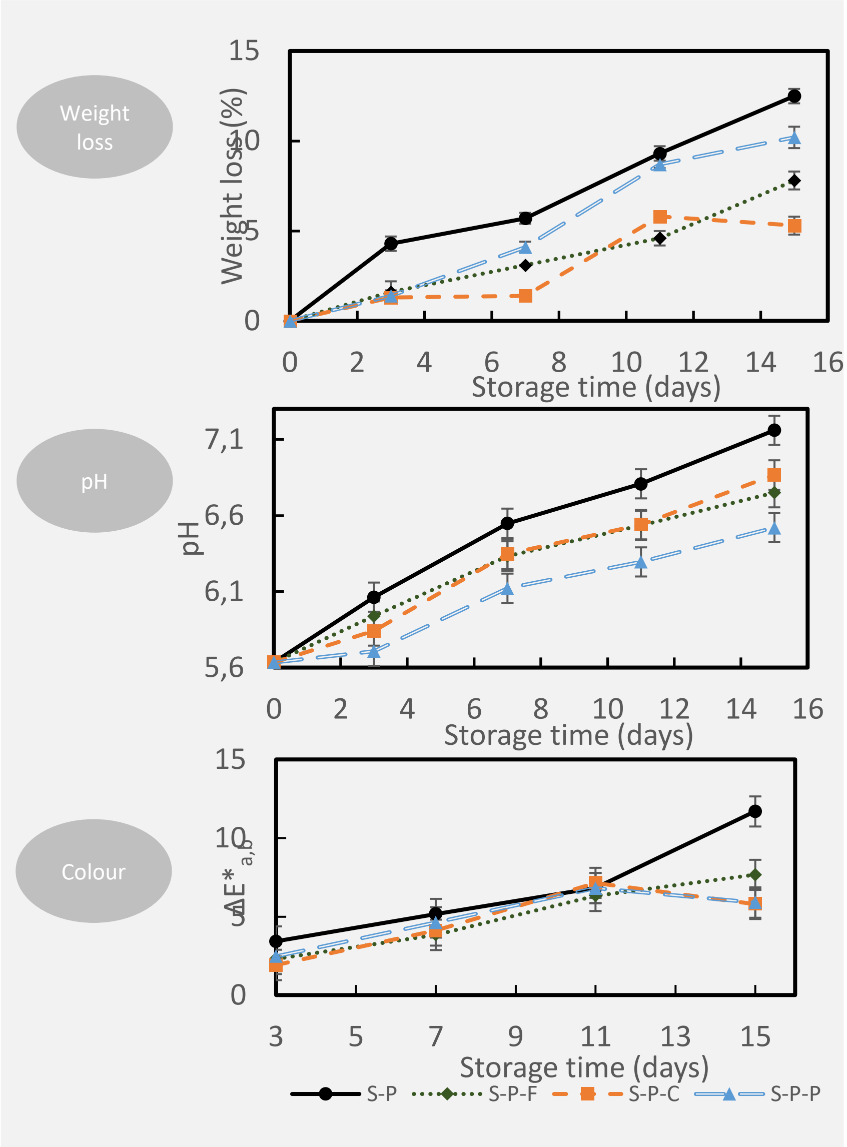
Próximas a las del film de almidón (limitante)

Hernández-García, E., Vargas, M., & Chiralt, A. (2022). Food Chemistry, 385, 132650.

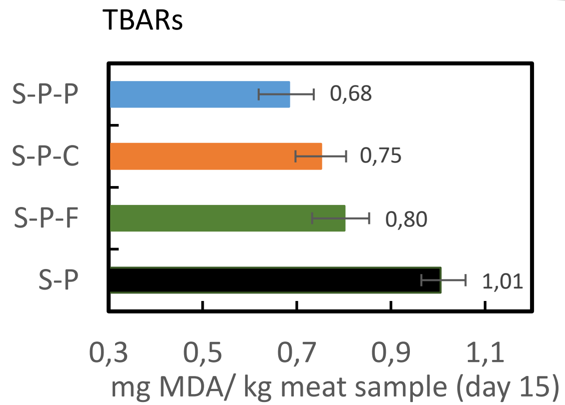
Extensión de la vida útil

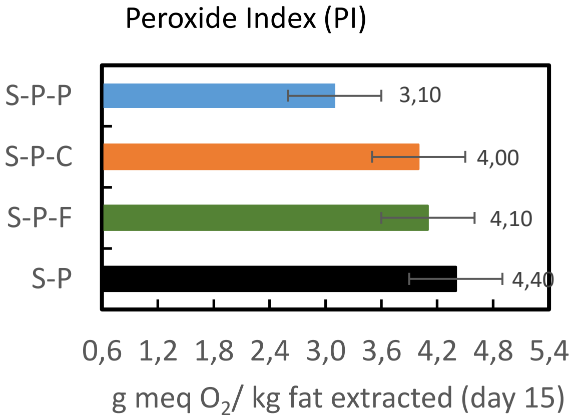
Quality parameters of packaged pork meet fillets

