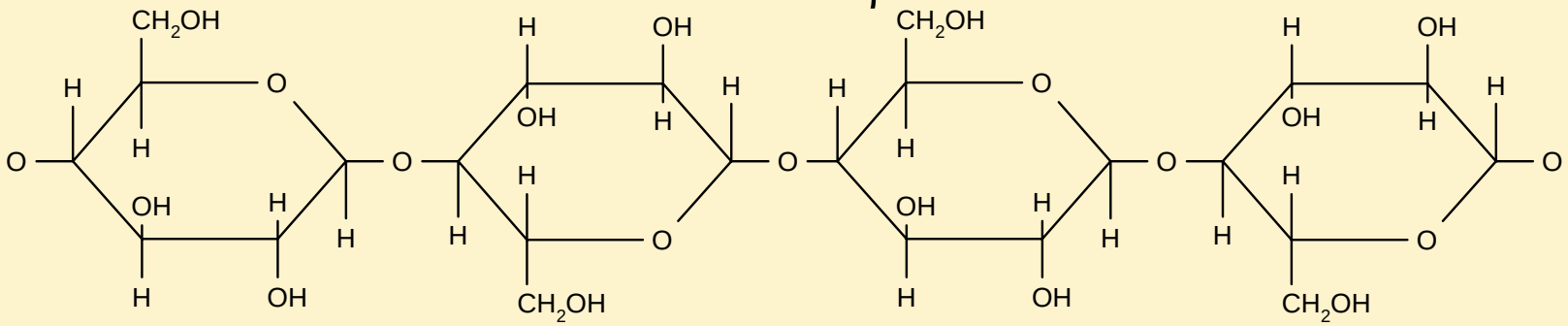
EL AHUMADO

JORGE RUIZ
TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
FACULTAD DE VETERINARIA UEx
CÁCERES
Email: jruiz@unex.es
Web: http://higiene.unex.es/weborges/orges.html
Blog: http://www.lamargaritaseagita.com/index.php/weblog/C3/

ESTRUCTURA QUÍMICA DE LA CELULOSA

nD Glucosas β1-4

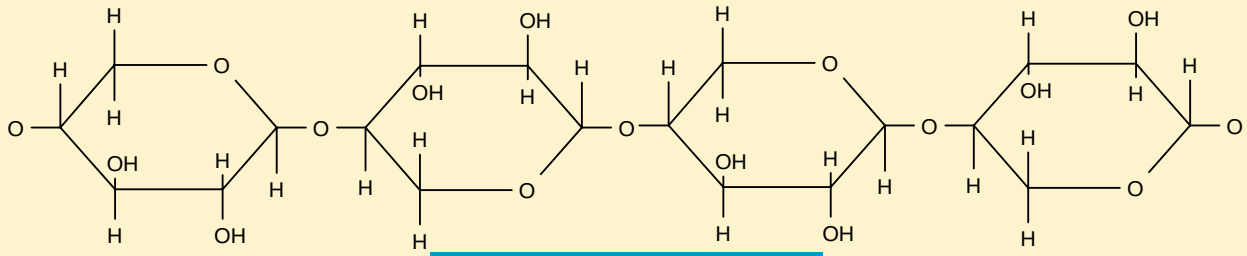


ESTRUCTURAS QUÍMICAS DE ALGUNAS HEMICELULOSAS

- glucosa
- manosa
- galactosa
- ramnosa
- ácido metilglucurónico
- ácidos galacturónicos
- xilosa
- arabinosa

