

# CARBOHIDRATOS

Polihidroxialdehidos ó polihidroxicetonas ó compuestos mas complejos que por hidrólisis dan estas sustancias.

- Constituyen las  $\frac{3}{4}$  partes del mundo biológico

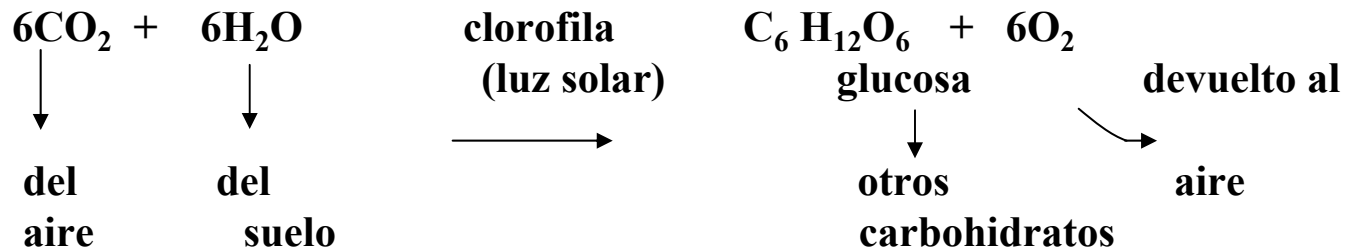
Venezuela ( 1989 )	ingestión diaria ( g /p)	Kcal. / p/d	
Proteínas	55,4	221	
Grasas	63,5	571	
Carbohidratos	323,7	1295	62%
<b>TOTAL</b>		<b>2087</b>	

- Importancia energética.
  - . glucosa → combustible mas común
  - . almidones (vegetales) → reserva
  - . glucógeno (animales) → reserva

- Estructura fibrosa  
  . vegetales



y son producidos en las plantas mediante el proceso de fotosíntesis



# **FUNCIONES DE LOS CARBOHIDRATOS EN EL CUERPO.**

## **1- ENERGIA:**

**1 g de CHO = 4 Kcal.**

## **2- ALMACENAMIENTO:**

**glucosa en exceso puede:**

—→ **ser convertida en glucógeno y almacenada en el hígado y músculo**

— **convertida en grasa y almacenada**

**(en promedio 400g glucógeno y 12kg de grasa)**

## **3- AHORRO PROTEINA**

## **4- FUENTE DE FIBRA DIETETICA**

# CLASIFICACION

## 1. MONOSACARIDOS (osas)

Glúcidos simples, no hidrolizables y reductores, de 3 a 7 átomos de C  $C_n(H_2O)_n$

**Aldosas**      **Cetosas**

triosa

tetrosa

pentosas

arabinosa,  
xilosa

hexosas

heptosas

→ { **glucosa**      **fructosa**  
    { galactosa  
    { manosa

## 2. OLIGOSACARIDOS

Liberan 2 ó mas ( hasta 10 ) azúcares simples al ser hidrolizados

# GLUCOSA

(dextrosa)

- **Obtenida por hidrólisis del almidón o la celulosa**
- **se encuentra libre, junto con la fructosa y la sacarosa, en los jugos de fruta y miel.**
- **≈ 50% de los azúcares de la uva**
- **se encuentra en la sangre de los mamíferos**
- **soluble en agua, alcohol. Insoluble en éter**  
↳ (85g /100ml)
- **en química analítica es todavía frecuente expresar en glucosa el conjunto de azúcares reductores**

- **DISACARIDOS**

Una molécula produce por hidrólisis dos moléculas de monosacáridos; ej. Sacarosa, lactosa, maltosa

- **DISACARIDOS REDUCTORES: reducen al Fehling**
- **DISACARIDOS NO REDUCTORES: no reducen al Fehling**

- **TRISACARIDOS** ej. rafinosa

### 3. POLISACARIDOS o GLICANOS

Polímeros de monosacáridos. Por hidrólisis producen gran número de moléculas de monosacáridos.

- **Homopolisacáridos: por hidrólisis originan solo 1 monómero (celulosa, almidón)**
- **Heteropolisacáridos: por hidrólisis originan 2 ó mas monómero (pectina, resinas)**

# SACAROSA

- Principales fuentes : caña de azúcar, remolacha azucarera
- formada por glucosa y fructosa
- **azúcar no reductor, se hidroliza con facilidad en medio ácido**
- hidrólisis enzimática: L- glucosidasa , B- fructosidasa (invertasa); producto= “azúcar invertido”: mezcla de glucosa y fructosa ; igual poder edulcorante pero menor tendencia a cristalizar

## Poder edulcorante \*

D - fructosa	114	
sacarosa	100	*(10g / 100ml)
azúcar invertido	95	
D –glucosa	69	
Lactosa	16	

## MONOSACARIDOS

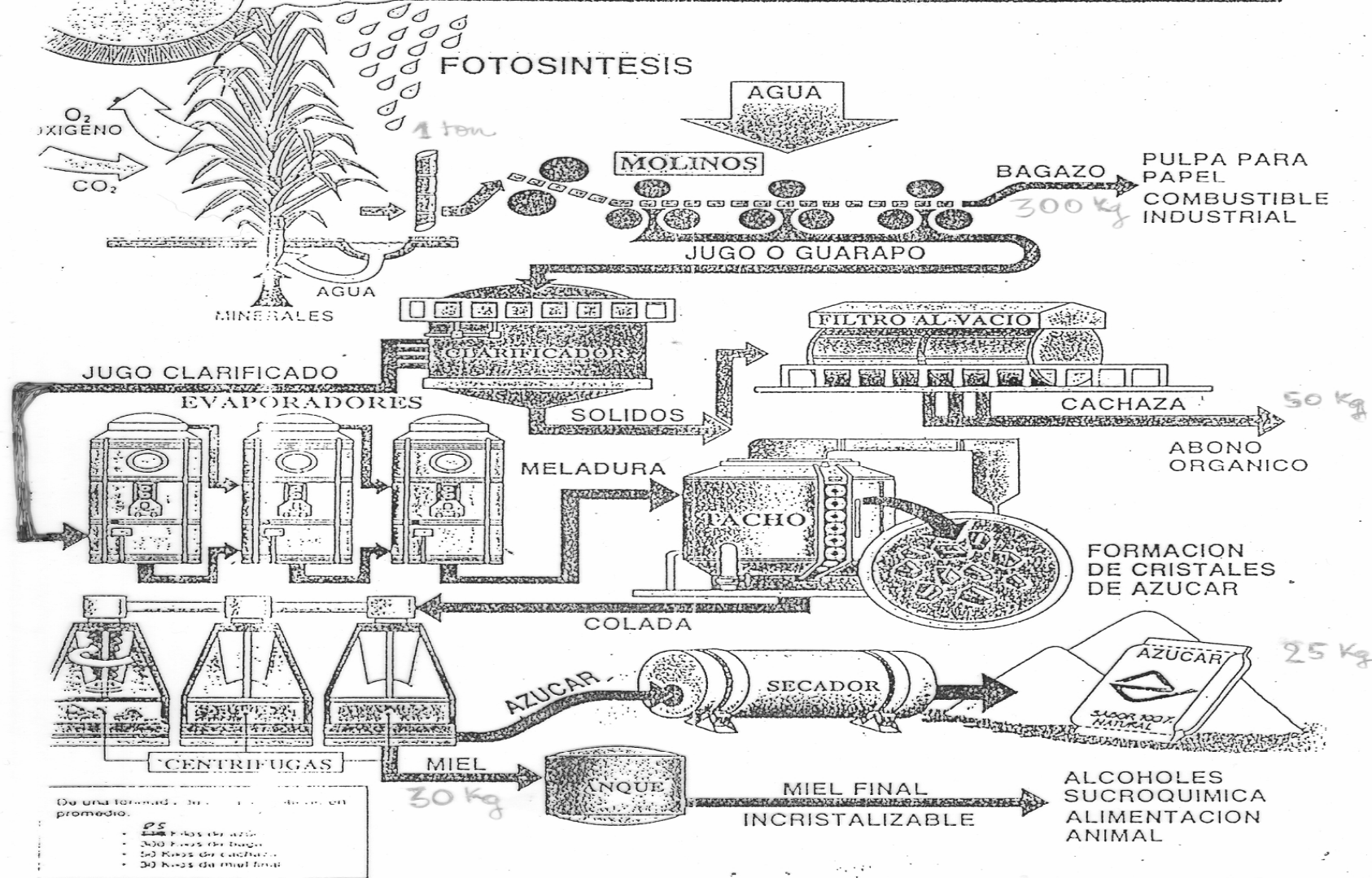
- **Mas comunes: glucosa, fructosa, galactosa, manosa**
- **no se descomponen en otros azúcares**
- **son directamente asimilables (constituyen la última etapa de la degradación de azúcares complejas)**
- **el calor los funde, luego se transforman en caramelo**
- **susceptibles de fermentar por la acción de la levaduras**

