

# Curso Tecnología Poscosecha de cítricos y otros cultivos en la Comunidad Valenciana

Del 25 de enero al 2 de marzo de 2018



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



## Recubrimientos de cítricos

### BLOQUE II.

#### Poscosecha en los cultivos de la Comunidad Valenciana

##### II.1. Tecnología poscosecha en cítricos

Enrique Gómez  
[enrique.gomez@uniphos.com](mailto:enrique.gomez@uniphos.com)

# Recubrimientos de cítricos

## Enrique Gómez

### Índice

#### **1. Introducción - 3**

- 1.1. Definición de un recubrimiento. Recubrimientos empleados en las frutas - 3
- 1.2. Componentes de los recubrimientos - 5
  - 1.2.1. Las ceras - 5
  - 1.2.2. Las Resinas. Colofonia y Shellac (goma laca) - 11
  - 1.2.3. Formulantes - 13
    - 1.2.3.1. Jabones de ácidos grasos - 13
    - 1.2.3.2. Amoniaco - 14
    - 1.2.3.3 Emulsionantes no iónicos - 14
    - 1.2.3.4 Plastificantes - 14
    - 1.2.3.5 Otros aditivos empleados en las formulaciones - 15

#### 1.3. Legislación - 15

#### 1.4 Formulación de recubrimientos - 15

- 1.4.1. Emulsiones de ceras - 16
  - 1.4.1.1. Descripción del proceso de emulsión - 16
  - 1.4.1.2. Emulsiones aniónicas - 18
  - 1.4.1.3. Emulsiones no iónicas - 22
  - 1.4.1.4. Emulsiones no iónicas-aniónicas - 25
- 1.4.2. Disoluciones de resinas - 26
- 1.4.3 Formulaciones de recubrimiento - 26
- 1.4.4. Fabricación de formulaciones de recubrimiento finales - 27

#### **2. Diseño de emulsiones y ceras. Trabajo en laboratorio - 27**

- 2.1. Objetivo - 21
- 2.2. Plan de trabajo para el diseño - 28
  - 2.2.1. Variables de entrada - 28
  - 2.2.2. Información de la bibliografía - 28
  - 2.2.3. Datos de “nuestra” bibliografía - 28
  - 2.2.4. Diseño teórico de la formulación - 28

#### **3. Reactor Piloto - 30**

#### **4. Aplicación práctica en los frutos cítricos - 31**

- 4.1. Encerado de la fruta - 31

#### **5. Evaluación de los parámetros de calidad de recubrimientos en la central de confección de cítricos - 37**

- 5.1. Secado de la cera - 37
- 5.2. Recubrimiento - 37
- 5.3. Brillo - 37
- 5.4. Control pérdidas de peso - 38
- 5.5. Plasticidad - 38
- 5.6. Resistencia al white spot - 38
- 5.7. Efectos fermentativos debidos al recubrimiento - 39

#### **6. Autoevaluación - 39**

- 6.1. Ejercicios de auto-evaluación - 39
- 6.2. Ejercicios prácticos - 40

#### **7. Citanos - 40**

#### **8. Bibliografía - 41**

## 1. Introducción

### 1.1. Definición de un recubrimiento. Recubrimientos empleados en las frutas

Un recubrimiento (coating en inglés) es una película de un material polimérico que se distribuye uniformemente sobre una superficie (en este caso sobre un fruto) y que aporta propiedades generalmente de protección o cosméticas a dicha superficie. Estos recubrimientos pueden ser base solvente (disolventes orgánicos) o base agua, siendo estos últimos los únicos permitidos en el recubrimiento de frutas.

En el caso de los cítricos y otros frutos en general, la película del recubrimiento actúa reduciendo la pérdida de agua (barrera física), reduciendo el intercambio de gases, retrasando de esta manera la senescencia (envejecimiento) de los frutos, de manera que permite el incremento de la vida comercial de los mismos.

Del mismo modo, los recubrimientos de frutas, además de este efecto fisiológico o tecnológico, generalmente aportan brillo (efecto cosmético), por lo que en algunas frutas (fundamentalmente frutos cítricos, pero también manzanas, melones, frutas tropicales, entre otros) esta propiedad mejora el aspecto comercial de los mismos al hacer la fruta más apetecible para el consumidor. Todo esto se tiene que obtener evitando al mismo tiempo procesos internos fermentativos que puedan producir degradación de azúcares y producción de alcoholes y aldehídos productores de malos sabores.

A la hora de encerar los frutos es fundamental tener en cuenta si el cultivo es un fruto climatérico (esto es, con un climaterio en su metabolismo durante el proceso de post-recolección que supone una rápida aceleración de la respiración del fruto) como son las peras y las manzanas, o no climatéricos, en los que esto no ocurre, como es el caso de los frutos cítricos. Según esta caracterización se pueden emplear de una manera óptima una u otra formulación.

Aunque los recubrimientos de frutas reciben usualmente el nombre de “ceras” en la terminología en habla castellana, en su composición no se incluyen necesariamente éstas (Hagenmaier y Baker 1994a; Hall, 1981), puesto que pueden contener sólo disoluciones de resinas, aunque en general las ceras, que son base agua y se denominan “ceras al agua” suelen contener emulsiones de ceras (naturales o artificiales) dispersadas en una fase final de agua, mezcladas o no con disoluciones acuosas de resinas, siendo la combinación de los dos componentes la de selección porque mejoran las propiedades intrínsecas de la emulsión. En la terminología en habla inglesa la definición es mejor porque se habla en general de coatings, detallándose luego la composición (dispersión de la emulsión de cera sólo, mezcla de la dispersión de la emulsión con una disolución acuosa de resina, disolución acuosa sólo, etc).

La película de los recubrimientos en general se forma por la aplicación de la formulación por medio de boquillas, y una vez recubierta la fruta, se evapora el agua (generalmente forzándolo con un túnel de secado) formando la película en sí. En el siguiente esquema (Ausina, 2008) se explica este proceso.



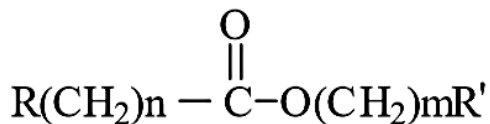
## 1.2. Componentes de los recubrimientos

Los recubrimientos de frutas, como se ha indicado, en una forma general están formulados con ceras naturales o artificiales y resinas de origen vegetal, como es la resina de colofonia (procedente de la resina del pino) o de origen animal, como es la goma laca o shellac, que procede de la secreción resinosa de un insecto llamado Lacifer Lacca que crece fundamentalmente en la India, Tailandia y China, países en los que es extraído y procesado para su uso.

A continuación, vamos a explicar cada uno de los componentes de los recubrimientos puesto que además de los mencionados, para su formulación (apartado 1.3) se necesitan otros adyuvantes y aditivos.

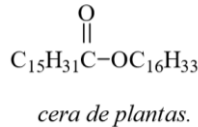
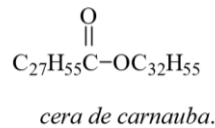
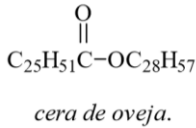
### 1.2.1. Las ceras

Las ceras son consideradas mezclas de ésteres de alta masa molecular formadas por ácidos grasos y alcoholes monohidroxilados, donde n y m representan el número de veces que se repite el grupo CH<sub>2</sub>, entonces los valores más frecuentes son: n = 8-18 y m = 16- 36.



Estructura general de una cera

Son abundantes en la naturaleza, y se pueden obtener de fuentes animales y plantas. Ejemplos de ellas tenemos la cera de abeja, la cera de carnauba, la lanolina, en los árboles forestales se puede encontrar la cera del follaje de conífera y de varios tipos de latifolias, aunque en el recubrimiento de frutas, como ceras naturales se emplean la carnauba, la cera de candelilla y la cera de abeja, las dos primeras de origen vegetal y la última de origen animal.

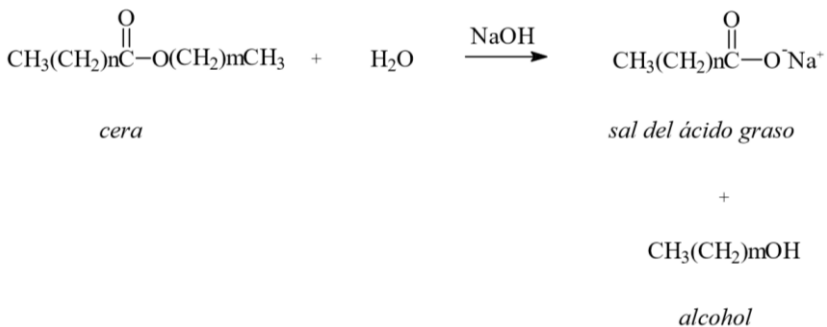


Un caso particular de ceras, son las ceras sintéticas. Las ceras sintéticas autorizadas para recubrimiento de frutas son las ceras de polietileno oxidado. Estas ceras reproducen las propiedades de las ceras naturales, pero son producidas artificialmente, son ceras polares emulsionables.