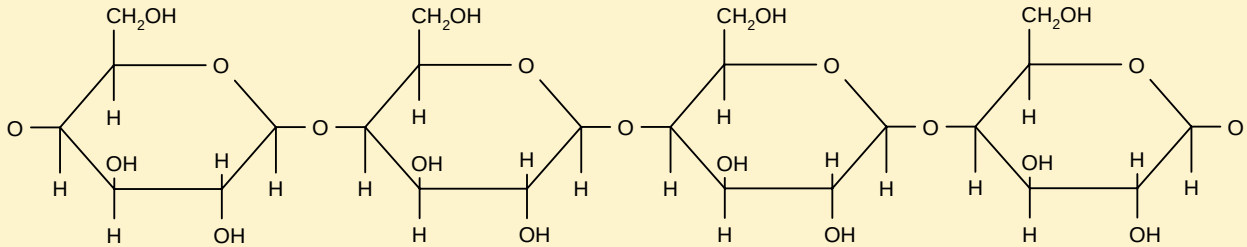
PENTOSANOS

Xilanos: nD Xilosas β1-4



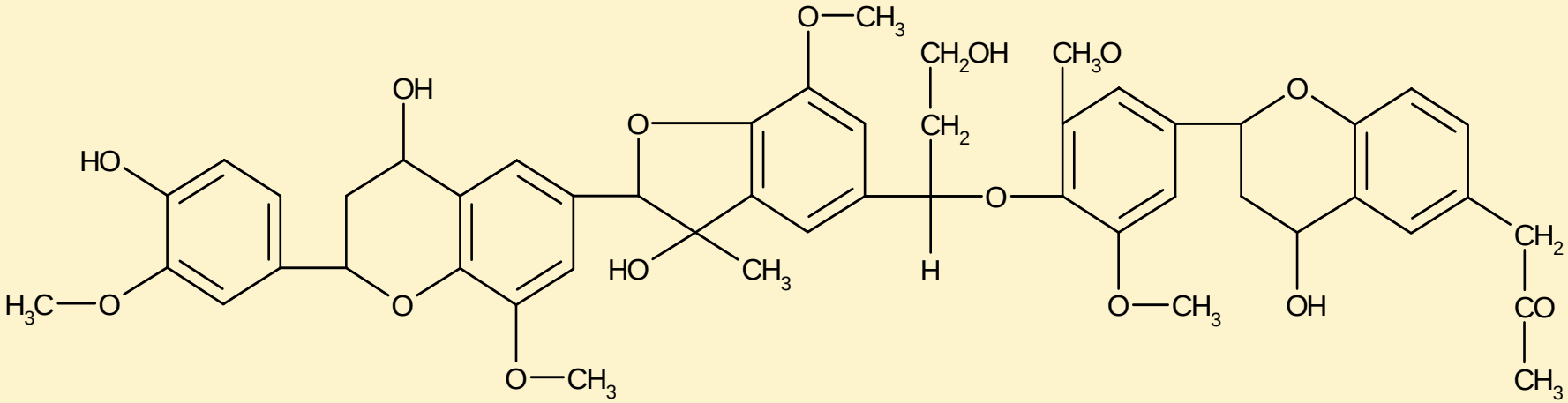
HEXOSANOS

Galactosanos: nD Galactosas β1-4

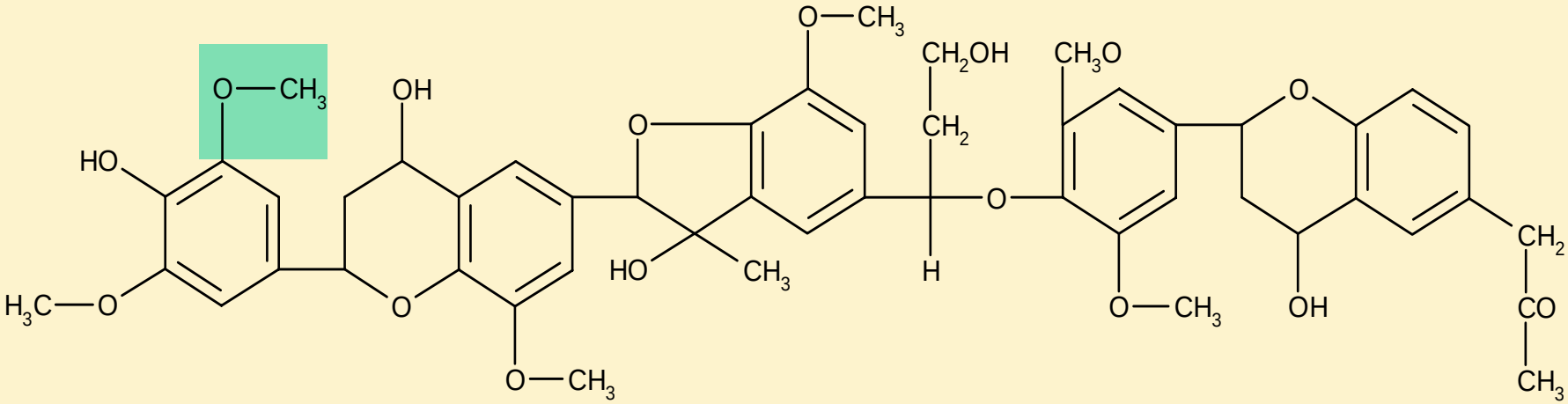


ESTRUCTURA QUÍMICA DE LA LIGNINA

Lignina guayaquílica (maderas blandas)



Lignina guayaquil-siringil (maderas duras)



Reacciones acaecidas durante la degradación térmica de la madera en función de la temperatura

Temperatura (°C)	Reacción
Hasta 170	Perdida de agua, deshidratación
200-260	Descomposición térmica de la hemicelulosa
260-310	Descomposición térmica de la celulosa
310-500	Descomposición térmica de la lignina
Por encima de 500	Reacciones secundarias: oxidación, polimerización y condensación

PIRÓLISIS DE LA HEMICELULOSA

FURANOS

- furfural
- hidroximetilfurfural
- ac. múcico
- ac. piromúcico
- furano

ÁCIDOS

- ac. levulínico
- ac. γ-hidróxivalérico
- ac. acético
- ac. propiónico

OTROS

- Lactonas
- Pirazinas
- Carbonilos

PENTOSANOS ⟶ ↑ % de furanos

HEXOSANOS ⟶ ↑ % de ácidos

PIRÓLISIS DE LA CELULOSA

CARBONILOS

- acetaldehído
- propionaldehído
- propanal
- 2,3-butanodiona
- 1-hidroxi-2-propanona
- glioxal

ÁCIDOS

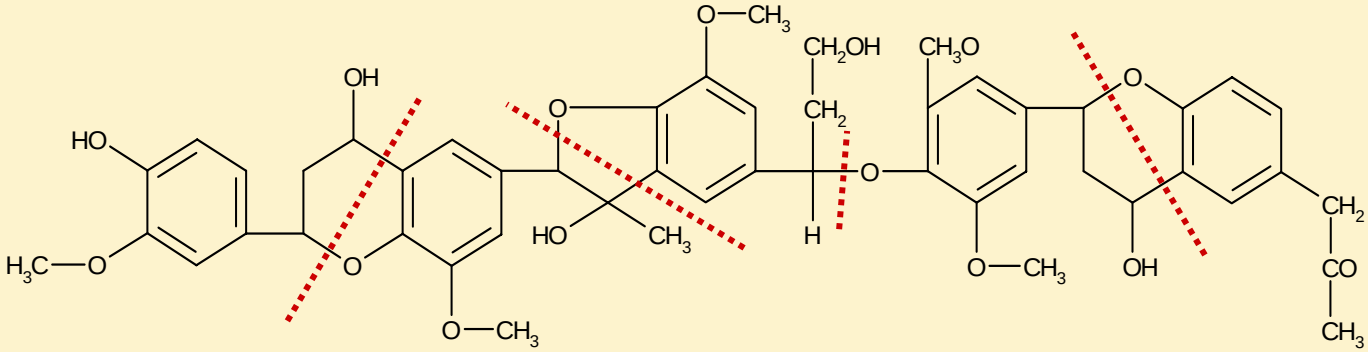
- ac. acético
- ac. propiónico
- ac. butírico

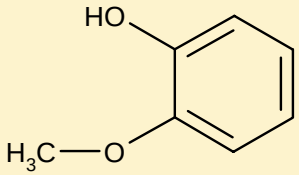
FURANOS

- 2-furaldehido
- furano
- 5-metil-2-furaldehído
- alcohol-2-furfurílico

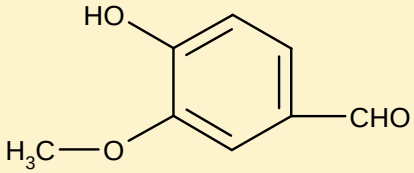
PIRÓLISIS DE LA LIGNINA

Lignina guayaquílica (maderas blandas)