## DISACARIDOS (diholósidos)

- **principales : sacarosa, lactosa, maltosa**
  - sacarosa → glucosa + fructosa**
  - lactosa → glucosa + galactosa**
  - maltosa → glucosa + glucosa**
- **hidrólisis → liberación de azúcares simples**
- **poder reductor : lactosa, maltosa.**
  - La sacarosa no es reductor**
- **No son directamente fermentables**



# PURA ENERGIA NATURAL



De una tonelada de caña se obtienen en promedio:

- 25 Kg de azúcar
- 300 Kg de bagazo
- 50 Kg de cachaza
- 30 Kg de miel final

**Sacarosa**

**hidró-  
lisis**  
→  
**+66,5**

**glucosa + fructosa**

**+52,7      - 92,4**

**Valor neto “-” a la  
rotación de la mezcla**

**provoca**

↑ **M.S.**

≈ **dulzor**

↑ **Solubilidad  
de azúcares  
en solución**

### 3. POLISACARIDOS:

- \* **son las sustancias alimenticias mas consumidas**
- \* **son agentes tecnológicos importantes**
- \* **forma de almacenamiento en los animales:glucógeno**
- \* **son responsables de la estructura de las paredes celulares vegetales( celulosa)**
- \* **no son dulces**
- \* **insolubles en agua**

# ALMIDON $(C_6H_{10}O_5)$

- formado por unidades de glucosa combinada entre si por uniones glucosidicas
- unidad estructural de disacárido, repetida periódicamente = maltosa, da origen a dos tipos de molécula:

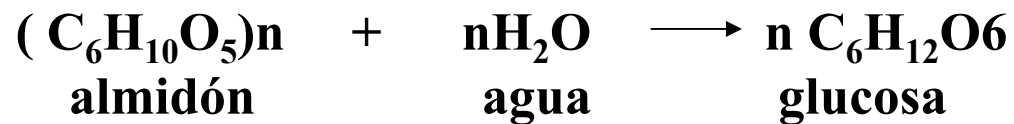
**AMILOSA Y AMILOPECTINA**

## Propiedades del almidón

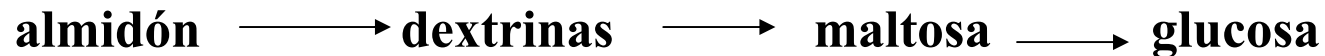
1. – Apariencia y solubilidad : polvo blanco, no cristalino,,  
insoluble en agua fría

2. – Dulzor: negativo

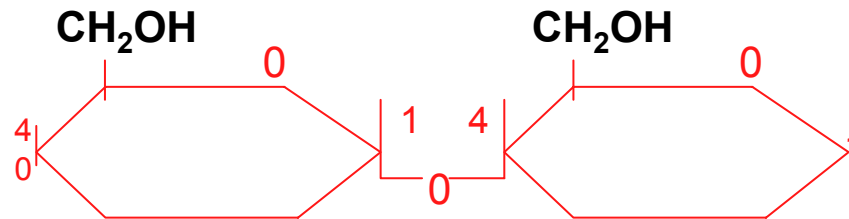
3. Hidrólisis: por la acción de ácidos ó enzimas



varias etapas:



- AMILOSA** ≈ ⊙ **constituyente menos abundante**  
 ≈ **10- 20% del almidón**  
 ⊙ **polímero lineal de glucosa (300 a 350 unidades) con uniones α (1- 4)**



- ⊙ **reacciona con el yodo para dar coloración azul**

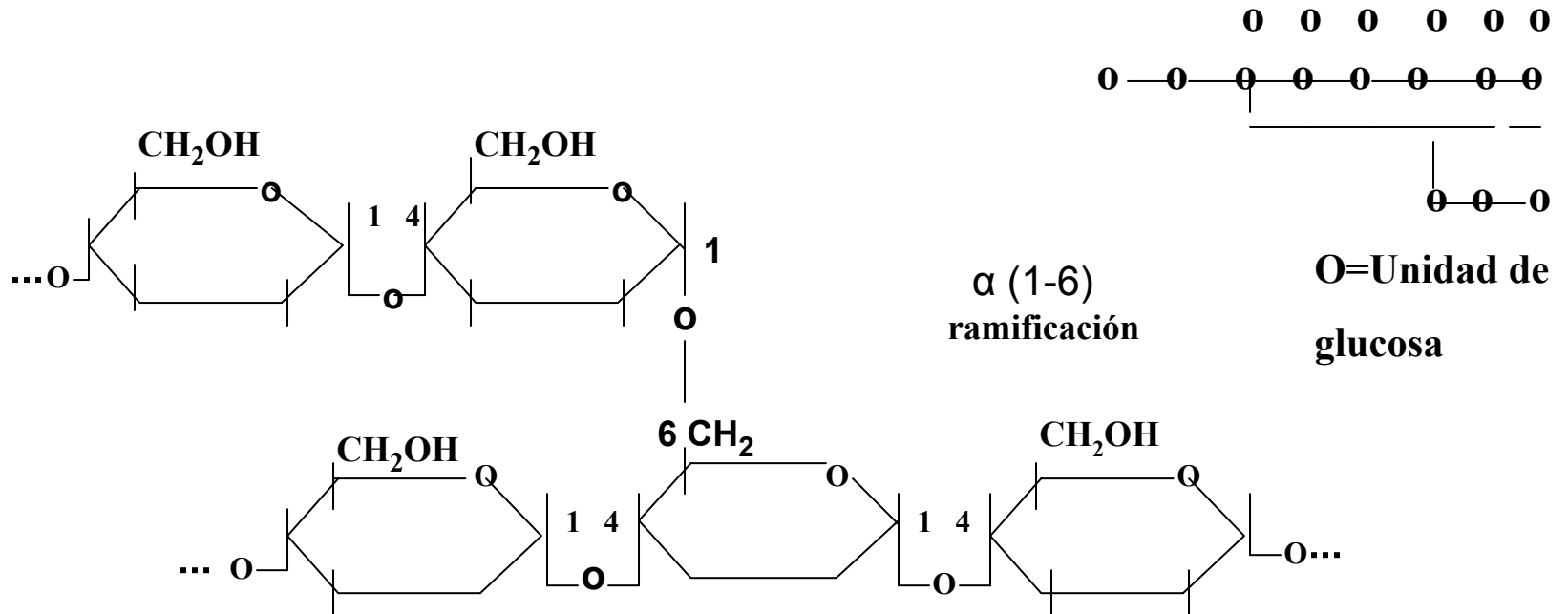
- ⊙ **almidones del trigo y la papa son relativamente ricos en amilosa(20-30%)**