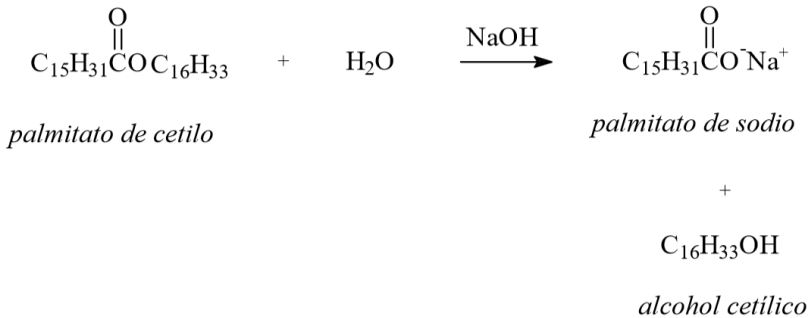
### Comportamiento químico

Las ceras debido a la presencia del enlace éster experimenta reacciones de sustitución nucleofílica. La hidrólisis en medio alcalino produce sales de ácidos grasos y alcoholes monohidroxilados y en un medio ácido origina ácidos grasos y alcoholes de la misma naturaleza (monohidroxilados).

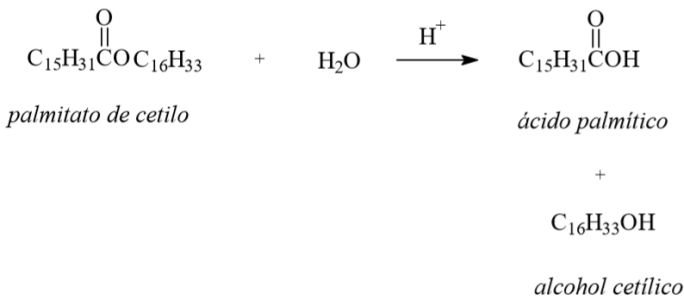
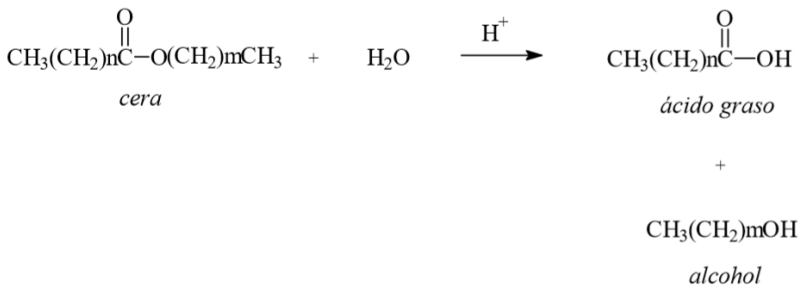
La ecuación general que representa la hidrólisis alcalina de una cera se muestra a continuación:



Como ejemplo se muestran los productos que se obtienen de la hidrólisis en medio básico del palmitato de cetilo aunque esta reacción no es útil para la obtención de jabones.

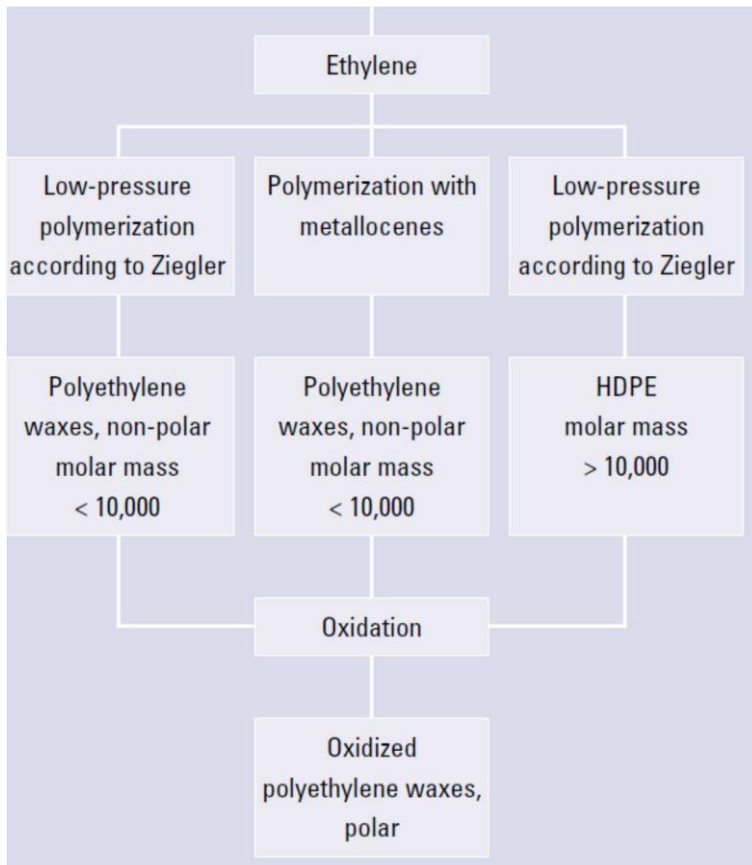


La hidrólisis de las ceras es de gran utilidad cuando se necesita estudiar la composición de los ácidos grasos y alcoholes presentes en las ceras.



### Ceras de polietileno oxidado

Esta es la cera que más se emplea en España. Es un polímero de bajo peso molecular que se forma polimerizando grupos etileno. El polietileno es no polar y por lo tanto no es emulsificable, por lo que se oxida para convertirlo en polar. Los parámetros de identificación son el punto de fusión (entre 100 y 150°C), el índice de acidez o valor de ácido (en la Unión Europea el polietileno de índice de acidez menor de 70 está autorizado para recubrimiento de frutas). A continuación, se presenta el proceso de producción de las ceras de polietileno oxidado (Fuente: Clariant)





El número de ácido es el número de miligramos de KOH (hidróxido potásico) requeridos para neutralizar los ácidos libres contenidos en un gramo de cera. El método homologado para su determinación es el EN-ISO 2114, también conocido en la bibliografía norteamericana como ASTM D 1386. El procedimiento consiste en disolver la cera en xileno, se le añade etanol y se valora con KOH en etanol con fenolftaleína como indicador. Este valor de ácido es necesario para conocer la cantidad de reactantes necesario para los procesos aplicar, en nuestro caso la saponificación de los ácidos libres y determina la polaridad de las ceras, siendo también proporcional a la compatibilidad de las superficies a recubrir.

Un parámetro importante es el índice de saponificación, considerándose ceras saponificadas, con índice de saponificación menor de 25 y parcialmente saponificadas, con índice de saponificación menor de 45. Este índice de saponificación influye en el balance lipófilo-hidrófilo (BLH, o HLB en inglés), que en el caso de las saponificadas es 12 y en el caso de las parcialmente saponificadas es 13. Generalmente el polietileno oxidado empleado, suele estar saponificado.

El valor de saponificación es el número de miligramos de KOH requeridos para neutralizar los ácidos libres y ácidos procedentes de los ésteres en un gramo de cera. El método estándar para determinarlo es el EN-ISO 3681 ó ASTM D 1387. El valor de saponificación es la medida de la cantidad de ácidos libres y ésteres divisibles presentes.

Los ésteres se dividen con KOH alcohólico. El KOH sin consumir se valora con ácido clorhídrico. La diferencia entre el valor de saponificación y el número de ácido es el valor éster. Es una medida del contenido en ésteres. Como el valor de ácido, el valor de éster o número de éster está relacionado con la polaridad de la cera, y la experiencia determina que los ésteres son menos polares que los ácidos libres monoméricos de la cera.

Esta polaridad determina el Balance Hidrófilo Lipófilo (HLB en sus siglas en inglés) necesario para la emulsión de la cera. Este parámetro es fundamental para la selección de los jabones de ácidos grasos, o los emulsionantes a emplear en la emulsión de la cera polietilénica.

El sistema HLB (BHL en sus siglas en español) fue desarrollado empíricamente para describir y determinar a los tensioactivos, describiendo dentro de esta familia a los emulsionantes, detergentes y mojanter. El valor HLB depende de la relación de los componentes hidrófilos frente a los lipófilos en la molécula.

El valor HLB es importante puesto puede significar que distintos emulsionantes con el mismo HLB pueden ser útiles en la obtención de emulsiones de ceras con un HLB específico con la suficiente estabilidad. Por eso el valor de HLB de un emulsionante se denomina el valor de HLB requerido. La estabilidad se puede optimizar variando la cantidad de emulsionante empleado o usando emulsionantes de diferente composición con el mismo HLB.

Por ejemplo, estas ceras polietilénicas (también denominadas poliolefinas), dependiendo de su índice de saponificación, tienen diferentes valores de HLB que se debe considerar a la hora de los emulsionantes a emplear.