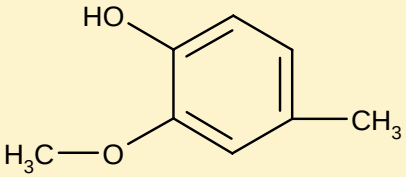




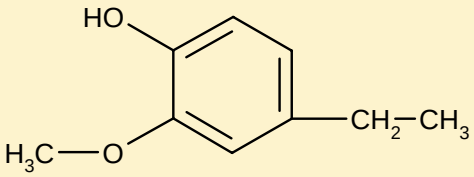
Guayacol



Vanillina



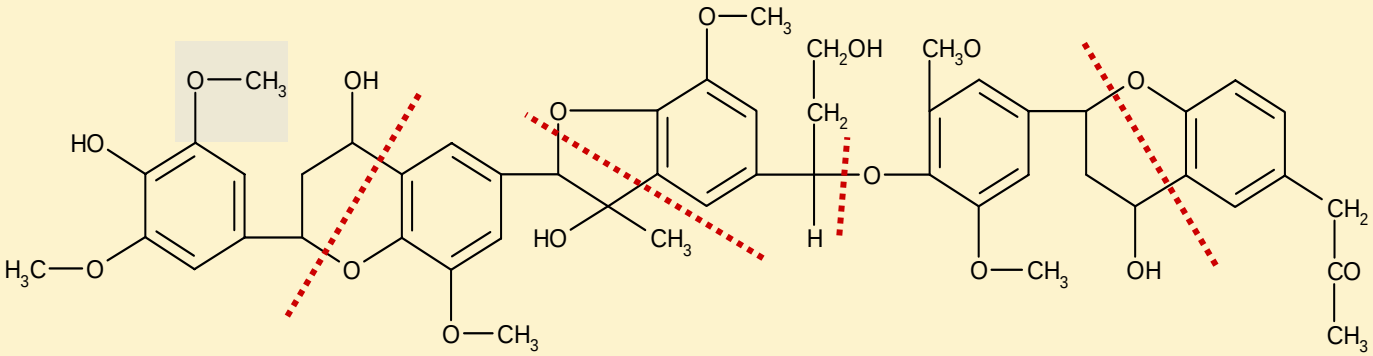
4-metil guayacol

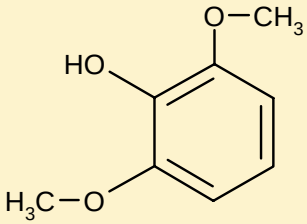


4-etil guayacol

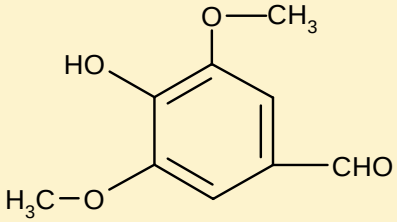
PIRÓLISIS DE LA LIGNINA

Lignina guayaquil-siringil (maderas duras)

