



# UNIDAD I

## Bioquímica de alimentos: agua y carbohidratos

- I. Bioquímica de alimentos
- II. Agua
- III. Interacciones agua-soluto
- IV. Actividad de agua ( $A_w$ )
- V. Carbohidratos
- VI. Monosacáridos, disacáridos, polisacáridos
- VII. Tipos de polisacáridos
- VIII. Reacciones de degradación de carbohidratos



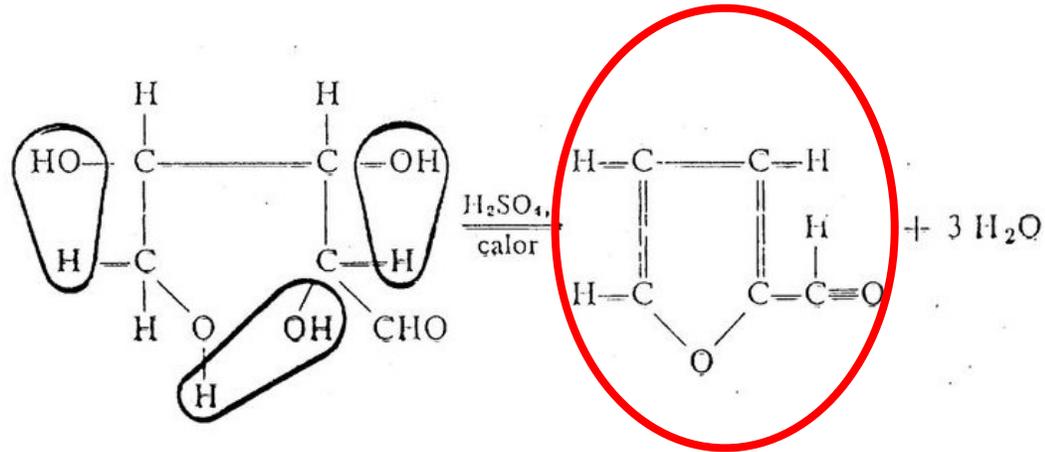


# Reacciones de degradación de carbohidratos

1. Deshidratación.
2. Degradación térmica.
3. Pardeamiento



# Deshidratación de carbohidratos

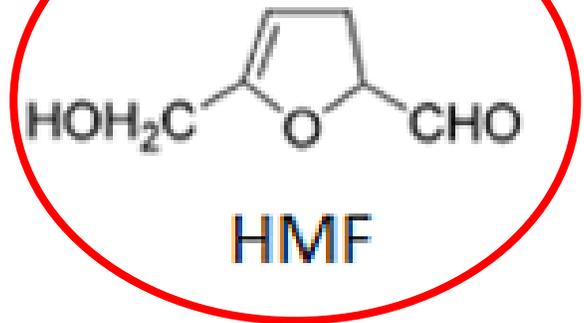


Pentosa

Deshidratación

Furfural

$C_6H_{12}O_6$   
Hexosas



HMF



# Deshidratación de carbohidratos

- Furfural e hidroximetilfurfural (HMF) son productos con alta toxicidad.

A partir de la fragmentación de la cadena carbonada de furfural y HMF se forma: ácido fórmico, diacetilo, ácido láctico, ácido pirúvico, ácido acético.

- Afectan color, olor, sabor de los alimentos.
- Jugos de frutas procesados térmicamente (contienen furfural y HMF).



# Degradación térmica de carbohidratos

- Transglicosidación del almidón (pirólisis a 200 °C).
- Cambio de características de los carbohidratos y derivados debido a disminución de enlaces  $\alpha(1-4)$  y formación de nuevos enlaces  $\beta(1-6)$  y  $\beta(1-2)$ .
- Procesado de alimentos forma azúcares anhidros, especialmente a partir de D-glucosa o sus polímeros.



# Reacciones de pardeamiento

- Reacciones oxidativas (pardeamiento enzimático): oxígeno + enzimas polifenol-oxidasas + sustrato polifenólico.
- Reacciones no oxidativas (pardeamiento químico): reacción de Maillard (proteínas + carbohidratos), caramelización de monosacáridos.
- Pardeamiento enzimático o químico forman melanoidinas o melaninas (sustancias polimerizadas color pardo).
- Cierta grado de aceptabilidad del pardeamiento en alimentos: tostado del pan, el té, la sidra, manjar de leche.