**O = Unidades de glucosa**

## AMILOPECTINA: mucho mas abundante que la amilosa

- los almidones llamados **céreos o glutinosos** tales como los de arroz, maíz y sorgo pueden llegar a contener hasta un **95- 97%** de amilopectina
- **Polímero ramificado de la glucosa** que aparte de las uniones  $\alpha (1 \rightarrow 4)$  entre las moléculas de glucosa, muestra otro tipo de unión, a nivel de la ramificación,  $\alpha (1 \rightarrow 6)$

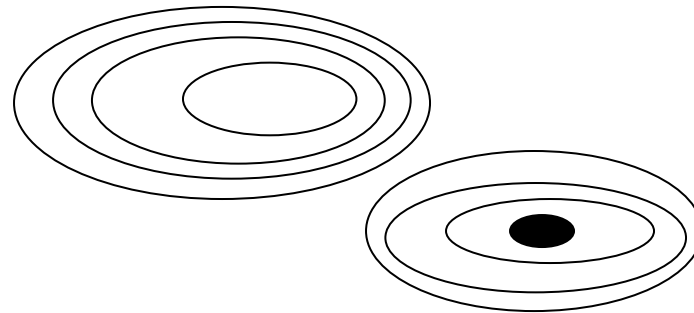


# CARACTERÍSTICAS DE LA AMILOPECTINA

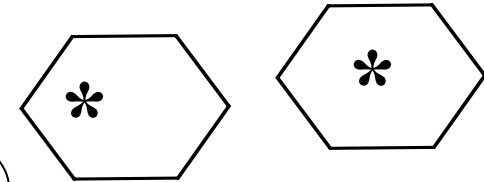
- \* alto PM
- \* los productos de la hidrólisis incompleta del almidón se llaman dextrina

80% amilopectina (insoluble de agua)  
ALMIDON  $\approx$  20% amilosa (soluble en agua)

ESTRUCTURA  
GRANULAR



Almidón de papa



Almidón de maíz

De todos los polisacáridos, es el único producido  
en gránulos



## Efecto del calor : GELATINIZACIÓN

Almidón + agua calor → suspensión acuosa ocurre:

- a  $T \approx 60 - 80 \text{ }^\circ\text{C}$  (adsorción de  $\text{H}_2\text{O}$  sobre grupos polares hidróxilo)
- volumen  $\approx 5$  volumen original
- mezcla viscosa a  $80^\circ \text{C}$  → RUPTURA GRANULOS - DISPERSION  
LAS MOLÉCULAS SE ABREN, LA MEZCLA ALMIDON-AGUA  
aumenta la viscosidad

ENFRIAMIENTO



FORMACION RED AGUA encerrada → GEL

fuerza del gel depende de:

- \*) proporción de agua y almidón
- \*) proporción de amilosa en el almidón
- \*) presencia de azúcar - competencia por el agua (↓ fuerza)
- \*) presencia de ácido - hidrólisis - (↓ fuerza)

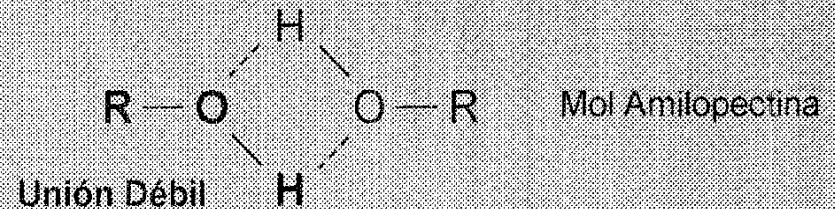
# GELATINIZACION

Almidón + Agua  $\rightarrow$  Suspensión Acuosa  $\rightarrow$  Pérdida Polarización de las Moléculas  $\rightarrow$  Hinchamiento  $\rightarrow$  Gel

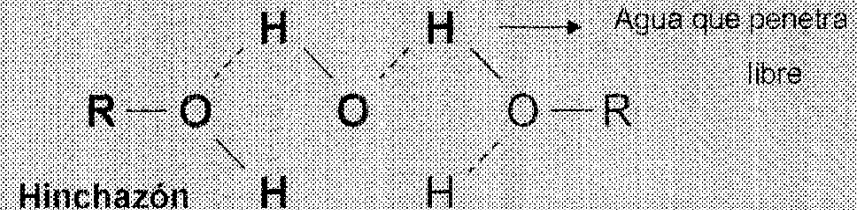
## Gránulos de Almidón

### 1.- Molécula Amilosa

(grupos OH son los responsables de absorber agua)