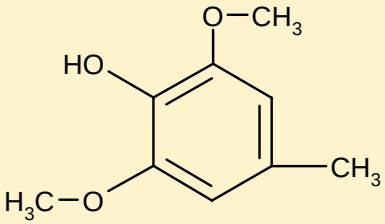




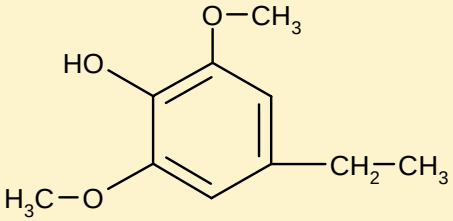
Siringol



Siringaldehído



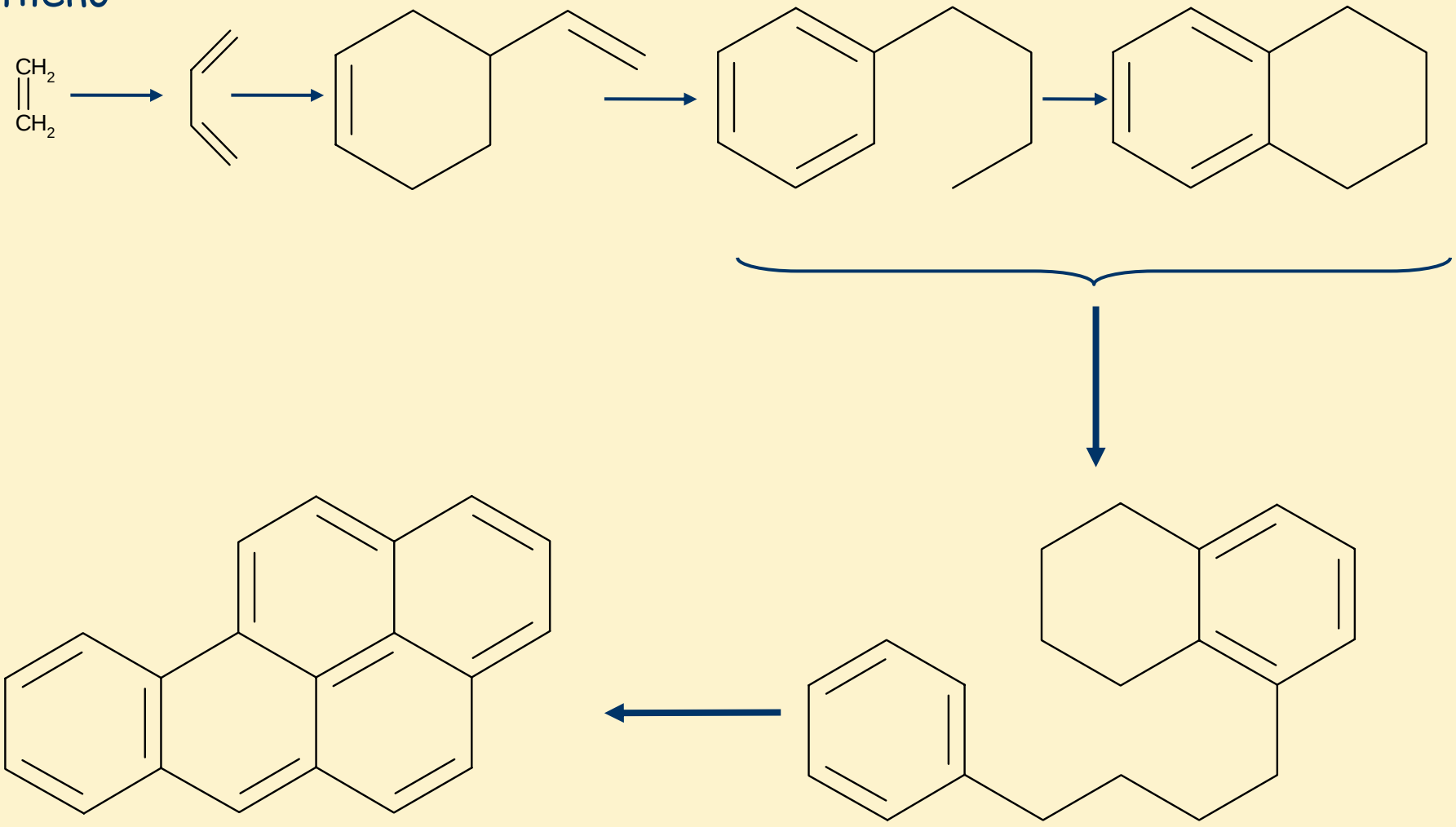
4-metil siringol



4-etil siringol

FORMACIÓN DE HIDROCARBUROS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS

etileno



3,4-benzopireno

FACTORES QUE AFECTAN A LA PIRÓLISIS - MADERA

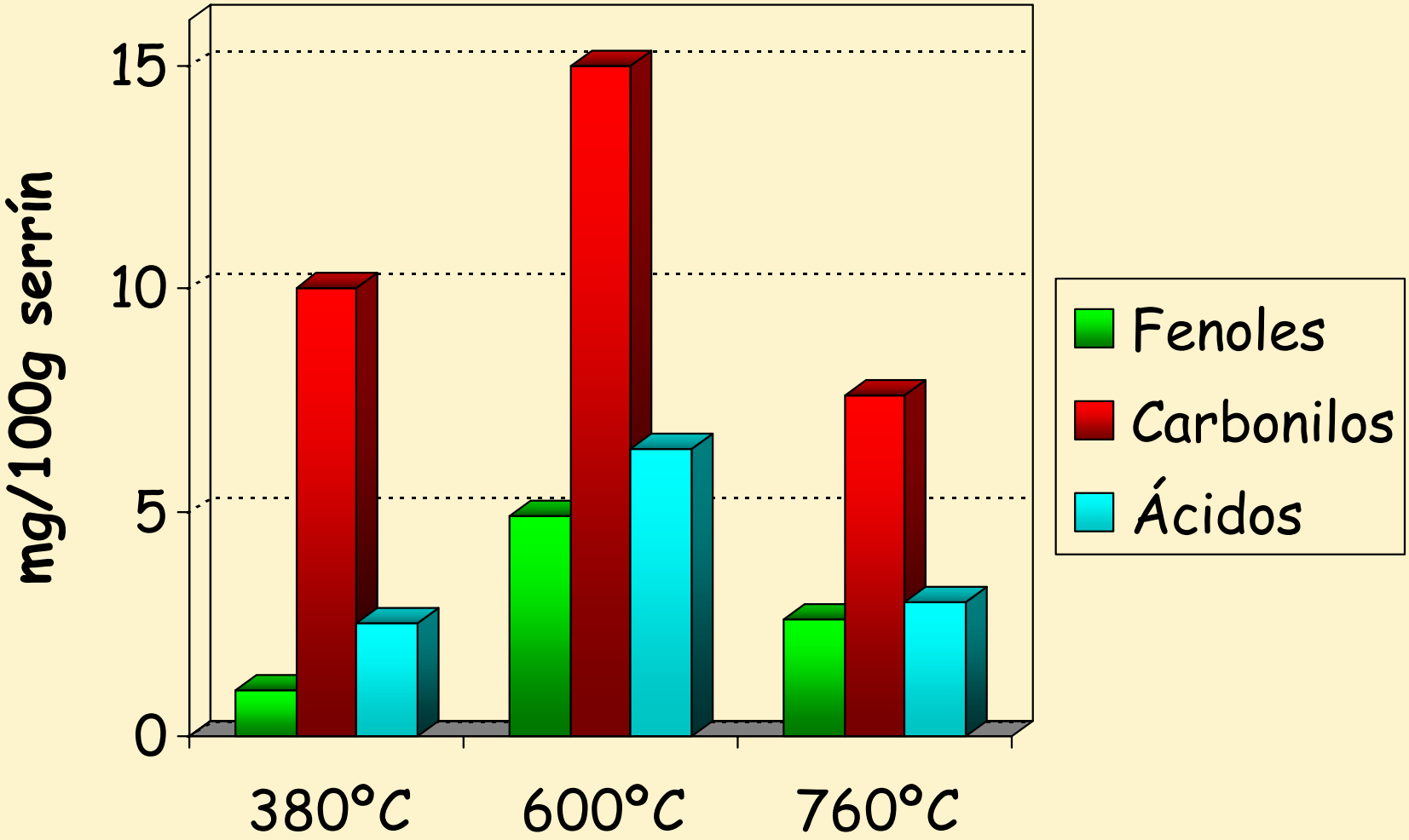
Influencia del tipo de madera en el sabor impartido por el humo a los alimentos

Especie	Sabor
Maderas duras	
Roble	Excelente
Haya	Excelente
Nogal	Agradable
Fresno, castaño	Agradable
Frutales	Bueno
Maderas blandas	
Tilo	Mediano
Abedul, sauce	Variable

Especie	Sabor
Coníferas	
Pino	Acre y resinoso
Plantas aromáticas	
Brezo	Característico
Romero	Característico
Tomillo	Perfumado