Si hablamos de las ceras de polietileno oxidado fabricadas, por Clariant los HLB son los siguientes:

Polyolefin wax	Licowax PED 521	12
	Licowax PED 121	12
	Licowax PED 522	13
	Licowax PED 153	13

Debido a que las ceras polietilénicas tienen un alto punto de fusión, no se pueden emplear todos los métodos de emulsión, y por ejemplo el método cera en agua generalmente no se puede emplear. La alta viscosidad de las ceras polietilénicas fundidas hace que también requieran una importante energía de agitación.

## 1.2.2. Las Resinas. Colofonia y Shellac (goma laca)

### Colofonias. Resina de pino

Las resinas u oleorresinas son una mezcla de ácidos resinosos (ácidos diterpenoicos) disueltos en una mezcla de hidrocarburos terpénicos. Cuando se destila la resina se obtienen dos fracciones, una fracción volátil conocida como aceite de trementina o aguarrás, formada por monoterpenos y monoterpenoides, que incluyen hidrocarburos terpenos y terpenoides tales como,  $\alpha$ -pineno,  $\beta$ -pineno, mirceno, limoneno, farneseno,  $\beta$ - felandreno,  $\Delta^3$ -careno, borneol, canfeno, terpinoleno, metilcarvinol, p-cimol, longuifoleno. y una fracción no volátil conocida como pez rubia o colofonia.

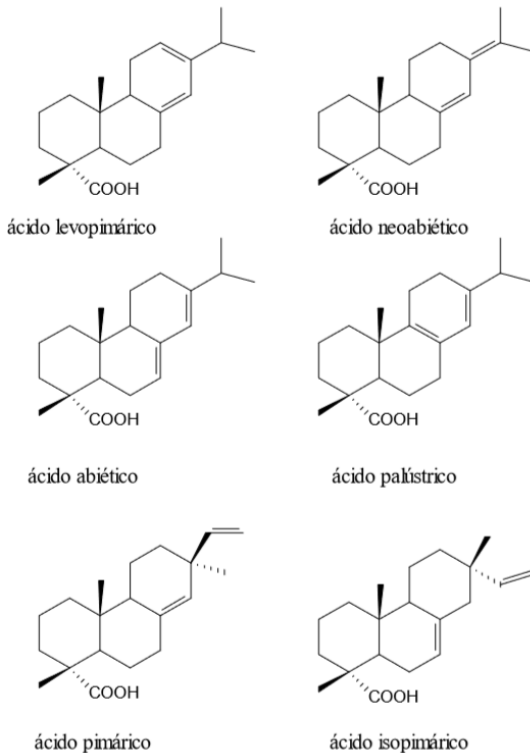
La oleorresina contiene de 16-20 % de aceite de trementina y de 64-70 % de colofonia. Dependiendo de la variedad del pino resinero, las composiciones de ambas fases varían mucho. Por ejemplo, en cuatro especies de pinos: *Pinus caribaea*, *Pinus tropicalis*, *Pinus cubensis* y *Pinus maestrensis*, estudios realizados han demostrado que contienen altos contenidos de  $\alpha$ -alfa pineno (monoterpeno de 10 átomos de carbono y pequeñas cantidades porcentuales de los demás compuestos terpénicos).

Especies de pinos	Contenido de $\alpha$ - pineno
<i>Pinus tropicalis</i>	93,2 - 96,9 %
<i>Pinus occidentalis</i>	87,1 – 94,1 %
<i>Pinus cubensis</i>	76,6 – 88,6 %
<i>Pinus caribaea</i>	67,3 – 91,0 %

Las especies de *Pinus tropicalis*, *occidentalis* y *cubensis* además presentan  $\beta$ -pineno y cantidades porcentuales muy pequeñas de los demás terpenos, mientras que el *Pinus caribaea* presenta altos contenidos de  $\beta$ - felandreno. La colofonia obtenida como residuo sólido de la destilación de la resina es una mezcla de ácidos diterpenoicos tales como:

ácido abiético, ácido neobiético, ácido dehidroabiético, ácido pimárico, dextropimárico, levopimárico y ácido palústrico.

La composición varía en dependencia del método de separación o sea si se destila la resina o si se obtienen los ácidos a partir del licor negro de los procesos de fabricación de pulpa de madera (tail oil), que son muy frecuentes en Estados Unidos pero unos valores medios pueden ser ácido abiético (15-20 %), ácido neobiético (15-20 %), ácido levopimárico (30-35 %) y ácido pimárico (16 %).



Estas colofonias, sin embargo, no son útiles directamente para su empleo en recubrimientos de frutas.

Las colofonias hay que modificarlas por medio de una reacción de esterificación con un alcohol (generalmente pentaeritritol combinado o no con glicerol) tras la formación de un aducto (por medio de ácido málico, fumárico o sus combinaciones) por medio de una reacción Diels-Alder en la que en la formación de aducto se satura el doble enlace de los ácidos presentes en las resinas, puesto que de otra forma se sabe experimentalmente que los recubrimientos con colofonias esterificadas pero sin formar aducto son demasiado quebradizas. Estas resinas se denominan ésteres fumáricos (o maleicos) de pentaeritrol (y/o glicerol).

La resina de colofonia modificada (el ester de colofonia) es entonces soluble en medio alcalino acuoso. Este medio alcalino se puede conseguir con disoluciones amoniacaes, potásicas o ambas, formando la disolución de resina antes mencionada.

Shellac (Goma laca).

La goma laca es una resina segregada por el insecto lac que crece en los árboles en los bosques de la India y Tailandia. Se procesa y se vende como escamas secas, que se disuelven en alcohol desnaturalizado para hacer laca líquida. Posee buenas cualidades de aislamiento de la humedad.

### **1.2.3. Formulantes**

Como formulantes denominamos todos aquellos productos necesarios para la formulación final de las ceras y/o resinas en el recubrimiento.

#### **1.2.3.1. Jabones de ácidos grasos**

Los jabones de ácidos grasos (sales alcalinas de ácidos grasos), son necesarios para cierto tipo de emulsiones, las llamadas aniónicas (aunque la denominación más correcta sería simplemente iónicas).

Estos jabones se pueden emplear ya formulados, o se pueden formular in situ durante la emulsión de la cera. En este caso se necesita una fuente de ácidos grasos (ácido oleico, palmítico, esteárico, etc) y un álcali (hidróxido potásico, hidróxido sódico, hidróxido amónico...)

Como fuente de ácidos grasos se suele emplear la oleína, generalmente de palma (ver anexo 1), que aporta una mezcla de diferentes ácidos grasos.

Como álcali se suelen emplear hidróxido potásico y amoníaco.

El hidróxido potásico, además de para formar jabones de ácidos grasos, se emplea para saponificar las ceras en el caso de emulsiones con emulsionantes no iónicos.

### **1.2.3.2. Amoníaco**

El amoníaco (en forma de disolución acuosa de hidróxido amónico), tiene doble uso. En primer lugar, contribuye a formar jabones de ácidos grasos (en forma de oleato amónico), pero fundamentalmente sirve de disolvente y regulador del pH de las disoluciones acuosas alcalinas de resinas.

### **1.2.3.3 Emulsionantes no iónicos**

Para emulsionar ceras, en lugar de jabones de ácidos grasos, se pueden emplear emulgentes no iónicos autorizados, formando emulsiones no iónicas. Estos suelen pertenecer a las familias polisorbatos y monoesteratos de sorbitán etoxilados (Baldwin et al, 1995) y no etoxilados. Se pueden emplear también conjuntamente con jabones de ácidos grasos, y en este caso su denominación (en realidad no correcta, más bien descriptiva) es de emulsiones aniónicas – no iónicas.

### **1.2.3.4 Plastificantes**

Los plastificantes son aditivos que se añaden para incrementar la flexibilidad y la resistencia al corte y ruptura del recubrimiento.

Estos plastificantes reducen las fuerzas intermoleculares en las cadenas de los polímeros reduciendo las fuerzas de cohesión y la temperatura de transición vítrea. Estos plastificantes para poder actuar tienen que ser solubles en el polímero, y si es necesario un disolvente, en el mismo, para no producirse separaciones de fases antes del secado del film. Los plastificantes, según el tipo de polímero empleado, pueden aplicarse en un amplio rango de concentraciones, entre un 10 y un 60% en base seca de la concentración total del polímero en el disolvente. Los plastificantes más habituales, grado alimentario, en polímeros céreos son el glicerol, sorbitol, propilenglicol, sacarosa y sales del tipo sulforricinatos sódicos y potásicos. A la hora de aplicar estos plastificantes se debe de considerar un equilibrio entre los efectos plastificantes y los efectos negativos de control de la efectividad en la actividad barrera al agua, gases, aromas o lípidos (Gontard et al, 1993).

#### 1.2.3.5 Otros aditivos empleados en las formulaciones

Entre estos otros aditivos, podemos incluir:

- Antiespumantes: generalmente dimetilpolixilosano
- Ayudas al secado: se pueden emplear pequeñas proporciones de alcoholes, etanol y en donde está autorizado (por ejemplo, en Estados Unidos), isopropanol.