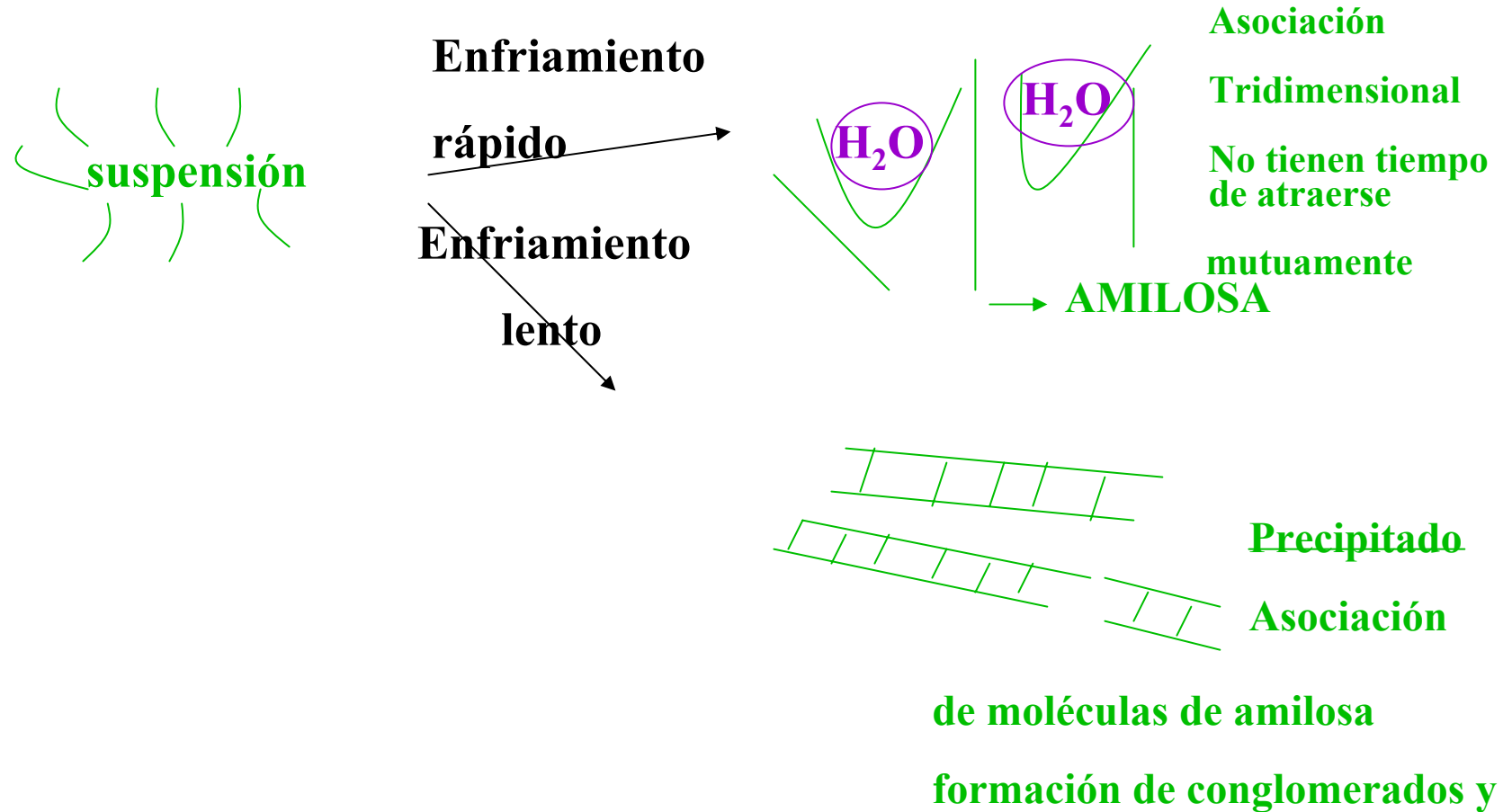
### 2.- Temperatura Alta, los puntos H se rompen



### 3.- Las moléculas se acercan y adhieren formando un sistema de red tridimensional

**Temperatura de Gelificación:** tiempo a la cual los gránulos comienzan a hincharse y se pierde Birrefringencia

# RETROGRADACION: Reversión del almidón a su condición menos soluble



**Retrogradación Amilosa → irreversible micelas que precipitan**

**Retrogradación Amilopectina → reversible, ej. Pan**

**(Calentamiento, disminuye los enlaces entre las moléculas)**

## Método de control para impedir la retrogradación:

- **Introducción de grupos químicos (fosfatos) los cuales evitar la agregación**
- **Disminución de los enlaces entre moléculas por calentamiento**

## → **TIPOS ESPECIALES DE ALMIDON**

- **Fosforilado mejorar la estabilidad durante la congelación - descongelación**

**Pregelatinizado + secado**

## **USOS:**

**Espesante (sopas, embutidos, enlatados)**  
**estabilizador (jarabes)**  
**agente de revestimiento (confitería)**  
**agente formador de geles**

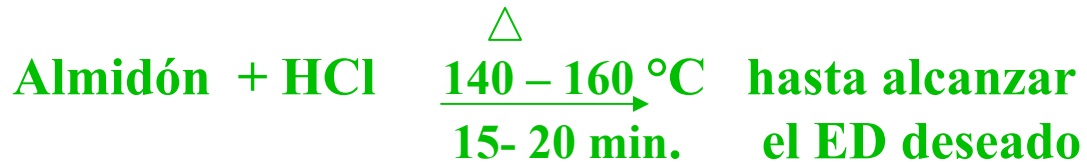
## PRODUCCION DE JARABES DE ALMIDON

E.D (equivalente de dextrosa) = término en que se mide el grado de conversión de almidón en D- glucosa (dextrosa)

$$E. D = \% \frac{\text{glucosa (azúcares reductores)}}{\text{peso seco total}}$$

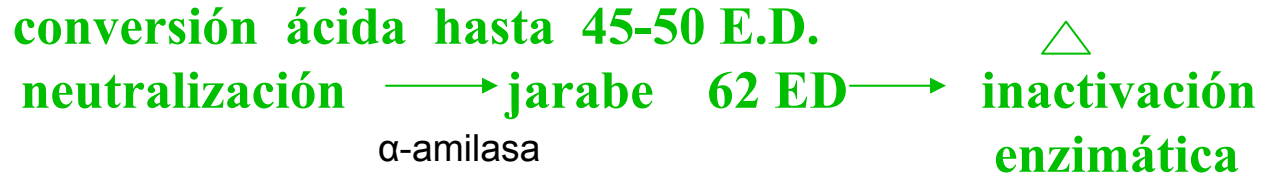
## Tres métodos industriales

1.- Conversión ácida : almidón ( 30 – 40% en suspensión acuosa) es tratado con HCl ( $\approx 0,12\%$ )

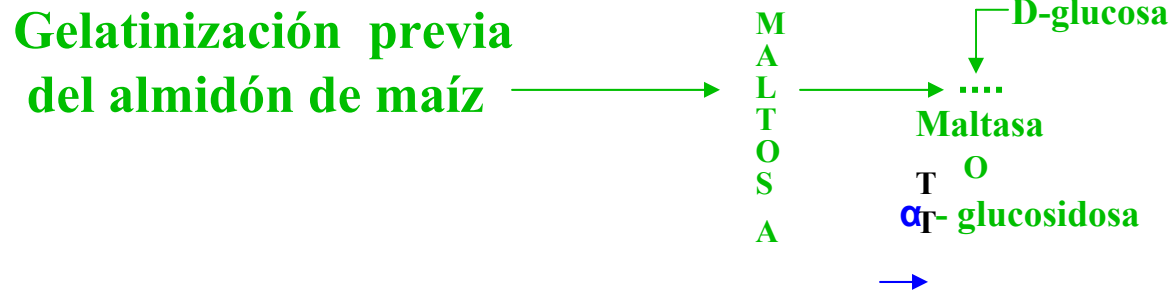


neutralización  $\longrightarrow$  centrifugación  $\longrightarrow$  filtración  $\longrightarrow$  concentración  
( pH 4- 5,5)

## 2. Hidrólisis ácido – enzimática



## 3. Hidrólisis enzimática –enzimática



$\alpha$  - amilasa : • actúa sobre los enlaces  $\alpha$  (1 - 4)  
(endoamilosa, • de origen animal, vegetal o microbiano  
amilosa “ licuante” 4,5<pH<5,9 50 °C < T < 55 °C  
o “dextrinizante”)

$\beta$  – amilasa: • hidroliza las cadenas de almidón a partir de su extremo  
no- reductor separando moléculas de maltosa hasta detenerse en el  
enlace  $\alpha$  1 -6

**ej. Utilización amilasa- maltosa : ind. cervecera**

## REACCION DE MAILLARD

- . Es la acción de aminoácidos con azúcares reductores
- . **Producto final** : melanoidinas