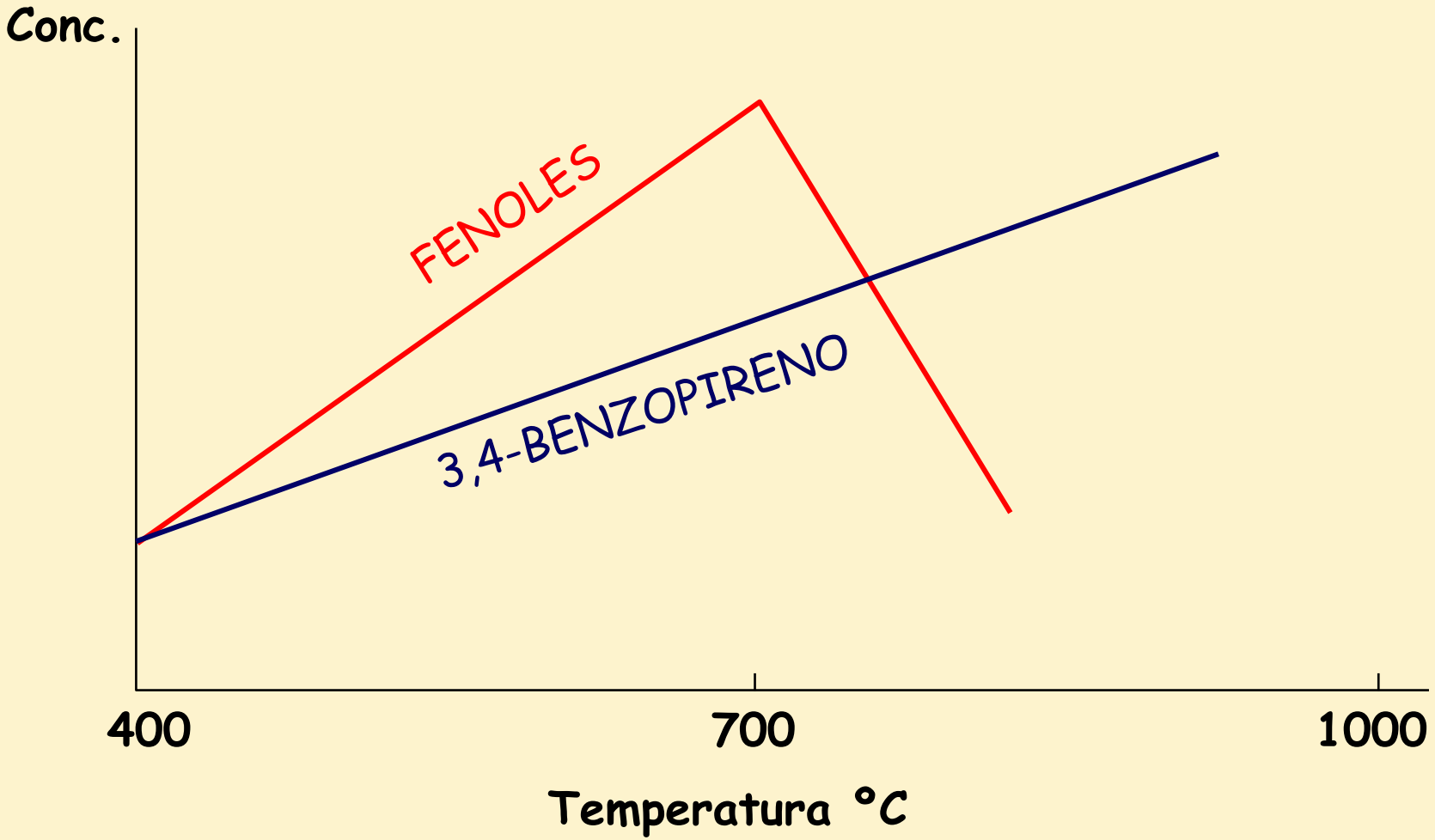
FACTORES QUE AFECTAN A LA PIRÓLISIS - TEMPERATURA

Influencia de la temperatura en el contenido (mg/100g de serrín) en distintos compuestos del humo



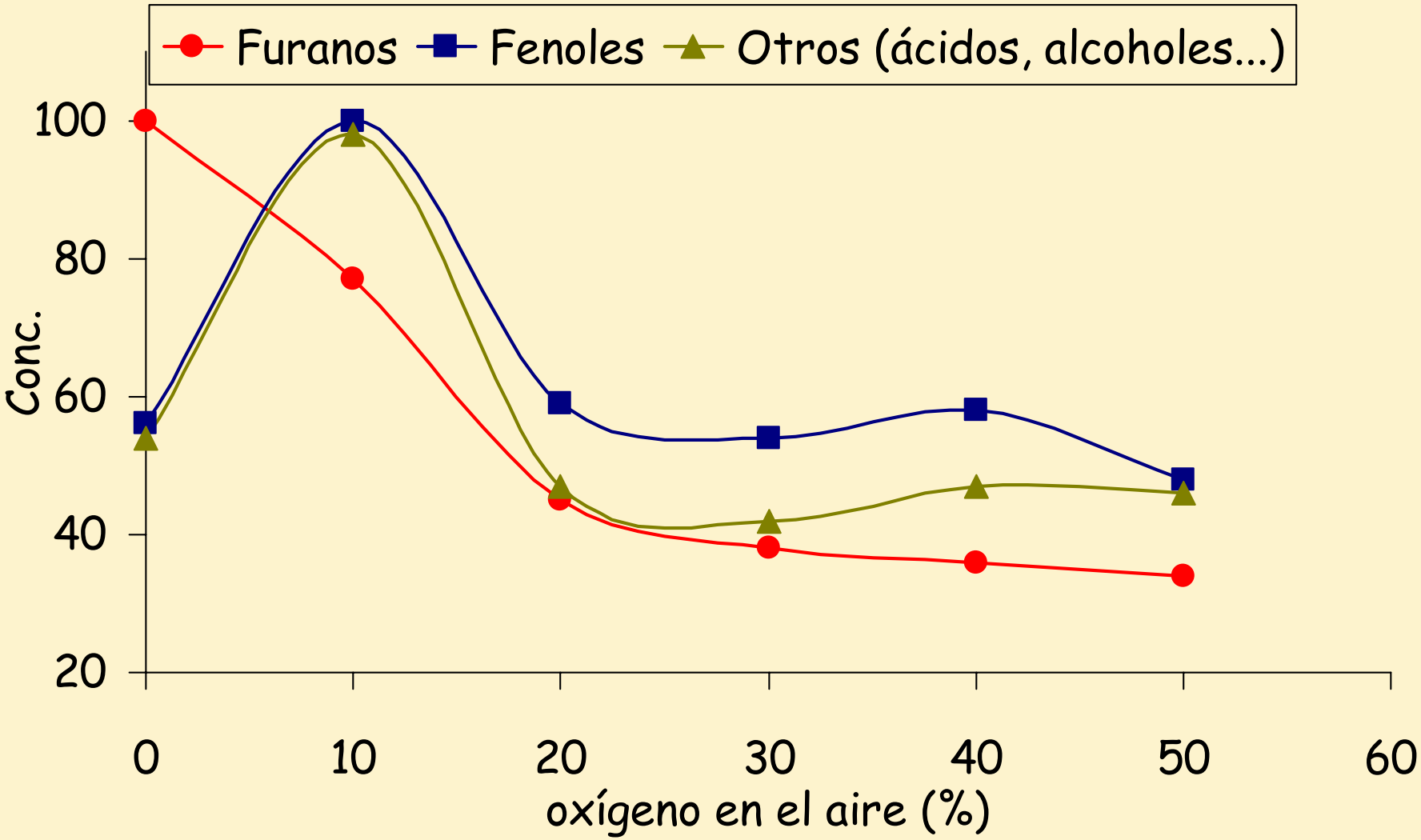
FACTORES QUE AFECTAN A LA PIRÓLISIS - TEMPERATURA