CONTROL
CONTROL



Estabilidad oxidativa

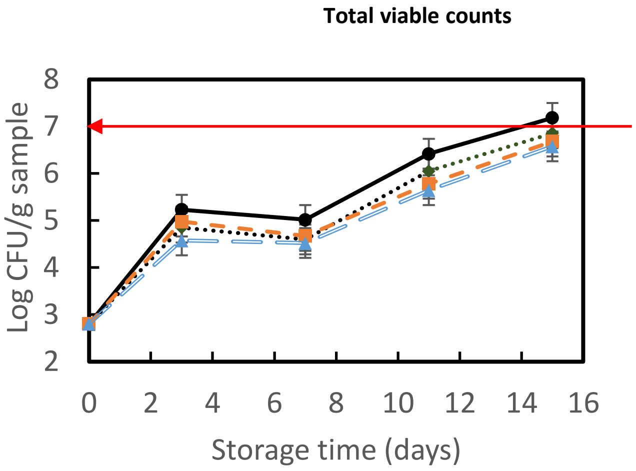


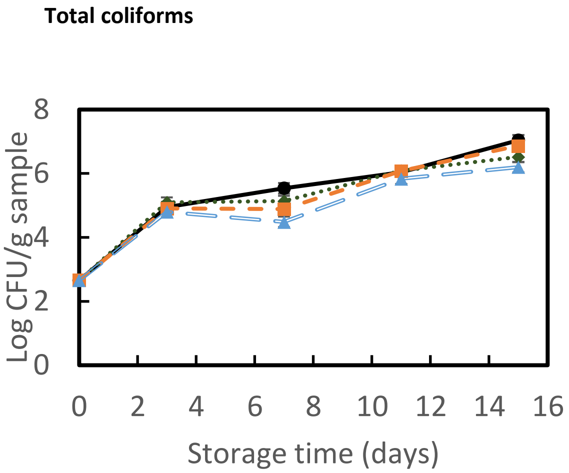


Hernández-García, E., Vargas, M., & Chiralt, A. (2022). Food Chemistry, 385, 132650.