Se desarrolla en 3 etapas:

1<sup>ra</sup>) S/ color

No hay abs. luz UV

- a) condensación amino- azúcar
- b) rearrreglo Amadori

2<sup>da</sup>) S/ color o amarillo

fuerte absorción luz UV cercana

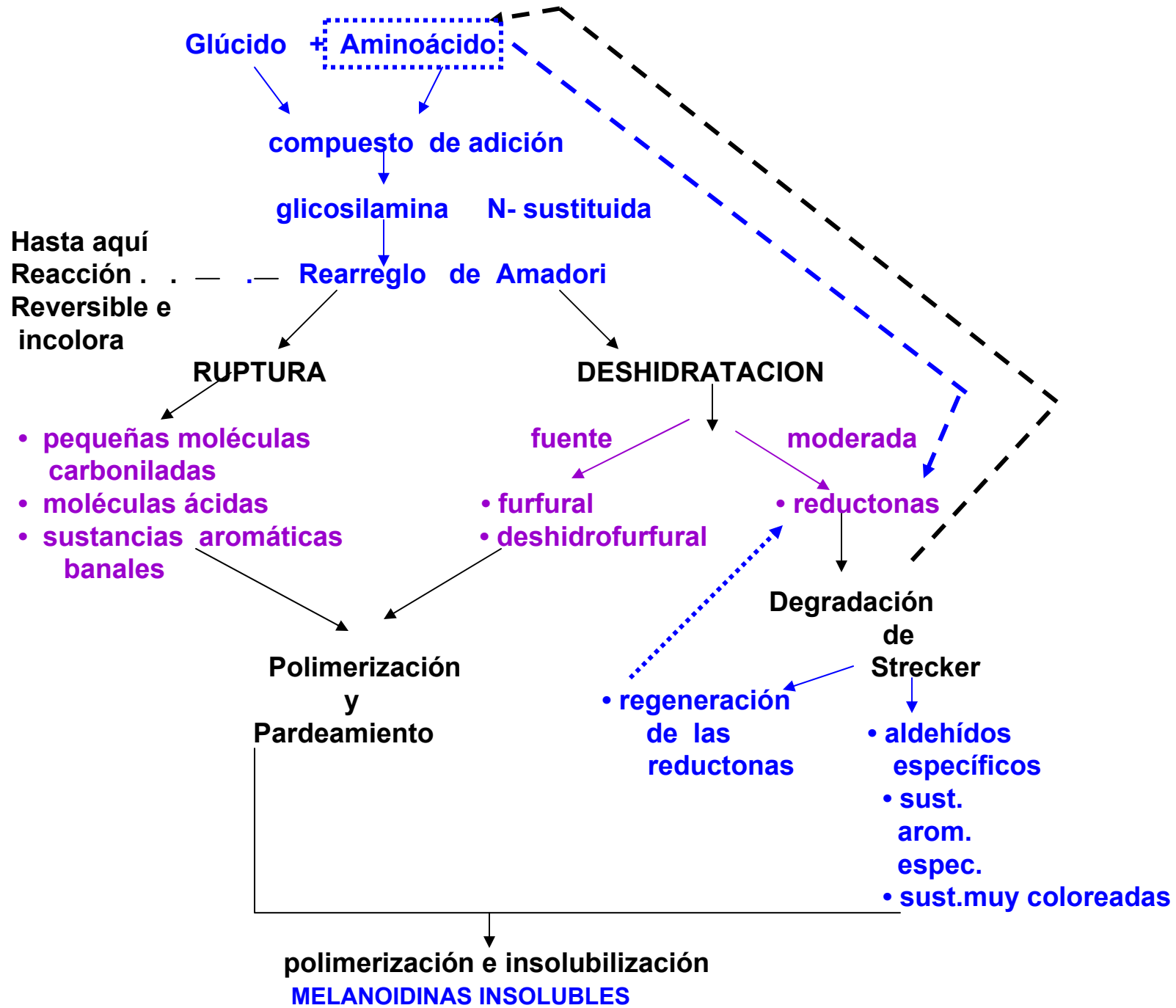
- a) deshidratación de azúcar
- b) fragmentación del azúcar

c) degradación AA  
(formación reductonas)

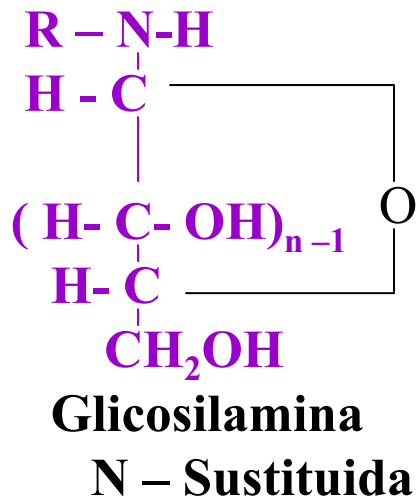
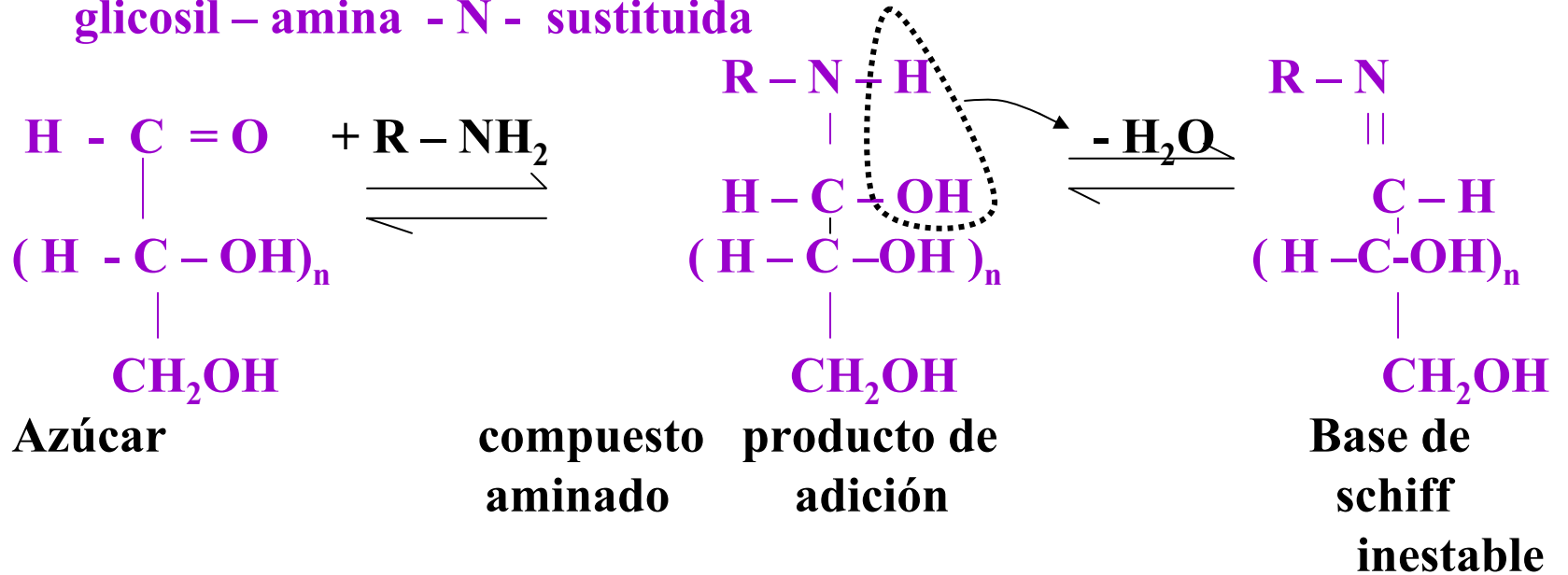
3<sup>ra</sup>) Altamente coloreado