Influencia de la temperatura de pirólisis en el contenido en fenoles y 3,4-benzopireno del humo



FACTORES QUE AFECTAN A LA PIRÓLISIS - OXÍGENO

Influencia de la proporción de oxígeno del aire en el contenido en distintos compuestos del humo



FACTORES QUE AFECTAN A LA PIRÓLISIS -HUMEDAD

✓ Maderas secas → mayor contenido total de compuestos

✓ A mayor humedad → mayor proporción de ácidos y carbonilos y menor de fenoles

✓ Humidificación de la madera →
- Disminuye la temperatura de pirólisis
- Disminuye el contenido de HPA

En ningún caso superar el 30 % de humedad de la madera

EFECTO DEL HUMO SOBRE LOS ALIMENTOS - AROMA

Efecto de la combinación de diferentes fracciones del humo sobre el aroma

Fracción	Aroma	
	Descripción	Calidad
Fenólica	Monotona, a humo	Buena
Fenólica + Carbonilos	Ahumado, con fragancia	Muy bueno
Fenólica + carbonilos + no carbonilos	Ahumado, con fragancia	Excelente

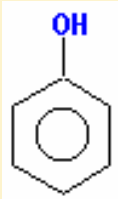
EFECTO DEL HUMO SOBRE LOS ALIMENTOS - AROMA

Aroma de alguno de los compuestos encontrados en el humo

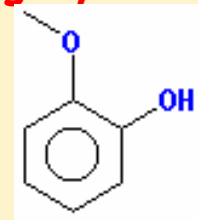
FENOLES

bajo punto de ebullición

fenol



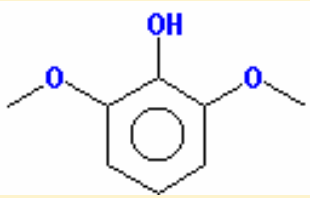
guayacol



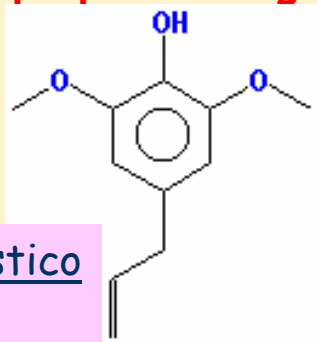
amargo y picante

moderado punto de ebullición

siringol



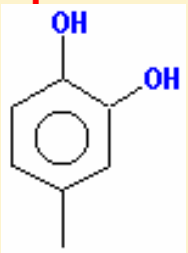
4-propenil siringol



aroma característico a humo

alto punto de ebullición

4-metilpirocatecol



aroma ácido, a quemado

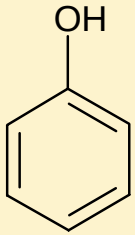
EFECTO DEL HUMO SOBRE LOS ALIMENTOS - COLOR

Potencial de formación de color de distintos carbonilos

Intensidad del color	Índice de pardeamiento
oscuro	hidroxiacetaldehído
	glioxal
	1,2-etanodiona
	2,3-butanodiona (diacetilo)
	furfural
	1-hidroxi-2-propanona
claro	formaldehído