### 1.3. Legislación

Todos los componentes de los recubrimientos antes mencionados, en el caso de alimentos, deben de cumplir los requerimientos de la legislación aplicable en la UE que es Reglamento CE 1333/2008 de aditivos alimentarios.

### 1.4 Formulación de recubrimientos

Como se ha mencionado anteriormente, las formulaciones de recubrimientos están compuestas con dispersiones acuosas de emulsiones de ceras y/o disoluciones acuosas de resinas (en Europa el shellac).

### 1.4.1. Emulsiones de ceras

#### 1.4.1.1. Descripción del proceso de emulsión

La emulsionabilidad es la capacidad de una cera, con un emulsionante adecuado, para formar una dispersión fina y estable en un medio acuoso, que es comúnmente denominado, aunque incorrectamente denominado, como emulsión, puesto que la denominación física correcta de una emulsión es la dispersión de un fluido en otro como, por ejemplo, en el caso de una emulsión de aceite en agua, sería la leche. Con la ayuda de los emulsionantes adecuados, se pueden emulsionar las ceras.

En la emulsión hay límites prácticos, porque cuando un emulsionante se incorpora a la cera, en realidad es una sustancia extraña que cambia las características de la cera en mayor o menor grado. Por ejemplo, un tensioactivo reduce la alta resistencia de las ceras al agua y por lo tanto afecta a su efecto protector. Por eso las ceras de selección son las menos hidrófilas y que pueden emulsionarse con un mínimo de emulsionante o ceras que permiten el uso de un emulsionante que pierde su efecto emulsionante después de la formación del film. Esto incluye jabones de ácidos grasos y aminos volátiles, como veremos luego. La emulsión producida debe de combinar una alta estabilidad que es proporcional a un tamaño muy pequeño de partícula.

Una emulsión es un sistema heterogéneo metaestable que está formado al menos por un líquido inmiscible en forma de gotitas (fase dispersa o interna) cuyos diámetros en general exceden de 0.1 micras, íntimamente disperso en otro (fase continua o externa). La estabilidad del sistema puede acentuarse mediante la adición de productos tensioactivos finamente divididos. Como hemos indicado reciben el nombre de emulsiones, aunque se trata en realidad de dispersiones de partículas sólidas de material céreo en agua con ayuda de algún emulgente, bien sea jabón de ácido graso o un tensioactivo no iónico. En su formulación intervienen normalmente una o varias ceras, emulgentes y antiespumantes.



Se adjunta un diagrama general de un proceso de emulsión de ceras (Gómez, 2015):

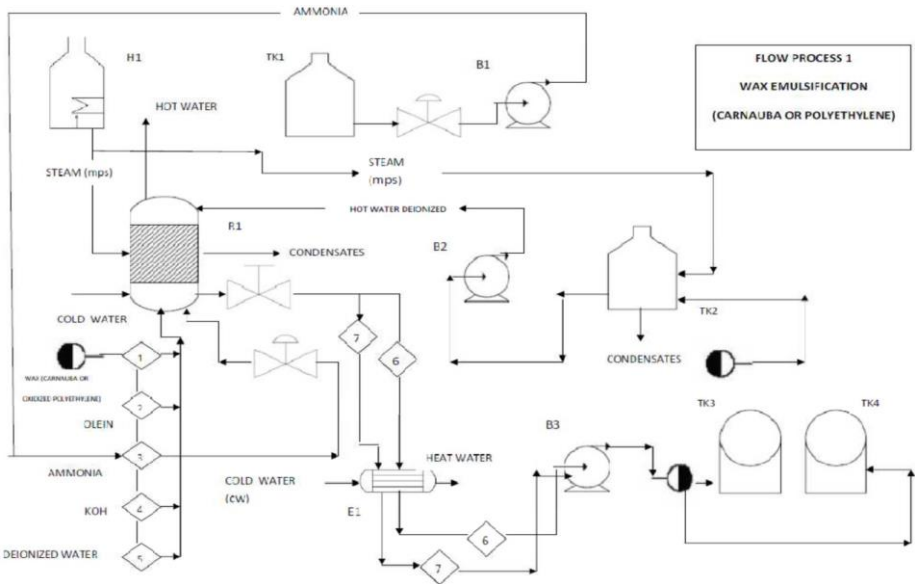


Foto de un reactor de presión empleado para realizar emulsiones:



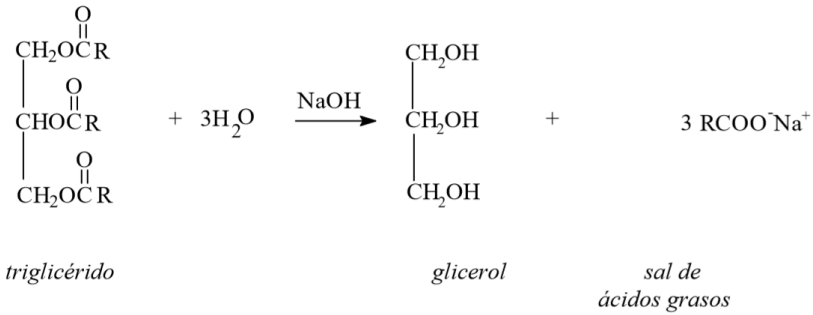
### 1.4.1.2. Emulsiones aniónicas

Las emulsiones iónicas (o aniónicas) son formadas por un jabón de ácido graso, formado por la saponificación de un ácido graso de cadena larga, como el ácido palmítico u oleico, aunque usualmente se emplea oleína, que es en su mayor parte ácido oleico, pero que también está formado por otros ácidos, como palmítico. Como álcali para la saponificación, se suele emplear hidróxido sódico, potásico, amoníaco, y donde están autorizado, morfolina. Para una mejor resistencia al agua del film, interesaría que el álcali fuera volátil (como es el caso de las aminas) de manera que al evaporarse el jabón soluble en agua se convierte en un ácido graso insoluble. Sin embargo, en su extremo, esta insolubilidad produciría en casos de cambios bruscos de temperatura (con la consiguiente condensación de agua sobre la fruta) producción de “white spot” o blanqueo de la película, debido a un inadecuado equilibrio entre la resistencia al agua y la solubilidad del film. Dado que hay que fundir la cera antes de iniciar el proceso de emulsión, y en el caso del polietileno oxidado este punto de fusión es mayor de 100°C, se alcanzan en los procesos de emulsión temperaturas mayores de 120°C y presiones de trabajo de hasta 6 bares, lo que obliga a el empleo de reactores de presión.

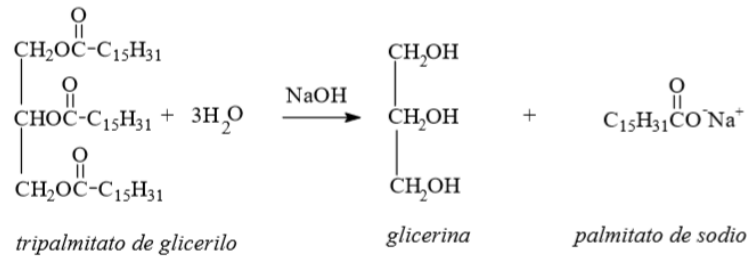
### Saponificación y formación de jabones emulgentes

En el proceso de emulsión aniónica, el emulgente es el jabón de ácido graso. El jabón de ácido graso es una mezcla sales de metales alcalinos (usualmente en el recubrimiento de frutas es más común el empleo de sales de potasio), provenientes de ácidos de 16, a 18 átomos de carbono, pero también pueden contener sales de sodio de ácidos carboxílicos de baja masa molecular. En la formulación de ceras aniónicas actúa como agente de emulsión.

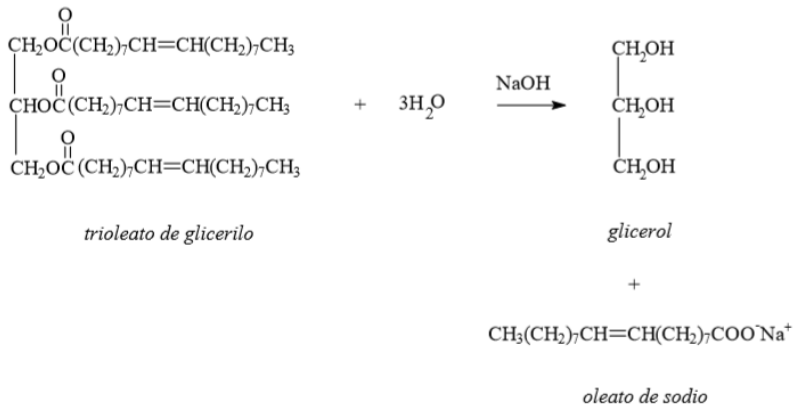
La preparación in situ del jabón que luego actúa como emulsionante, consiste en tratar el ácido graso con una disolución de un álcali, por ejemplo, NaOH al 40%, mediante la reacción conocida como saponificación, entonces se produce la hidrólisis de los triglicéridos formando ácidos grasos y glicerol o glicerina los ácidos se convierten en sales en presencia de una base.