Polimerización del  
amino – aldehído



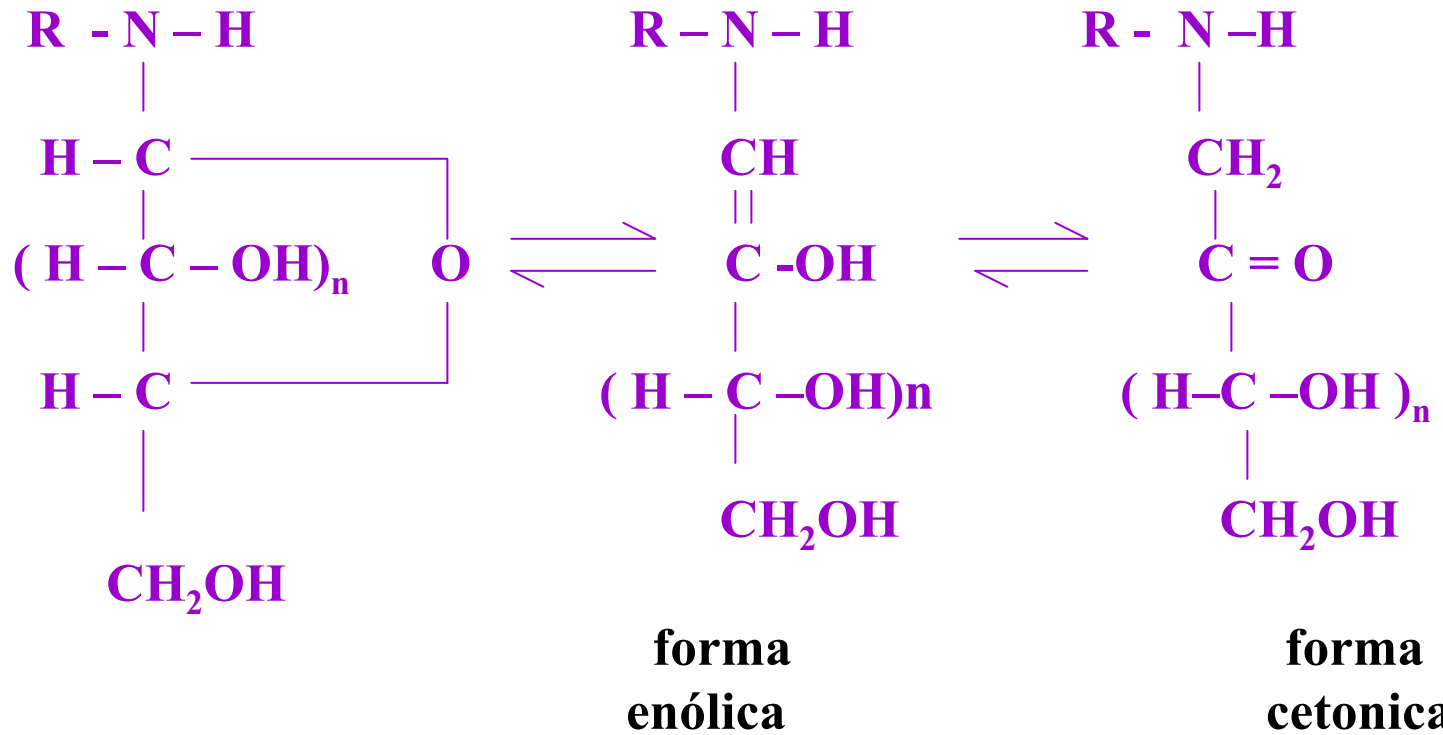


Los azúcares reductores – aldehídos y cetonas - se combinan con los aminoácidos, péptidos y proteínas para dar una glicosil – amina - N - sustituida



- Bloqueo de los aminoácidos por los azúcares
- La formación de la glicosilamina es reversible (hidrólisis química)
- El enlace no puede romperse enzimáticamente (por ello de habla de lisina No disponible)

## Reorganización de Amadori : isomerización de los aldossilaminas



producto de Amadori

**Degradación de Strecker: Reacción entre una reductona y un aminoácido - etapa específica y capital de la R- de Maillard**

- **el aminoácido es a la vez desaminado y decarboxilado (desprendimiento de CO<sub>2</sub>) transformándose en aldehído específico con n - 1 carbonos**
- **el proceso se vuelve autocatalítico – los productos formados provocan directamente la destrucción de los aminoácidos todavía intactos**
- **lleva consigo la formación de moléculas específicas aromáticas (aldehído derivado del aminoácido) que aumenta la calidad organoléptica de los productos tostados (pan, maní, galletas,cacao)**

**La intensidad de la reacción está estrechamente  
unida al contexto físico – químico:**

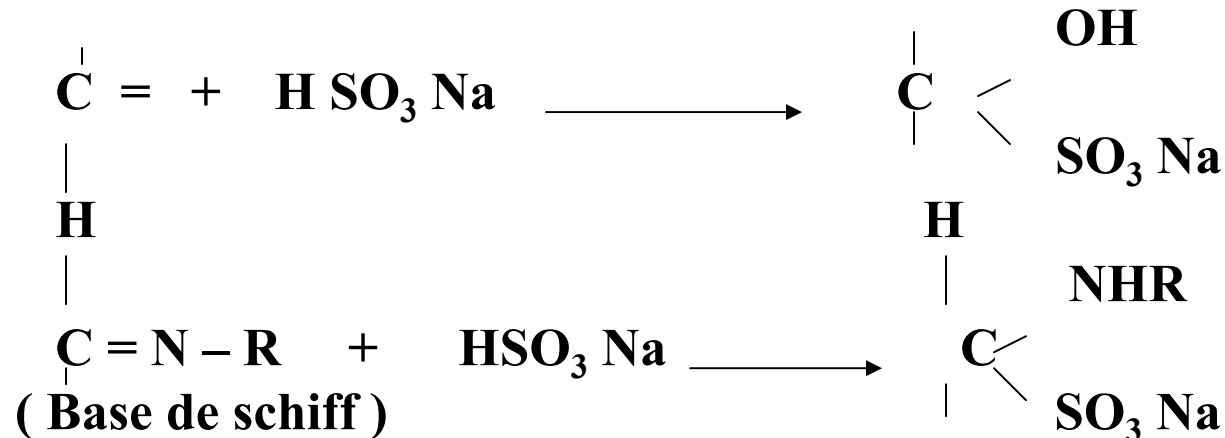
- es proporcional al calor aplicado**
- crece con el pH para una zona de pH entre 3 y 10; pH alcalinos la favorecen; pH ácidos la inhiben**
- máxima intensidad si la humedad relativa es del 40 al 70%**
- A menor PM del azúcar, mas activa**
- cuando los aminoácidos están libres, su reactividad es comparable y cuando forman parte de una proteína tiene lugar selectivamente sobre los aminoácidos básicos ( lisina, arginina, histidina)**

## Inconvenientes de la R. de Maillard desde el pto. de vista nutricional

- Tiene lugar selectivamente sobre los aminoácidos básicos –lisina, arginina , histidina P. ej . Leches en polvo muy calentadas, la lisina se convierte en el factor limitante primario de la eficacia proteica
- En condiciones experimentales, algunos de sus productos tienen propiedades tóxicas y antienzimáticas.