EFECTO DEL HUMO SOBRE LOS ALIMENTOS - COLOR

Formación de polímeros brillantes en la superficie de los productos ahumados

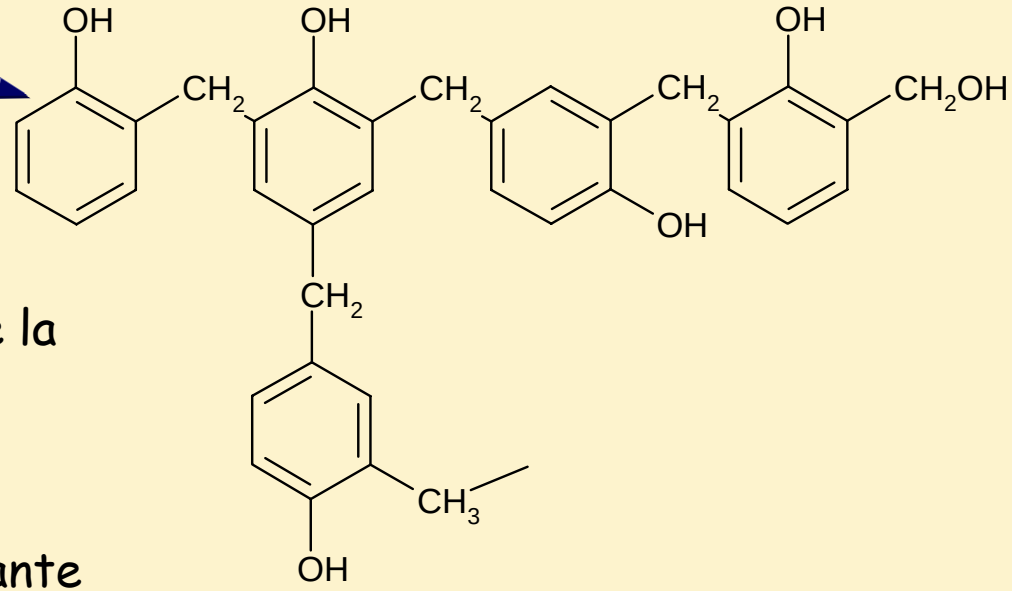


+ HCHO

fenol aldehído

$-H_2O$

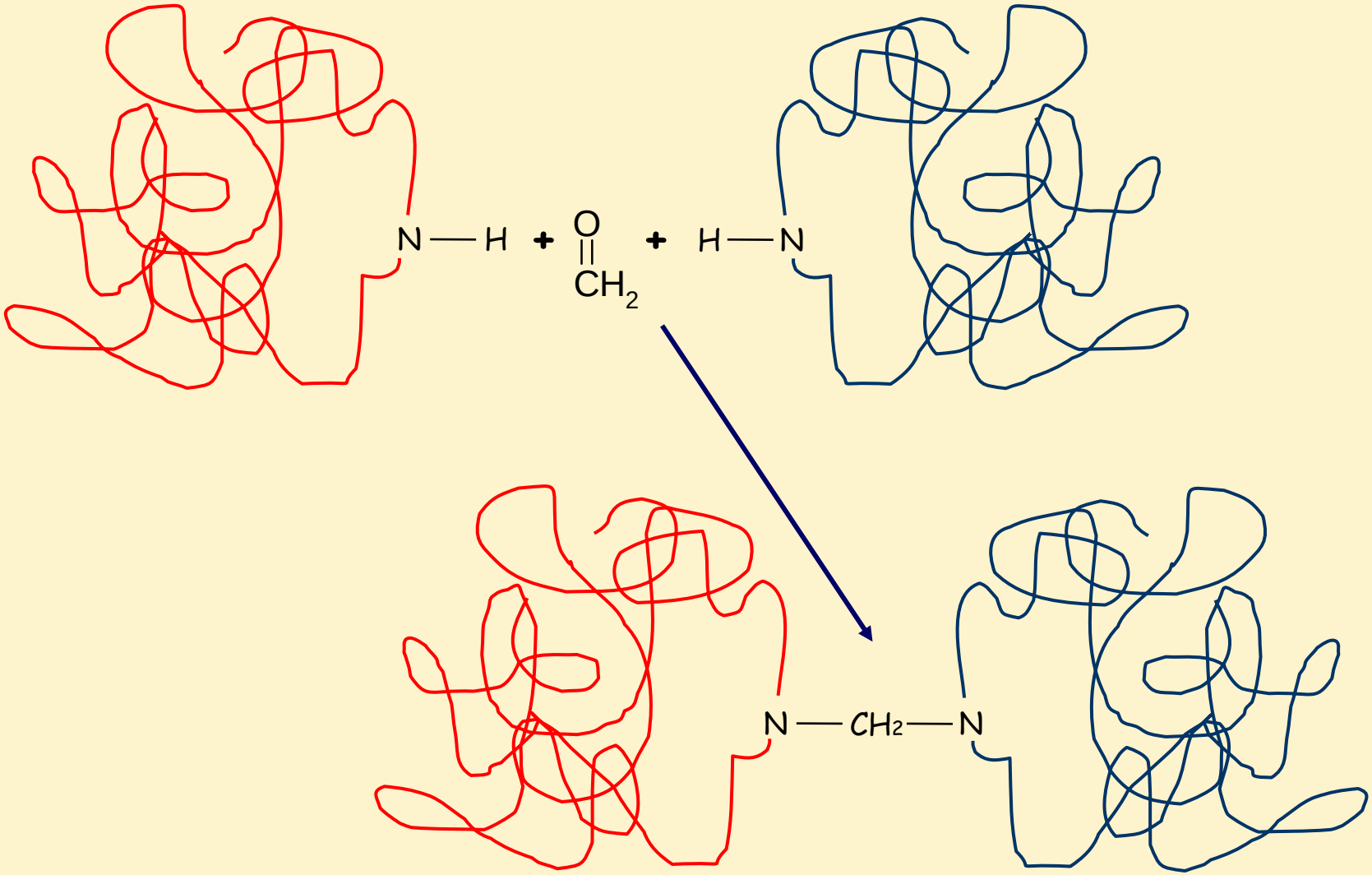
condensaciones sucesivas



- Compuesto de la familia de los **fenoplastos**
- Aspecto brillante de la superficie

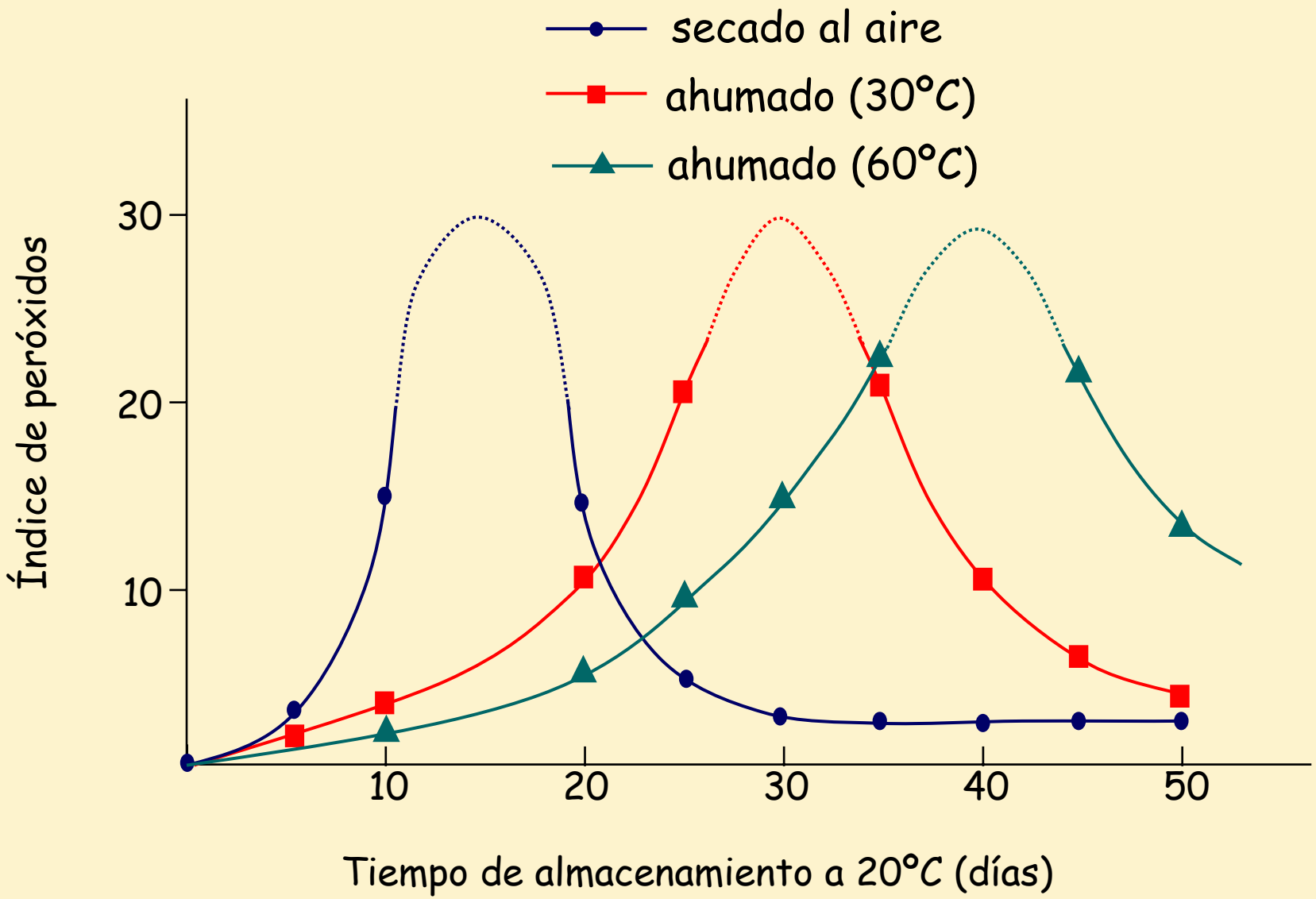
EFECTO DEL HUMO SOBRE LOS ALIMENTOS - TEXTURA