**Ecuación general de saponificación de un triglicérido**

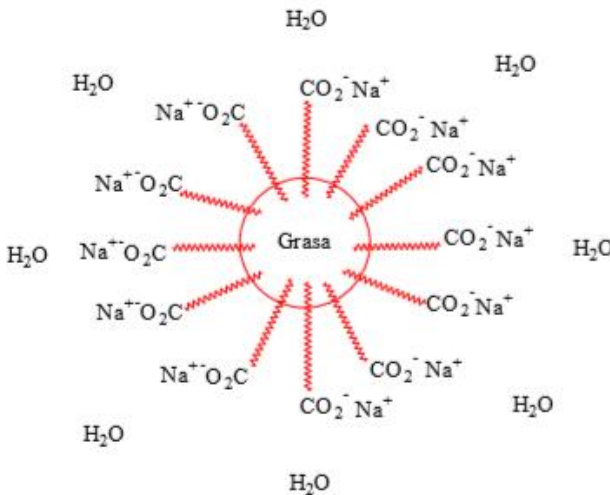


Los aceites se saponifican originando mezclas de sales de ácidos grasos insaturados y la glicerina.

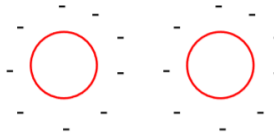


Las moléculas de las sales alcalinas de ácidos grasos, o sea, el jabón, presentan acción limpiadora debido a su estructura química. Esta estructura química consiste en largas cadenas de hidrocarburos que presentan un enlace iónico entre el anión carboxilato y el sodio o potasio, que le proporciona un carácter hidrófilo (afinidad por el agua), que da como resultado que se disuelve en agua, y una cadena hidrocarbonada que no es polar y por tanto hidrófoba (no tiene afinidad por el agua).

Estos dos efectos contrarios hacen que el jabón sea atraído por las grasas y por el agua y dice de sus acción limpiador, o, en nuestro caso, para formular las ceras, carácter emulsionante, al “fijarse” la cera en la parte hidrófoba, con la parte hidrófila “uniendo” la cera al agua, formando una dispersión en agua posterior a la emulsificación. Las partículas del jabón son suspendidas en el agua formando micelas de 50 a 150 moléculas, donde las cadenas hidrocarbonadas se ordenan y el grupo funcional queda expuesto al agua, según el esquema siguiente. En el caso de la emulsión de cera, la grasa sería la cera.



El jabón actúa pues como un surfactante disminuyendo la tensión superficial del agua, su acción se debe a que las cadenas de hidrocarburo de las moléculas del jabón se disuelven en sustancias poco polares, tales como gotitas de aceite o grasa y la parte iónica de la molécula es atraída por el agua. Se podrá observar que se produce entonces una repulsión entre estos agregados moleculares, debido a la presencia de cargas iguales y es por esto que las partículas de jabón no colapsan y se encuentran suspendidas en la disolución, como se muestra a continuación.



### Parámetros para realizar una emulsión aniónica de ceras

Para poder formular una emulsión, en primer lugar hay que tener en cuenta unos conceptos generales a aplicar, con respecto a los adyuvantes que se necesitan para la emulsión de las ceras, que dependen del tipo de emulsión a realizar, como las explicadas anteriormente:

1. Jabones para emulsionar ceras: jabones pueden ser preparados con un ácido graso de cadena larga (normalmente ácido oleico para oleína sino también otros ácidos grasos) saponifican con amoníaco y de sodio / hidróxido de potasio. Antiguamente se empleaba oleína animal, ahora el que más se está utilizando es la oleína de palma de aceite. Cuando se utiliza hidróxido de potasio / sodio solo, el jabón se puede utilizar para emulsionar pero la película es demasiado blando y propenso a romperse. Cuando está emulsionantes solamente con amoníaco, por lo general la cera no se saponifica correctamente. Por lo tanto siempre se sugiere utilizar amoníaco y sales para producir el jabón (s), y preferible utilizar hidróxido de potasio porque el hidróxido de sodio es más higroscópico.

2. Relación entre la oleína de utilizar y cera: se tiene que optimizar esta proporción, con el % del contenido de cera y de allí a aumentar o reducir el contenido, evitando problemas de estabilidad.
3. Relación entre el amoníaco y oleína. Cuando también se utiliza hidróxido de potasio, como se recomienda, para iniciar la cantidad receta mismo de amoniaco (25%) que la oleína se puede considerar para iniciar la formulación. Este es el mínimo para ser probado. Dependiendo del hidróxido de potasio utilizada, para producir jabón, contenido cada vez mayor de amoníaco tiene que ser utilizado para saponificar correctamente la cera y / o goma laca.
4. Contenido potasa (disolución al 50%). Por lo general, se recomienda una parte decimal del amoniaco utilizado. Si se usa menos, tiene que ser compensado con más amoníaco.
5. El exceso de amoníaco no es negativo para la emulsión, porque también es un disolvente, lo que puede añadir quantum satis. El único problema es el exceso de olor.

#### 1.4.1.3. Emulsiones no iónicas

Las emulsiones no iónicas por definición se emulsionan con emulsionantes no iónicos, siendo conveniente, y a veces imprescindible saponificar la cera (polietileno) con álcalis como hidróxido sódico o potásico. Para evitar problemas de excesiva higroscopicidad, se suele emplear mayormente el hidróxido potásico, potasa (KOH). En lugar del KOH se puede emplear amoníaco, pero una vez evaporado al formal el film del recubrimiento, lo hace menos resistente al “whitening”, esto es la destrucción del film formando escamas blancas cuando existen condensaciones de agua por cambios de temperatura.

Los emulgentes no iónicos empleados, que tienen que ser grado alimentario, tienen distintos BHLs (Balance Hidrófilo Lipófilo, HLB en sus siglas en inglés), y lo que se tiene que hacer es emplear para emulsionar aquellos emulgentes con valores próximos de HLB a lo que se quiere emulsionar, en proporciones

mayores o menores de las que serían necesarias para el HLB exacto del polietileno emulsionable, que nos permitan aproximarnos lo máximo a su HLB (por ejemplo, un polímero que tiene un HLB de 13, por lo que un emulgente de HLB cercano a 13, por ejemplo 15, como sería el Polisorbato 80, podría emplearse a concentraciones inferiores a las correspondientes a la relación habitual polímero : emulgente. En otros casos sin embargo, por ejemplo en el caso de los polietilenos regulares, no parcialmente saponificados, su HLB es 12 por lo que se tienen que buscar combinaciones de emulgentes que formen exactamente una relación proporcional de HLB 12, y luego se tantea la proporción polietileno: combinación de emulgentes para emulsionarlo. Estas combinaciones se suelen realizar con polisorbatos de HLB cercano a 14 ó 15 y con monooleatos de sorbitán con HLB cercano a 4.

Para realizar las mezclas de polímeros para obtener el HLB deseado, hay diferentes métodos, pero el más extendido es el desarrollado en los años 50 por la ya extinta multinacional británica ICI (Imperial Chemical Industries) que no es más que considerar que el HLB final de una mezcla es el resultado de la adición de las proporciones de cada emulgente en la mezcla. Por ejemplo, si combinamos 70 partes de polisorbato 80, de HLB 15, con 30 partes de Span 80, de HLB 4.3, el resultado sería el siguiente:

Tween 80	$70\% \times 15.0 =$	10.5
+		
Span 80	$30\% \times 4.3 =$	1.3
		-----
HLB final		11.8

Por lo tanto, basándose en esto se ha desarrollado una técnica para, una vez conocido el HLB de una sustancia a emulsionar, buscar las correspondientes mezclas que podrían ser de utilidad para realizar la emulsión.

.De nuevo ICI (The HLB System, ICI Americas, 1980), nos dice como se tiene que calcular las mezclas a realizar para obtener un HLB determinado. Por ejemplo, supongamos que necesitamos obtener una mezcla con Tween 80, HLB 15.0, que será el componente A y Span 80, HLB 4.3, que será el componente B, que tenga un HLB 12, que llamaremos X, el objetivo de HLB que queremos obtener la fórmula general es la siguiente:

$$\% (A) = \frac{100(X-HLB_{(B)})}{HLB_{(A)} - HLB_{(B)}}$$

$$\% (B) = 100 - \% (A)$$

Sustituyendo:

$$\%(\text{Tween } 80) = \frac{100(12.0-4.3)}{15.0-4.3} = 72\%$$

$$\%(\text{Span } 80) = 100 - 72 = 28\%$$

Luego la proporción será 72 partes de Tween 80 con 28 partes de Span 80.