# Pardeamiento enzimático

- Transformación oxidativa por acción enzimática sobre compuestos fenólicos, que en presencia de oxígeno son oxidados a compuestos quinónicos que polimerizan a melanoidinas.
- Alteración de coloración de tejidos: manzanas, peras, duraznos, paltas.
- Según la estructura del ácido se define su reactividad.





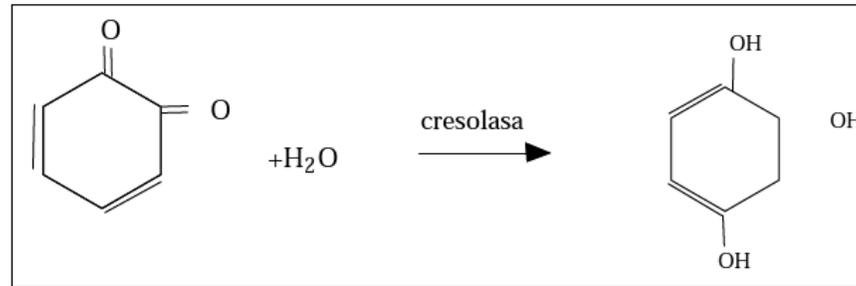
# Enzimas oxidantes

1. Enzimas que actúan en presencia de sustancias polifenólicas: Están presentes en frutas y hortalizas, y son fenolasas, poli-fenolasas y polifenol-oxidasas.
2. Enzimas que actúan sobre productos que carecen sustancias polifenólicas: peroxidasa, catalasa, citocromo-oxidasa. Están presentes en frutas cítricas y uva. Son oxidantes, pero no producen pardeamiento.

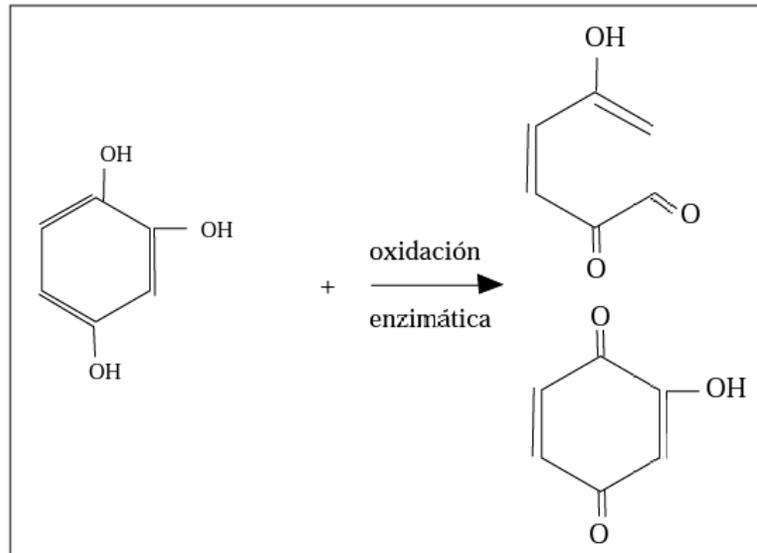


# Mecanismo pardeamiento enzimático

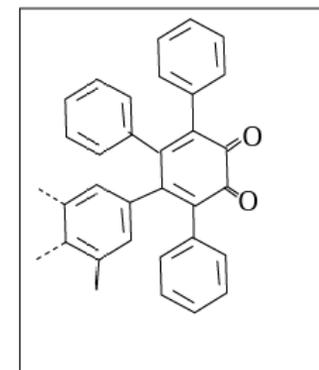
## 1. Hidroxilación.



## 2. Reacción con quinonas.



## 3. Condensación.



Polimerización



# Prevención del pardeamiento enzimático

- Inactivación a alta temperatura (70 a 80 °C) durante 2 a 3 minutos.
- Inhibición por halógenos sulfitos, cianuros y ultrasonido.
- Uso de dióxido de azufre y sulfitos en los cortes de frutas y hortalizas antes de deshidratar o congelar.





# Pardeamiento químico

Dos tipos de reacciones:

- a) Grupo amino de aminoácido con grupo carboxilo del azúcar. También conocida como reacción de Maillard.
- b) Reacción sin participación del aminoácido. El azúcar se deshidrata y forma furfural o HMF que polimeriza en melanoidinas. También conocida como caramelización del azúcar.