### Prevención

- Adición de inhibidores ( como el dióxido de azufre y sulfitos). Pero Si los pigmentos pardos ya han aparecido, al adición de sulfitos no impedirá su desarrollo ulterior



Los sulfitos reaccionan c/ los compuestos carbonilo y las bases de Schiff

## FIBRA ALIMENTARIA

Nombre que se aplica a las partes estructurales de los tejidos vegetales que **NO SON DIRIGIDAS** por las enzimas digestivas humanas , aunque sean parcialmente metabolizadas por las bacterias del intestino para formar **ácidos grasos de cadena corta** que proporcionan una fuente de energía.

comprende :

{  
celulosa  
hemicelulosa  
lignina  
pectina  
gomas

## Fibra Dietética

Material de la pared celular de vegetales, frutas, cereales, granos que resiste la digestión de las enzimas y demás secreciones digestivas humanas.

- La fibra es degradada mediante la fermentación por las bacterias del intestino grueso.
- Según su solubilidad hay 2 tipos de fibra dietéticas.

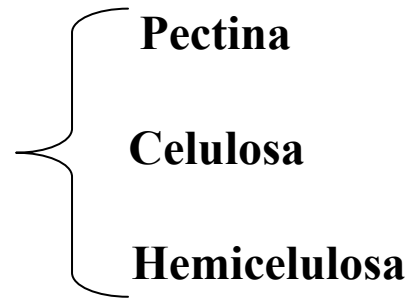
INSOLUBLE: celulosa, hemicelulosa, lignina. Ej. Salvado de trigo, carotas, lentejas, arvejas, verduras.

SOLUBLE: pectinas, gomas, algunas hemicelulosas. Ej. frutas, verduras, leguminosas

Todos los vegetales contienen los 2 tipos de fibra dietética, soluble e insoluble, pero en c/ uno predomina una de las dos.



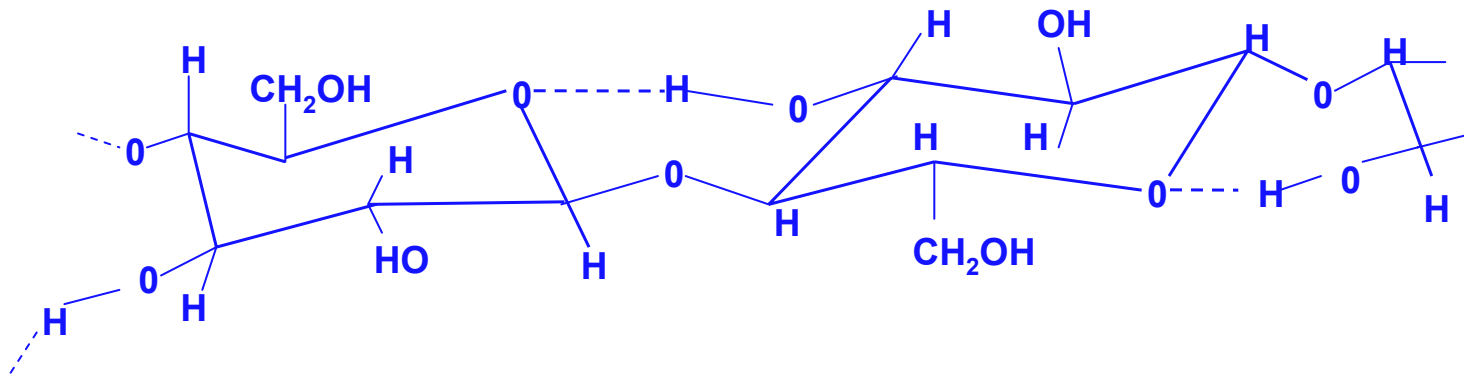
**Polisacáridos  
Vegetales NO  
digestibles por  
el hombre**



**Celulosa :**

- compuesto orgánico mas abundante de la tierra
- componente esencial de la pared de las células vegetales

**MOLECULAS LINEALES DE UN MINIMO DE 3.000.UNIDADES DE GLUCOPIRANOSA UNIDAD POR ENLACE  $\beta$  ( 1 $\rightarrow$ 4 )**



**Disposición en cinta plana de la cadena de celulosa**

•En los tejidos vegetales las moléculas de celulosa se alinean unas junto a otras formando **MICROFIBRILLAS** (empaquetadas ordenadamente gracias a enlaces de H intermoleculares) (características de insolubilidad y resistencia)

**Hemicelulosa** : • íntimamente asociado con las celulosa de las paredes de las células vegetales.

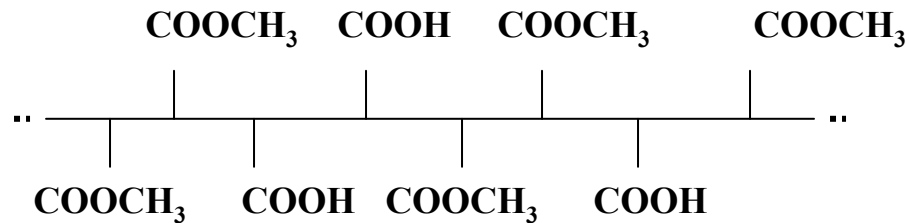
**3 tipos de hemicelulosa**

**Xilanos**  
**mánanos ( y glucomananos)**  
**galactanos ( y arabinogalactanos)**

**Xilanos** grupo dominante en la hemicelulosa de los granos de cereales ( salvado de trigo, por ej.)

# PECTINAS

- Propiedad de formar geles, capacidad de retener agua



- Polímeros lineales del ácido galacturónico,
- que tienen una parte mas o menos amplia de grupos carboxilos esterificados por radicales metilo.
- se encuentra en la pared celular y los espacios intercelulares

**Péctinas → 100% de metilación**

**Ácidos pectínicos → < 100% de metilación**

**Ácidos pécticos → ácidos poligalacturónicos exentos de metoxilo (-OCH<sub>3</sub>)**

## Formación de un gel Pécico

Si la pectina es de baja proporción de grupo metoxilo

- alta proporción de grupos  $\text{COO}^-$  disponible
- enlaces entre moléculas son iónicas asegurados por cationes bivalentes, especialmente de calcio ( $\text{Ca}^{++}$ )
- ( Gel elástico ) (tipo agar- agar)