A continuación se presenta una figura representando los HLB (BHL) de los diferentes emulsionantes no iónicos grado alimentario, familias Tween (Polisorbato) y Span. (The HLB System. ICI Americas, 1980):

HLB VALUES OF SOME SURFACTANTS	
Surfactant	HL B
Sorbitan trioleate (Span® 85)	1.8
Sorbitan tristearate (Span® 65)	2.1
Sorbitan sesquioleate (Arlacel 83)	3.7
Glyceryl monostearate, N.F.	3.8
Sorbitan monooleate, N.F., (Span® 80)	4.3
Sorbitan monostearate, N.F., (Span® 60)	4.7
Sorbitan monopalmitate, N.F., (Span® 40)	6.7
Sorbitan monolaurate, N.F., (Span® 20)	8.6
Polyoxyethylene sorbitan tristearate (Tween® 65)	10.5
Polyoxyethylene sorbitan trioleate (Tween® 85)	11.0
Polyethylene glycol 400 monostearate	11.6
Polysorbate 60, N.F., (Tween® 60)	14.9
Polyoxyethylene monostearate (Myrj 49)	15.0
Polysorbate 80, N.F., (Tween® 80)	15.0
Polysorbate 40, N.F., (Tween® 40)	15.6
Polysorbate 20, N.F., (Tween® 20)	16.7



El proceso de emulsión sigue el mismo esquema de las emulsiones aniónicas, sustituyendo los jabones de ácidos grasos por el emulsionante no iónico, y manteniendo el hidróxido potásico para saponificar la cera.

#### 1.4.1.4. Emulsiones no iónicas – aniónicas

Como dice su nombre, estas emulsiones son combinación de las dos anteriores. En este caso, el emulsionante no iónico, se emplea para “terminar la emulsión”, esto es, con la ayuda de los jabones amónicos y potásicos, se realiza la emulsión de la cera, y los “puntos” sin emulsionar son acabados de emulsionar con ayuda del polisorbato que se une a dichos puntos lipófilos y deja su parte hidrófila unida al agua.

En este caso, no hay cálculo teórico de HLB, simplemente se ha de iniciar una serie de pruebas de ensayo y error. Se tiene que considerar que la saponificación del polietileno tiene que cumplirse, por lo que en una primera aproximación se puede mantener la misma proporción de potasa que la emulsión aniónica.

Respecto a la oleína y el amoníaco, generalmente se emplean concentraciones inferiores al caso de las aniónicas, y se empieza el tanteo con cantidades de emulgente no iónico teóricos a la necesidad molar de emulsionante. Como este emulgente no iónico “termina” la emulsión, si hay emulsión, las proporciones de jabones son las correctas (y de saponificación). Si la transmitancia es baja, lo primero a plantear es que hay exceso de emulgente (punto de turbidez) y se va bajando, hasta que alcanza una transmitancia buena. Si no fuera así, habrá que cambiar la potasa del alcali y luego las proporciones de los jabones. Este será el proceso operativo.

El proceso de emulsión es el mismo que en las emulsiones aniónicas, añadiendo además emulsionante no iónico.

### 1.4.2. Disoluciones de resinas

Las soluciones de resinas en agua están formadas por una o más resinas solubles en medio alcalino a pH >10, empleando generalmente el amoníaco para obtener dicho pH. En Europa normalmente sólo se emplean soluciones alcalinas de goma laca.

Para prepara la solución de goma laca, se necesita por lo general 25% del contenido de goma laca de amoniaco al 25%. Además, es muy recomendable utilizar hidróxido de potasio para saponificar goma laca cuando se utiliza bajo o falta de amoníaco en la emulsión (cera final). Shellac tiene que ser saponificado básicamente porque sólo cuando se saponifica (con amoníaco o hidróxido de potasio / sodio) es soluble en agua. Si hay una condensación de agua, la goma laca no se puede disolver en agua, sino que es insoluble por lo que cuando el agua se evapora goma laca precipitada aparece como la típica mancha blanca. Por lo tanto, una proporción equilibrada de álcali tiene que ser incluida en la receta.

Este problema de las manchas blancas es más agudo cuando hay un exceso de goma laca en la formulación, es de goma laca pura o la relación de sólidos totales / emulsión de cera / goma laca no es correctamente equilibrada. También se recomienda para formular con más emulsión de cera de goma laca, buscando un equilibrio con brillo. La reducción de la goma laca en formulaciones también se convierte en una formulación de cera más barata.

### 1.4.3 Formulaciones de recubrimiento

Como conclusión de todo lo anterior, nos podemos encontrar con las siguientes diferentes formulaciones de recubrimiento (recubrimientos):

1. Emulsiones de ceras (dispersas en agua hasta alcanzar sólidos finales)
2. Disoluciones de resinas (disueltas en agua hasta alcanzar los sólidos deseados)
3. Recubrimientos formados por combinaciones de emulsiones de ceras y de disoluciones de resinas. (dispersos y disueltos en agua hasta alcanzar los sólidos deseados)

#### 1.4.4. Fabricación de formulaciones de recubrimiento finales

La fabricación de ceras finales consiste en:

- empleo de la emulsión de cera más aditivos. Estos aditivos se añaden en el reactor a la emulsión, con diluciones (dispersiones de la emulsión) en su caso con agua descalcificada hasta alcanzar los sólidos deseados (generalmente, 14, 16 ó 18%). Los aditivos, anteriormente explicados, son plastificantes (como el oleato potásico, sales de ácidos grasos en general) y antiespumantes (dimetilpolixilosano) y en ocasiones sustancias que ayuden al secado, como etanol o isopropanol (en donde esté autorizado) grado alimentario
- empleo de la emulsión más resinas. Se añaden los mismos aditivos, y los sólidos finales son también los mismos. Pero además lo que antes todo era emulsión se divide con parte de resinas (en Europa shellac o goma laca)

A la formulación final se le añaden los plastificantes.

## 2. Diseño de emulsiones y ceras. Trabajo en laboratorio

### 2.1. Objetivo

El objetivo del trabajo de laboratorio consiste en el diseño a pequeña escala, con los datos de partida del objetivo a conseguir, con datos de la bibliografía, histórico, nueva información por ejemplo de proveedores y con conocimientos de las técnicas de emulsión, y ceras, realizar diversas formulaciones basadas en emulsiones aniónicas, no iónicas, y aniónicas - no iónicas de ceras, y sus formulaciones finales y verificar sus propiedades en la aplicación sobre frutas (en este caso frutos cítricos), verificando los parámetros fisicoquímicos de las emulsiones / ceras finales, y su comportamiento en su aplicación sobre las frutas.

En el diseño a escala de laboratorio, el uso de un reactor o planta piloto resulta esencial.

## 2.2. Plan de trabajo para el diseño

### 2.2.1.- Variables de entrada

Las variables de entrada consisten en datos técnicos (temperatura de secado, objetivos de brillo, coste, capacidad o no de “sellado”, etc.) que nos tienen que servir de pautas para el adecuado diseño y desarrollo de nuestra formulación.

### 2.2.2. Información de la bibliografía

La información de la bibliografía se ha explicado en la introducción. La búsqueda en patentes suele ser también de utilidad.

### 2.2.3. Datos de “nuestra” bibliografía

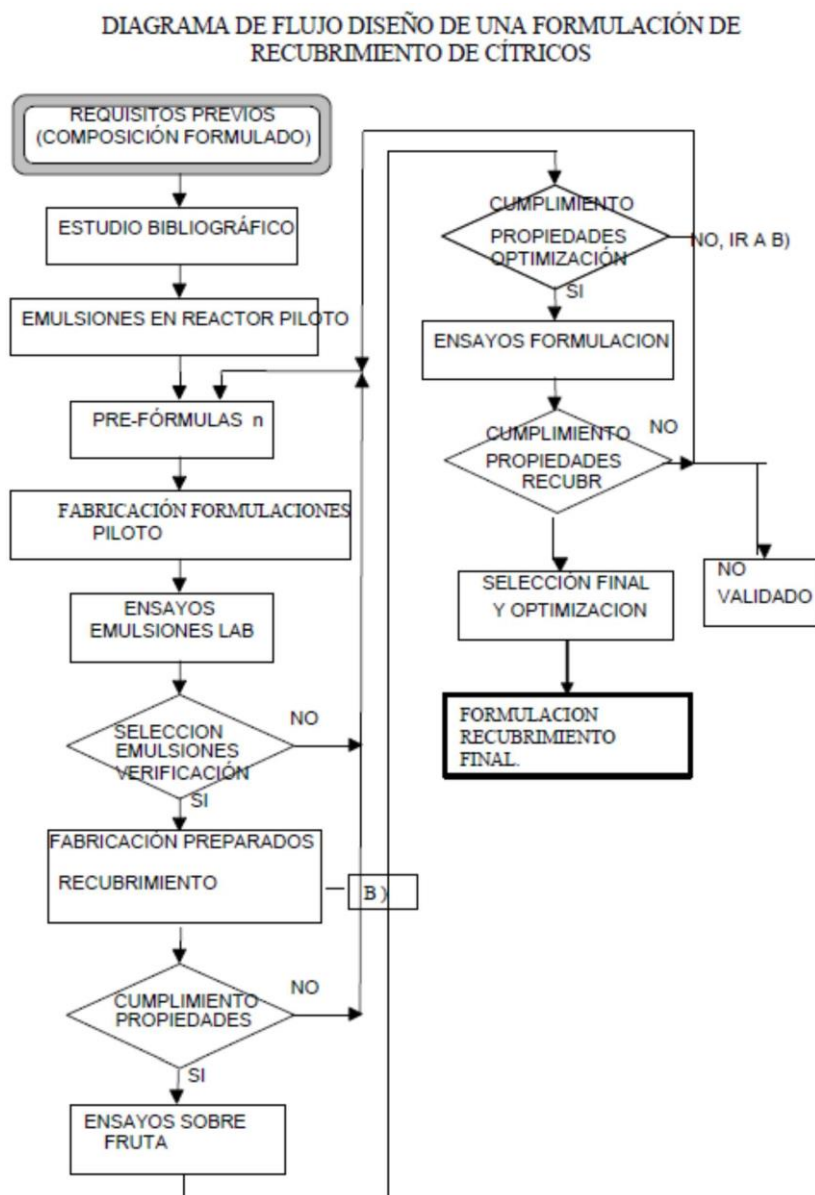
Los registros de nuestra propia experiencia, con datos recopilados durante otros diseños, son de importancia fundamental para testar / aplicar lo que ha funcionado, y para no repetir errores ya ensayados.