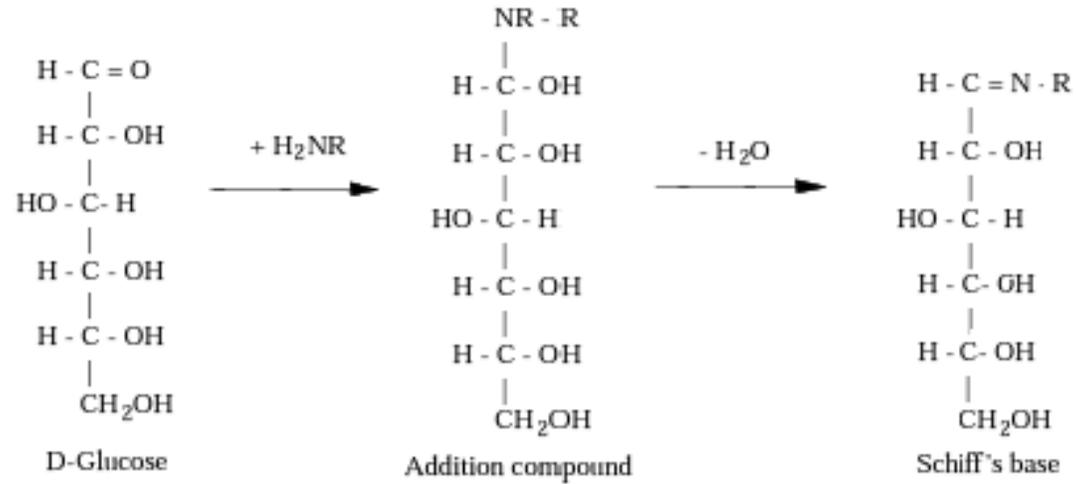
# Pardeamiento químico

Se diferencian 3 fases o etapas:

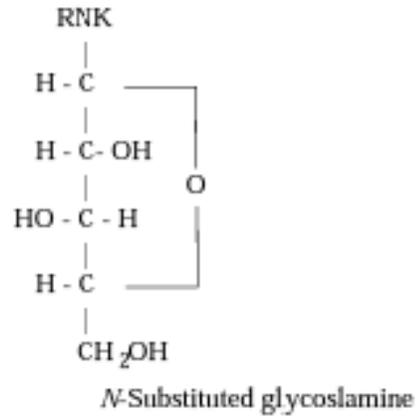
1. 1era etapa: i) Reacción de Maillard, ii) Transposición de Amadori.
2. 2da etapa: i) enolización de compuesto de Amadori y formación de compuestos dicarbonilos, ii) formación de cetónicos, aldehídos y ácidos, iii) degradación de Strecker.
3. 3ra etapa: i) Reacciones de condensación, ii) Reacciones de polimerización.