Modificación de la textura por la acción del formaldehído



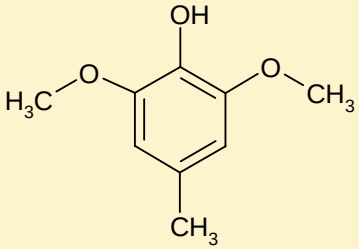
EFECTO DEL HUMO SOBRE LOS ALIMENTOS - ANTIOXIDANTE

Desarrollo de rancidez en truchas curadas con diferentes metodologías

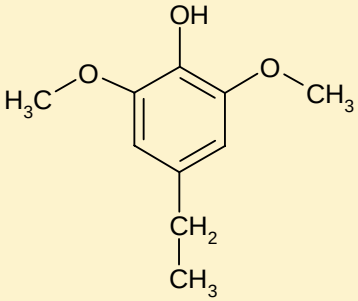


EFECTO DEL HUMO SOBRE LOS ALIMENTOS - ANTIOXIDANTE

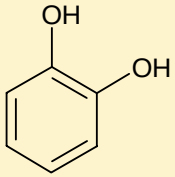
FENOLES CON ELEVADA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE



4-METIL SIRINGOL

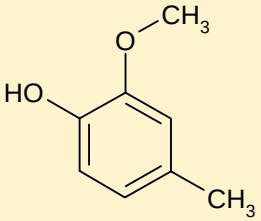


4-ETIL SIRINGOL

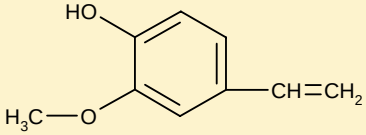


PIROCATECOL

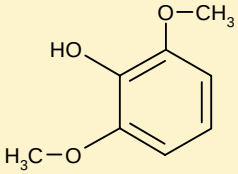
FENOLES CON ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE MODERADA



4-METIL GUAYACOL

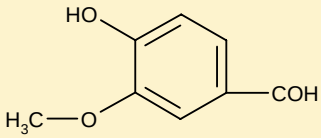


4-VINIL GUAYACOL

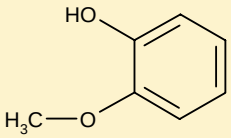


SIRINGOL

FENOLES CON BAJA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE



VANILLINA



GUAYACOL

EFECTO DEL HUMO SOBRE LOS ALIMENTOS - CONSERVANTE

1. Puede alargar el período de latencia de algunos microorganismos, pero no detiene la alteración microbiana.
2. Es más efectivo sobre microorganismos Gram + que sobre Gram -. Efecto muy limitado sobre mohos y levaduras.
3. Durante el proceso de ahumado, por las elevadas concentraciones del humo, puede disminuir la población en el producto.
4. Posible problema por acabar con la población alterante y saprofita, ya que no hay competencia para el crecimiento de patógenos.

COMPUESTOS CON ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA

CARBONILOS	FENOLES			ÁCIDOS	
formaldehído	isoeugenol	fenol	cresol	acético	propiónico

EFECTO DEL HUMO SOBRE LOS ALIMENTOS - TÓXICO

Grado de actividad carcinogénica de distintos Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HPA)

COMPUESTO	CARCINOGÉNESIS
7,12-dimetilbenz(a)antraceno	++++
3-metilcolantreno	++++
3,4-benzopireno	+++
dibenz(a,h)antraceno	+++
dibenzo(a,i)pireno	+++
benzo(a)fenantreno	+++
pireno	-
fluoranteno	-
perileno	-

EFECTO DEL HUMO SOBRE LOS ALIMENTOS - TÓXICO

Contenido en 3,4-benzopireno en alimentos ahumados (μg/Kg alimento)

Alimento	Contenido en 3,4-benzopireno
Salchichas Frankfurt	
Artesanales	12,0
Industriales (ahumado directo)	0,7
Industriales (ahumado indirecto)	0,1
Salchichón ahumado	0,8
Jamón, bacon...	
Ahumado en negro	10-300
Ahumados hasta color oscuro	0,1-15,0
Ligeramente ahumados	0,1-3,1

EFECTO DEL HUMO SOBRE LOS ALIMENTOS - TÓXICO

Contenido en 3,4-benzopireno en distintos alimentos (μg/Kg alimento)

Alimento	Contenido en 3,4-benzopireno
Tomate	0,19
Patatas fritas	0,22
Pizzas	0,23
Pan tostado	
Exterior	1,9
Interior	--
Carne asada en barbacoa	0,6-57,0
Embutidos asados en barbacoa	0,1-86,0
Aceite de orujo	8,5-89,4

EFECTO DEL HUMO SOBRE LOS ALIMENTOS - TÓXICO

Estrategias para disminuir el contenido en HPA en alimentos ahumados

1. Situar el alimento en una cámara diferente a donde se produce el humo
2. Temperaturas de producción de humo inferiores a 600°C (mejor 400°C)
3. Filtrado del humo con filtros electroestáticos y/o cortinas de agua
4. Tripas de celulosa en vez de naturales o de colágeno
5. Madera humedecida
6. Ahumado en caliente ≈ en frío
7. Humo líquido menos que ahumado con humo natural

EFECTO DEL HUMO SOBRE LOS ALIMENTOS - RESUMEN

Importancia de los diferentes componentes del humo sobre los distintos efectos del ahumado en los alimentos

	Fenoles	Ácidos	Carbonilos	Furanos	HPA
Antioxidante	++++	-	-	-	-
Aroma	+++	+	++	++	-
Color	+/-	-	++++	-	-
Conservante	++	+	-/+	-	-
Perjudicial	-	-	-/+	-	++++