### 2.2.4. Diseño teórico de la formulación

Con todos los datos de partida, bibliografía y registros, y basándose en la experiencia técnica:

- en primer lugar, nos centramos en la fórmula teórica
- basándose en la fórmula teórica, y en base a nuestros conocimientos, decidimos emplear una emulsión conocida, una mezcla de emulsiones, o, si con esto no se consiguen los resultados deseados, una nueva emulsión
- con la emulsión a diseñar, de la que se parte de una recta (fórmula) teórica, en su caso, se inician los ensayos en planta piloto, con el sistema de prueba y error hasta su optimización
- Cuando se ha decidido la emulsión, se optimiza la fórmula de la formulación para que cumplan todos los parámetros deseados.
- Una vez acabada la validación a escala laboratorio, se realiza la validación a nivel industrial (central de confección de cítricos).

A continuación, se resume todo lo anterior en el siguiente diagrama de flujo:

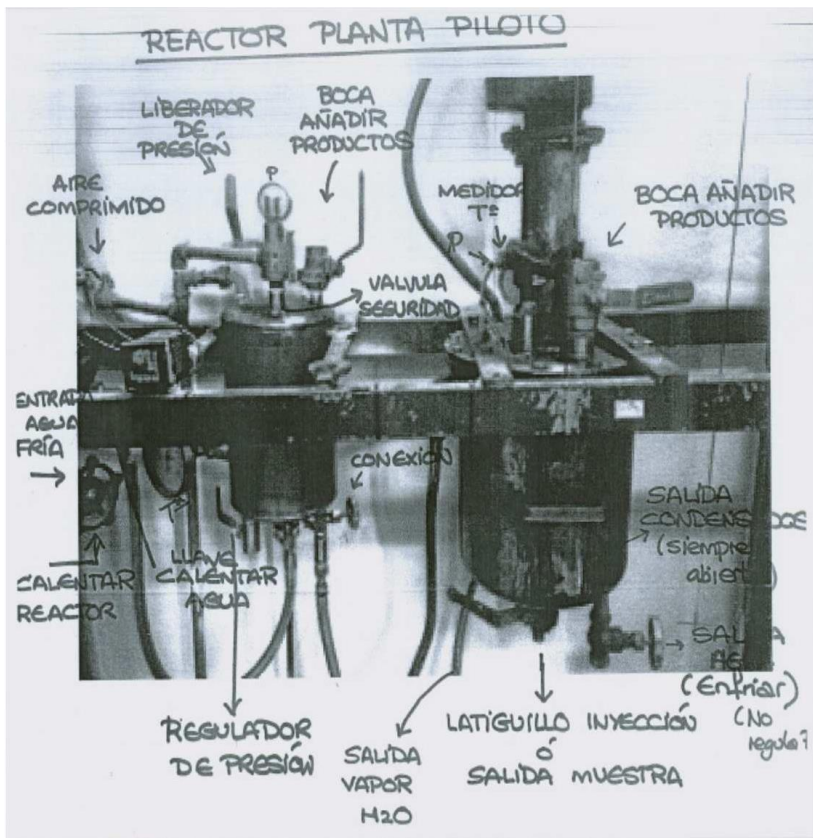


### 3. Reactor Piloto

Se presenta a continuación un ejemplo de un reactor piloto que se emplea para los ensayos de laboratorio.

El reactor piloto consta de un recipiente de presión (reactor de presión) a la derecha que es un reactor industrial a escala. A la izquierda un depósito presurizado de agua caliente, que se emplea en la segunda fase de agua adicionada a la emulsión o para añadir componentes para la cera final a la emulsión.

Imita el procedimiento de emulsión posteriormente explicado.



## 4. Aplicación práctica en los frutos cítricos

Los frutos cítricos fueron unos de los cultivos sobre los que se aplicaron recubrimientos a base de ceras. En sus orígenes, las ceras empleadas eran base disolvente (ceras solventes) actualmente prohibidas, aunque pronto se cambiaron a las ceras base agua (emulsiones de cera en agua), introducidas a escala comercial por la división Decco de Pennwalt en los años sesenta del pasado siglo, aunque esta tecnología ya se conocía desde la década de los veinte.

Las frutas se lavan en la línea de tratamiento con la finalidad de eliminar al máximo la suciedad y residuos que están sobre la corteza, como polvo, barro, esporas, plagas (negrilla, serpeteta, cotonet), melazas y residuos de tratamientos.

Como consecuencia del proceso de lavado, las frutas pierden en parte su cera natural, lo cual obliga a su reposición ya que de otra suerte esta fruta se deshidrataría rápidamente con la consecuente pérdida de su valor comercial.

La operación del encerado es aprovechada además para su protección contra los ataques de *Penicilium Digitatum* e *Italicum*, con la utilización de formulados de cera con Imazalil, Tiabendazol, Ortufenilfenol y otros fungicidas.

### 4.1. Encerado de la fruta

La cera viene envasada en bidones de 200 litros, con unas dosis de aplicación del orden del litro por tonelada y las líneas se alimentan con fruta (en las líneas de mayor dimensión) al ritmo de 15-25 Toneladas por hora, aproximadamente.

Según las ceras aplicadas, diversos investigadores han evaluado las propiedades aportadas a los frutos cítricos (Fuente IVIA):

Características film	Ceras	Resinas	Referencias
Menor Permeabilidad al vapor de agua	<b>1</b>	2	Hagenmaier y Shaw 1992
Mayor Permeabilidad al O <sub>2</sub>	<b>1</b>	2	Hagenmaier y Shaw 1992 Hagenmaier 2002
Mayor Permeabilidad al CO <sub>2</sub>	<b>1</b>	2	Hagenmaier y Shaw 1992
Mayor Permeabilidad al etileno	<b>1</b>	2	Hagenmaier y Shaw 1992
Mayor Brillo	2	<b>1</b>	Hagenmaier y Baker 1994a

Efectos sobre el fruto	Ceras	Resinas	Referencias
Mejor control deshidratación	<b>1</b>	2	Peeples 1999 Hagenmaier y Baker 1994b
Mayor Brillo inicial	2	<b>1</b>	Hagenmaier 2002 Hagenmaier y Baker 1994a,b
Mejor permanencia del brillo	<b>1</b>	2	Hagenmaier y Baker 1994a,b
Menor blanqueo/descamación	<b>1</b>	2	Hagenmaier y Baker 1994a,b
Menor alteración atmósfera interna	<b>1</b>	2	Hagenmaier y Baker 1994b Peeples 1999
Menor acumulación acetaldehído	<b>1</b>	2	Hagenmaier y Baker 1994b Peeples 1999
Mejor evaluación sensorial	<b>1</b>	2	Hagenmaier 2002 Peeples 1999

En cada fila se ordenan de mejor (1) a peor (2) las características de los diferentes tipos de recubrimientos. Cuando alguno resulta ser significativamente mejor los números aparecen en negrita.

### Proceso de encerado en una central de confección de frutos cítricos:

El proceso de encerado comienza con el despaletizado de la fruta antes de la introducción de la fruta en la línea de confección.



Posteriormente la fruta es volcada en la línea de confección.





La fruta tras llegar a al volcador y ser seleccionada, pasa a un lavado con detergentes o detergentes más fungicidas, tras lo cual es enjuagada.





La fruta es posteriormente pre-secada antes del encerado.



La fruta pasa ya al encerado.