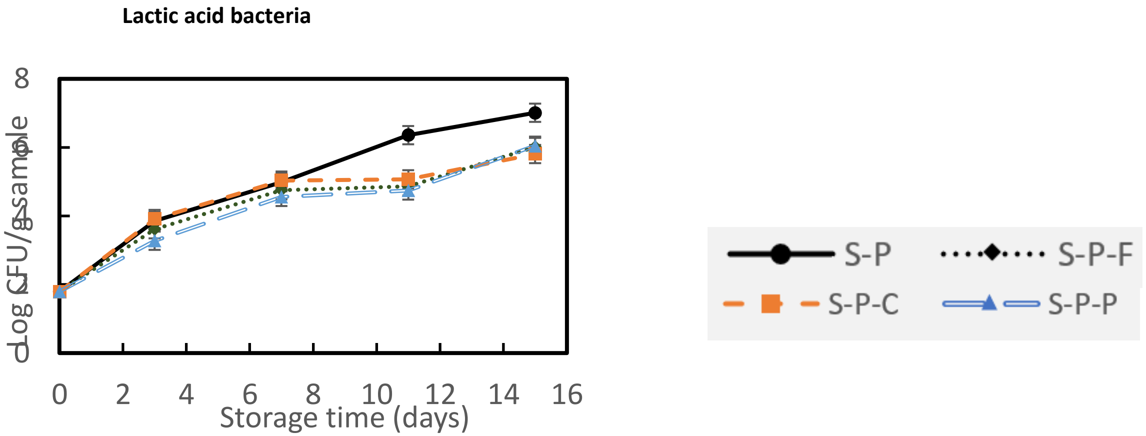
Extensión de la vida útil

Recuentos microbianos



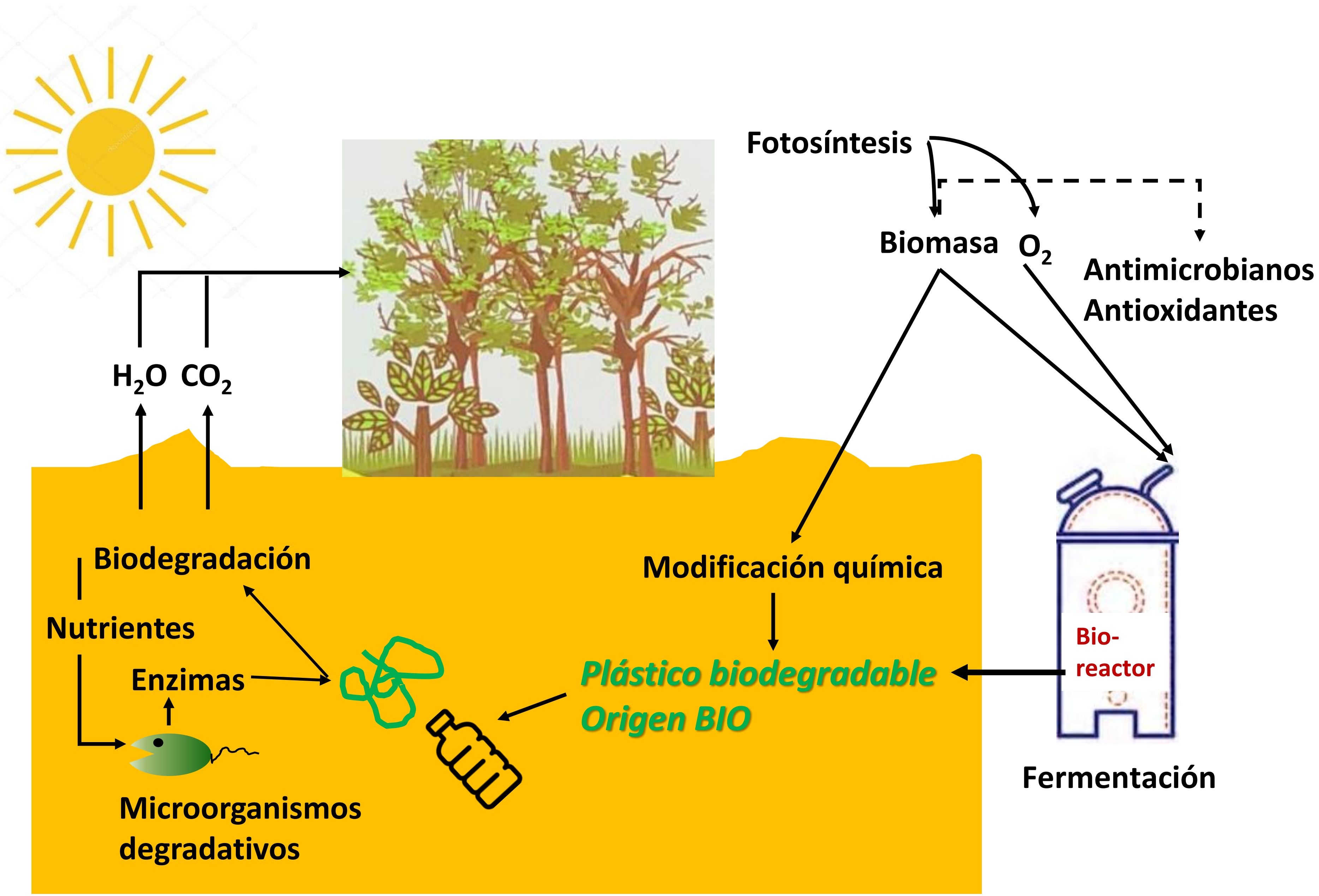


Liberación limitada y lenta de los compuestos activos



Hernández-García, E., Vargas, M., & Chiralt, A. (2022). Food Chemistry, 385, 132650.

Solución sostenible y ecólogica



Fotosíntesis

Biomasa O_2

Antimicrobianos
Antioxidantes

H_2O CO_2

Biodegradación

Nutrientes

Enzimas

Microorganismos
degradativos

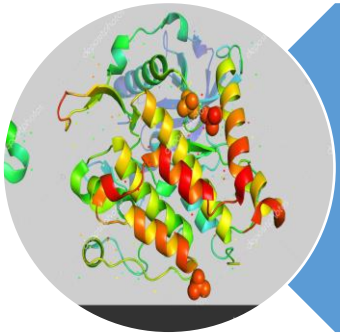
Modificación química

Plástico biodegradable
Origen BIO

Bio-
reactor

Fermentación

Necesidades



Nuevos polímeros biodegradables de fuentes renovables

Valorización de residuos vegetales y alimentarios.

Desarrollos de envases biodegradables activos avanzados

Muchas Gracias