# Reacción de Maillard



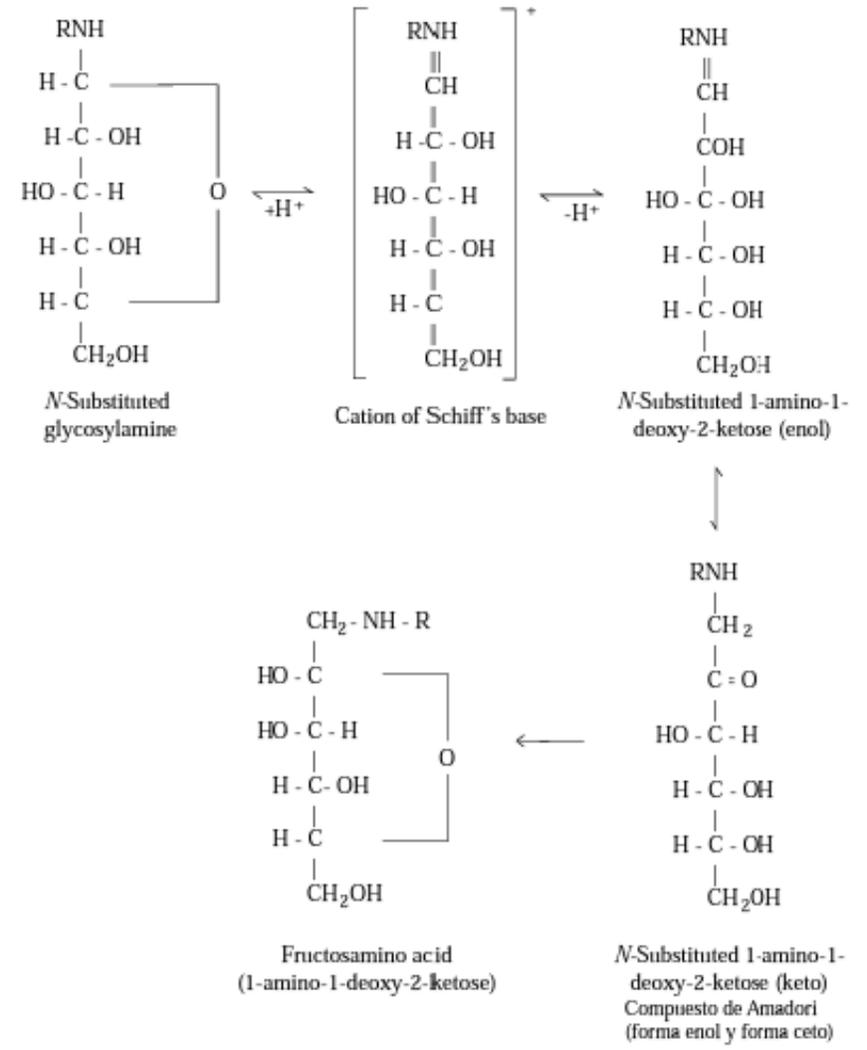
## Reacción de Maillard



Ing. Cristian Patiño Vidal PhD

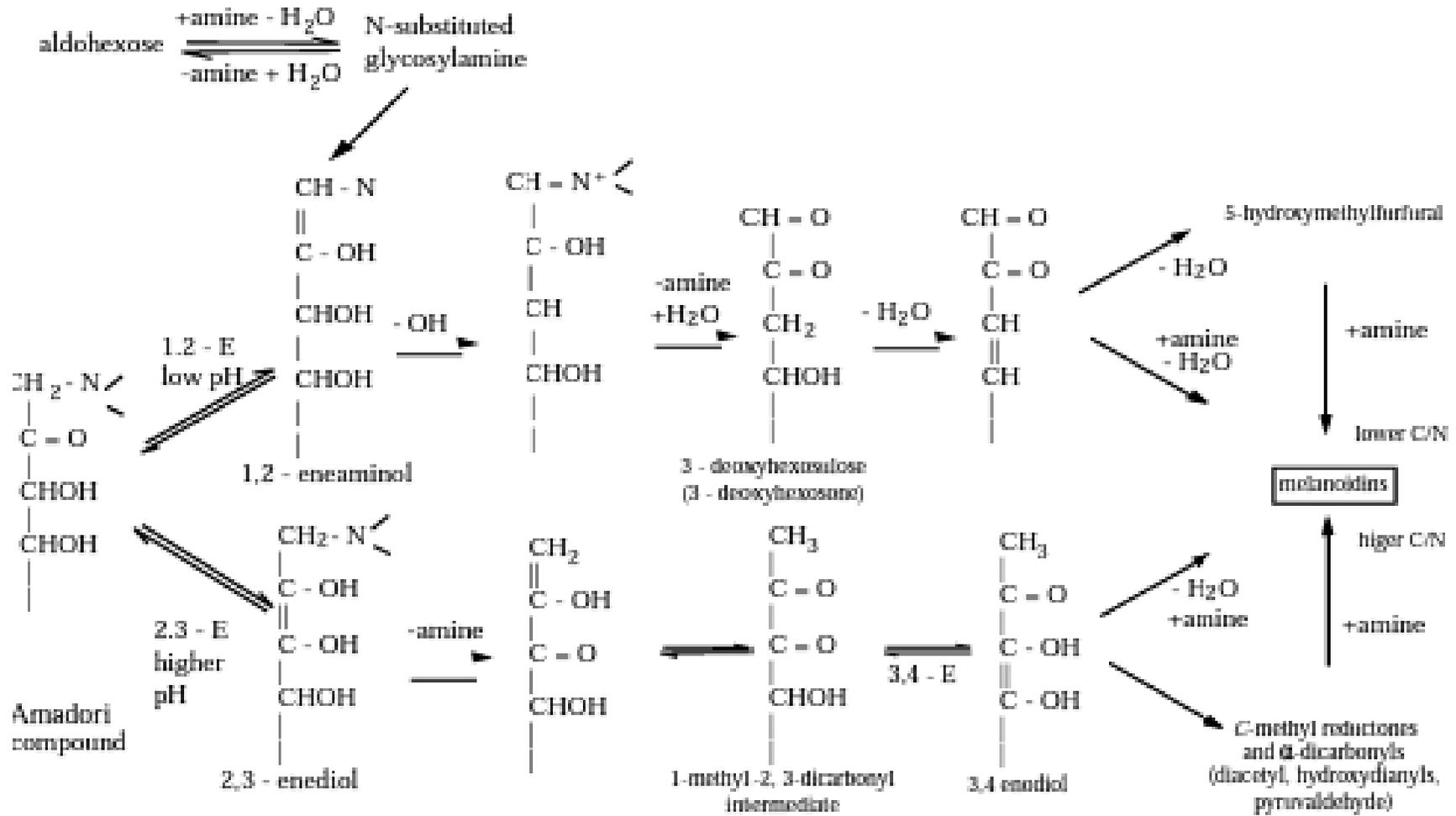


# Formación del producto de Amadori





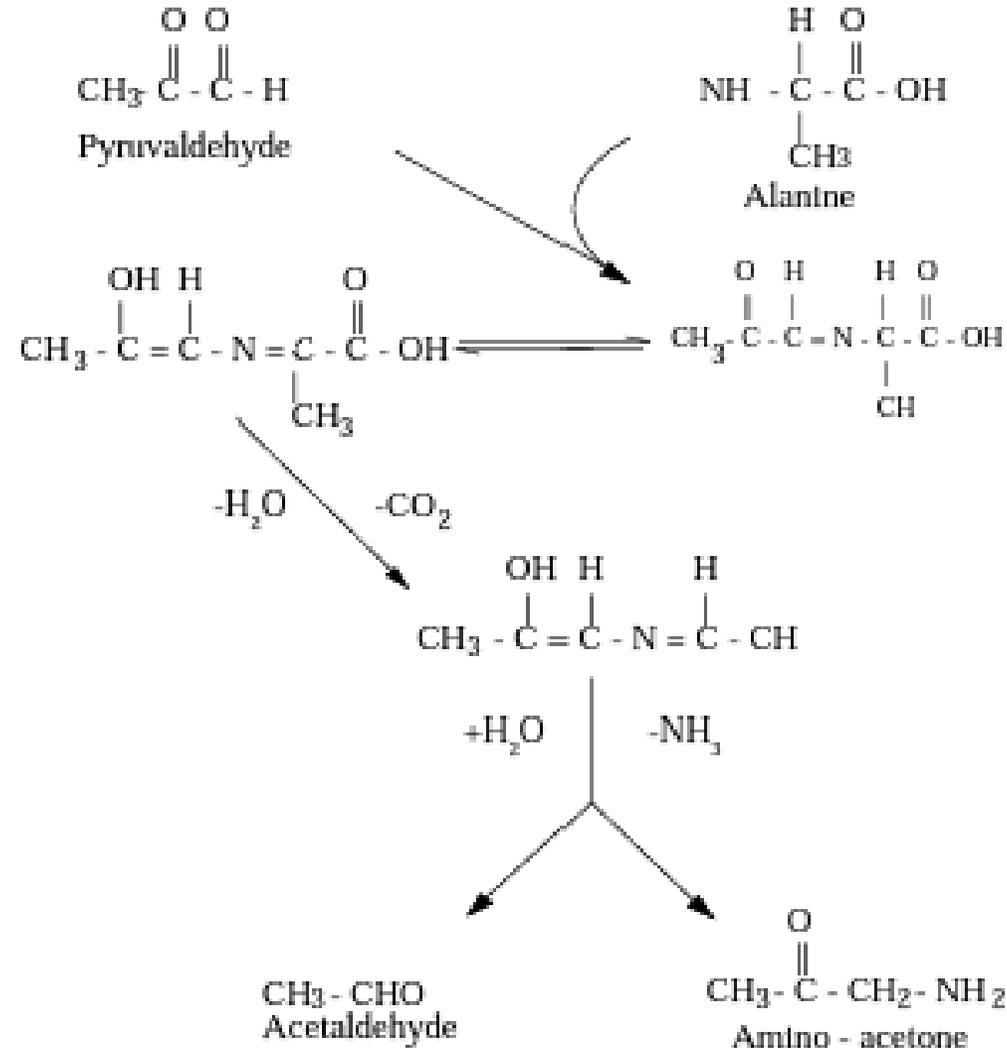
# Enolización del compuesto de Amadori y formación de compuestos dicarbonilos



Ing. Cristian Patiño Vidal PhD



# Degradación de Strecker



Ing. Cristian Patiño Vidal PhD



# Prevención del pardeamiento químico

## **Formas de impedirlo:**

- Presencia o adición de sulfitos (impide reacción Maillard).
- Adición de sacarosa.
- Adición de levadura.
- Adición de enzimas glucosa oxidasa y catalasa.

## **Formas de retardar:**

- Bajas temperaturas.
- Baja concentración de reactivos (azúcar y aminoácidos).

## **Formas de acelerar:**

- Altas temperaturas.
- Alta concentración de reactivos.