### Parte inferior del aplicador de cera

- Construcción en acero inox
- Barredera extracción frutos
- Duchas de limpieza cepillos
- 12 – 16 barras cepillos mezcla

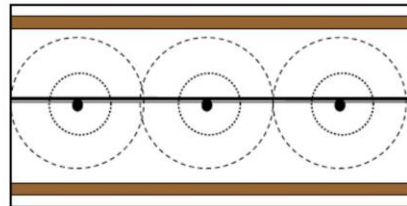
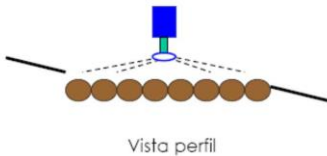


DECCO IBERICA Post Cosecha S.A.U.

### Parte superior del aplicador de cera



Vista en planta



DECCO IBERICA Post Cosecha S.A.U.

Tras el encerado, los frutos presentan muy buen aspecto, al sustituirse las ceras naturales del fruto, presentando además un excelente brillo. Aparte del fin cosmético del brillo y del aspecto, la labor fundamental del encerado es la extensión de la vida comercial, así como reducir las pérdidas de peso, o como servir de vector para tratamientos fungicidas. Frutos encerados:



## 5. Evaluación de los parámetros de calidad de recubrimientos en la central de confección de cítricos

Los parámetros a evaluar en una central, son los siguientes:

### 5.1. Secado de la cera

El objetivo de una buena formulación es que seque con la temperatura del túnel lo más baja posible. La evaluación del secado se realiza por medio de fijar una velocidad de flujo de fruta en estado estacionario (por ejemplo, 15 toneladas /hora, dependiendo de la línea) o un tiempo de paso de fruta por el túnel (esto es dependiente de la longitud del mismo), por ejemplo 2-3 minutos, y una temperatura de secado. Esta temperatura, de una manera óptima, debería ser siempre inferior a 45°C y cuánto más baja mejor. La dosis teórica de aplicación de las ceras está fijada en un litro por tonelada de fruta.

La manera de evaluarlo es observar si la fruta está seca tras su paso por el túnel, en las condiciones indicadas. No sólo el aspecto debe de ser que está seca, sino también debe de carecer de tacking (pegajosidad). La mejor manera de verificarlo es apoyar el fruto en la mejilla (las manos al final se contaminan con lo que se está tocando y se pierde sensibilidad).

### 5.2. Recubrimiento

Las ceras son formulaciones de recubrimiento, y por lo tanto deben de cubrir toda la superficie de los frutos. Si el recubrimiento no es completo, se producen dos efectos negativos:

- el primero, cosmético, puesto que se pierde capacidad de brillo
- el segundo, fisiológico, puesto que las zonas no enceradas permiten una mayor respiración y pérdida de agua con lo que se reduce la capacidad de extensión de la vida comercial de la fruta

### 5.3. Brillo

El brillo, aunque es un efecto cosmético, tiene mucha importancia comercial, sobre todo en algunos mercados.

La evaluación del brillo en el almacén, comparativa realizada preferentemente frente a otras ceras, no puede realizarse por una única persona. Debe de ser una evaluación “ciega”, esto es, sin saber que recubrimiento se ha empleado en cada fruto, y por lo menos por parte de 5 personas. Se debe de evaluar el brillo desde todos los ángulos, distancias, y con igual luz, comparándose en conjunto y fruto por fruto. Luego se hace una valoración del tipo:

Cera a (más brillo) > Cera b > > Cera x (menos brillo)

#### 5.4. Control pérdidas de peso

Se somete a la fruta al proceso que se determine (conservación, transporte, etc) el tiempo requerido y se evalúa el peso comparado con el inicial en los distintos períodos. Se puede comparar frente a un formulado conocido o frente al control sin encerar. Es conveniente pesar fruto por fruto (por si hay pérdidas por pudrición).

#### 5.5. Plasticidad

La plasticidad, es la flexibilidad de un film a los efectos externos producidos durante la comercialización de la fruta y viene determinada por su resistencia a la rotura (shattering, en sus términos en inglés).

Para evaluar la mayor o menor plasticidad de un film, el método de evaluación es frotar frutos entre sí para ver si la película rompe, hecho denotado por la aparición de trozos de película rotos, de color blanquecino.

#### 5.6. Resistencia al white spot

Se introduce fruta en el interior de una bolsa de plástico, y ésta en la nevera. Al día siguiente se abre la bolsa fuera de la nevera, se deja secar la fruta del agua condensada y se evalúa tanto aparición o ausencia de manchas blancas (white spot) como pérdida o no de brillo.

### 5.7. Efectos fermentativos debidos al recubrimiento

Se analiza la concentración de etanol en zumo, comparativamente con el valor antes del encerado, y frente a fruta sin encerar. El incremento de etanol debería de ser del orden del de la fruta sin encerar.

Valores de etanol (esto es relativo puesto que depende del índice de madurez de la fruta), mayores de 2000ppm se pueden considerar causa de malos sabores.

## 6. Autoevaluación

### 6.1. Ejercicios de autoevaluación

1. Explicar qué es un recubrimiento y que componentes suelen tener los recubrimientos empleados en cítricos.
2. ¿Cuáles son las ceras sintéticas empleadas en recubrimiento de cítricos? ¿Cómo se obtienen?
3. Tipos de emulsiones de ceras. Explicar las características más importantes de cada una de ellas.
4. Componentes de las emulsiones aniónicas.
5. ¿Qué es el HLB? ¿Qué relación tiene con el índice de acidez y de saponificación? ¿Qué relación tiene en el caso del polietileno?
6. ¿Qué resinas se pueden emplear en la formulación de ceras? ¿Cómo se preparan dichas resinas para emplearlas en recubrimientos de cítricos?
7. Describir tipos de formulaciones ceras comerciales existentes
8. Describir someramente el proceso de diseño de una formulación de recubrimiento de cítricos y sus fases.
9. ¿Qué es un reactor piloto y para qué sirve?
10. Parámetros para la evaluación (validación) de una formulación de recubrimiento de cítricos en una central
11. ¿Cómo podemos determinar la velocidad de secado? ¿Y las pérdidas de peso?

## 6.2. Ejercicios prácticos

1. Para emulsionar un polietileno de HLB 13, se tienen los siguientes dos tensioactivos: Span 60 y Tween 40. Calcular la proporción teórica de cada uno para obtener dicho HLB.
2. El oleato potásico tiene un HLB 20. Evaluar de una forma teórica la cantidad de dicho jabón de ácido graso para emulsionar una carnauba de HLB 12. Considerar como base de cálculo un 20 y un 16% de carnauba en la formulación final.
3. Se llevarán a la clase frutos cítricos y distintas formulaciones céreas, se encerarán con ayuda de pipetas a escala de laboratorio y posteriormente simularemos entre todo un panel de evaluación de brillo, para su clasificación de mayor a menor brillo.

## 7. Cítanos

GÓMEZ, Enrique, Alicia. Recubrimientos de cítricos [on-line]. Biblioteca Horticultura. València: Serveis per la producció editorial SPE3. Febrero 2018. 42 pp. Disponible en <http://www.bibliotecahorticultura.com/corso-poscosecha/material/>



## 8. Bibliografía

- Ausina, Daniel. Trabajo Fin de Carrera. ETSI Agrónomos. 2008.
- Baldwin, E. A. et al (1997). Use of lipids in coating for food products. *Food Technol.* 51: 56-62, 64.
- Baldwin et al. (1999). Effect of two edible coatings with different permeability characteristics on mango ripening during storage. *Postharvest Biology and Technology.* 17: 215-226.
- Gómez Hernández, Enrique. Apuntes y documentación personal
- Hagenmaier, RD and Baker, RA (1995). Layered coatings to control weight loss and preserve loss of citrus fruit. *HortScience*, 30(2): 296-298.
- Hagenmaier, RD and Baker, RA (1994). Internal gases, ethanol content and gloss of citrus fruits coated with polyethylene wax, carnauba wax, shellac or resin at different application levels. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 107: 261-265.
- Hagenmaier, RD and Baker, RA (1994). Wax microemulsions and emulsions as citrus coatings. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42: 899-902.
- Hagenmaier, RD and Baker, RA (1993). Reduction in gas exchange of citrus fruit by wax coatings. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41(2): 283-287.
- Hagenmaier, RD and Shaw, PE (1992). Gas permeability of fruit coating waxes. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117(1): 105-109.
- Waxes by Clariant (2003)
- The HBL System. ICI Americas Co.

### Patrocinan



### Organizan



Dr. Manuel Candela, 26 11ª - 46021 Valencia, España  
Tel +34 – 649 485 677

[info@poscosecha.com](mailto:info@poscosecha.com)

[info@bibliotecahorticultura.com](mailto:info@bibliotecahorticultura.com)

<http://www.poscosecha.com> <http://www.postharvest.biz>

<http://www.horticulturablog.com>

<http://www.tecnologiahorticola.com>

<http://www.bibliotecahorticultura.com>

<http://www.actualfruveg.com>