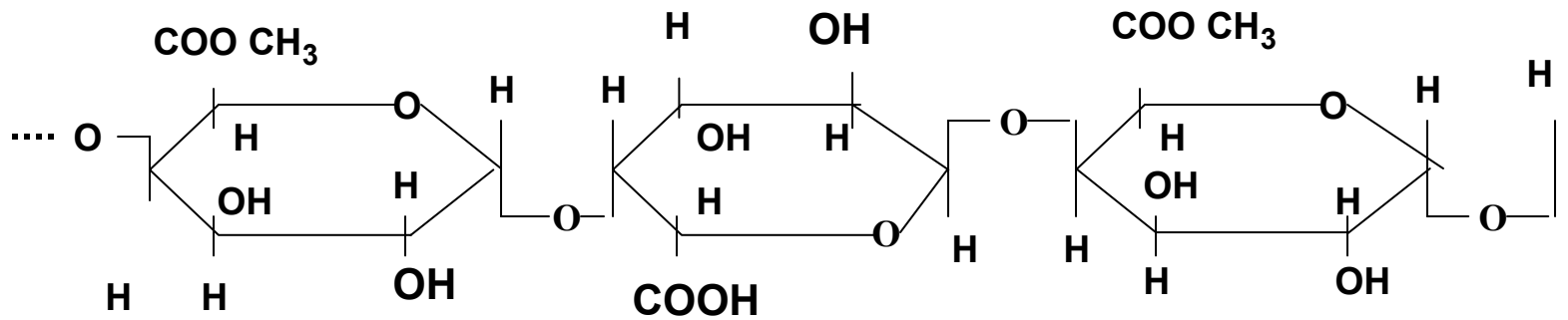
**Permiten:**

- gelificar la leche
- preparar jaleas de frutas s / azúcar
- jaleas a base de carne

Pectinas: • También se encuentra en la pared celular primaria

• Constituyentes principales de la lámina intermedia de los tejidos de las plantas

“ Polímeros lineales del ácido galacturónico, que tienen una parte mas o menos amplia de grupos carboxilos esterificados por radicales metilo”



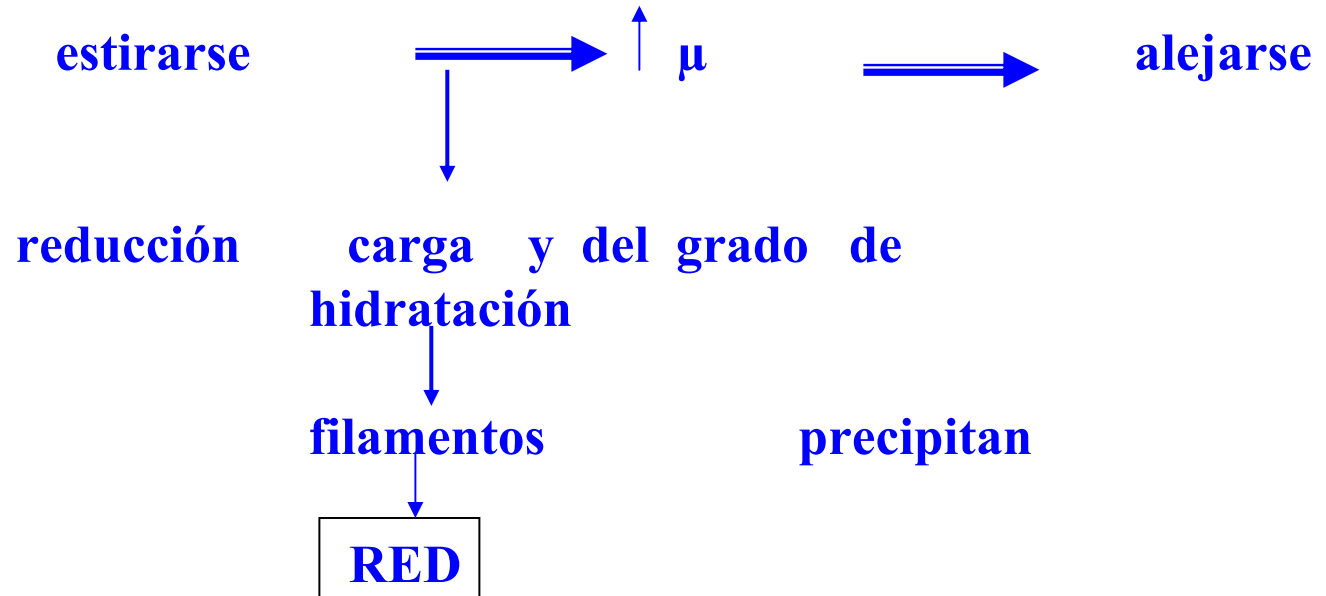
### **A. Pectinas muy metoxiladas: Gelificación Rápida**

- **Mas del 70% de los grupos carboxilo esterificados**
- **Rápida gelificación en medio ácido y en presencia de elevada concentración de azúcar**

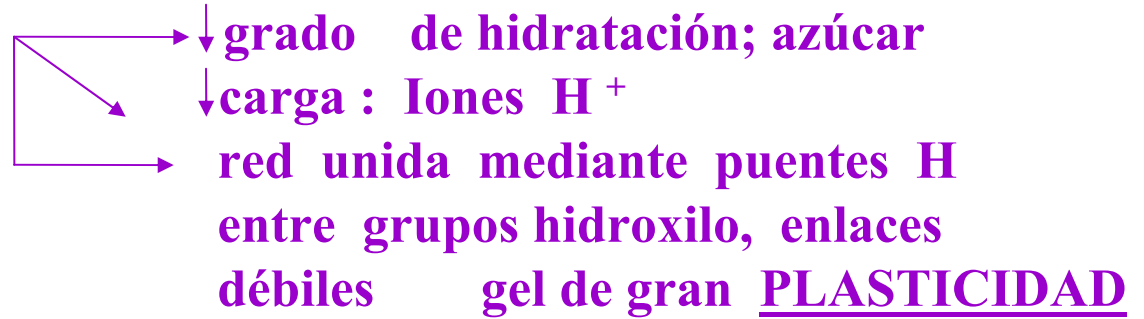
### **B. Pectinas poco metoxiladas**

- **Grado de esterificación < 50%**
- **Gelifican en presencia de  $\text{Ca}^{++}$  a pH próxima a la neutralidad y en presencia de menor cantidad de azúcar**

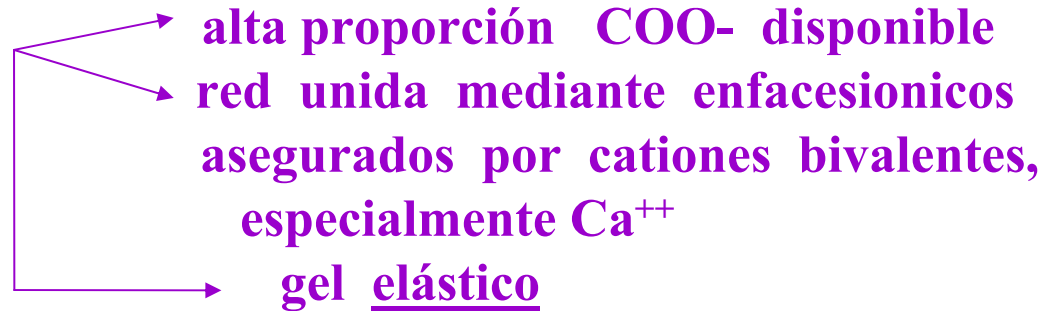
**MOLECULAS PECTICAS = hidrocoloides fuertemente  
carga (-) hidratados en solución**



**Alta proporción  
Metoxilo**



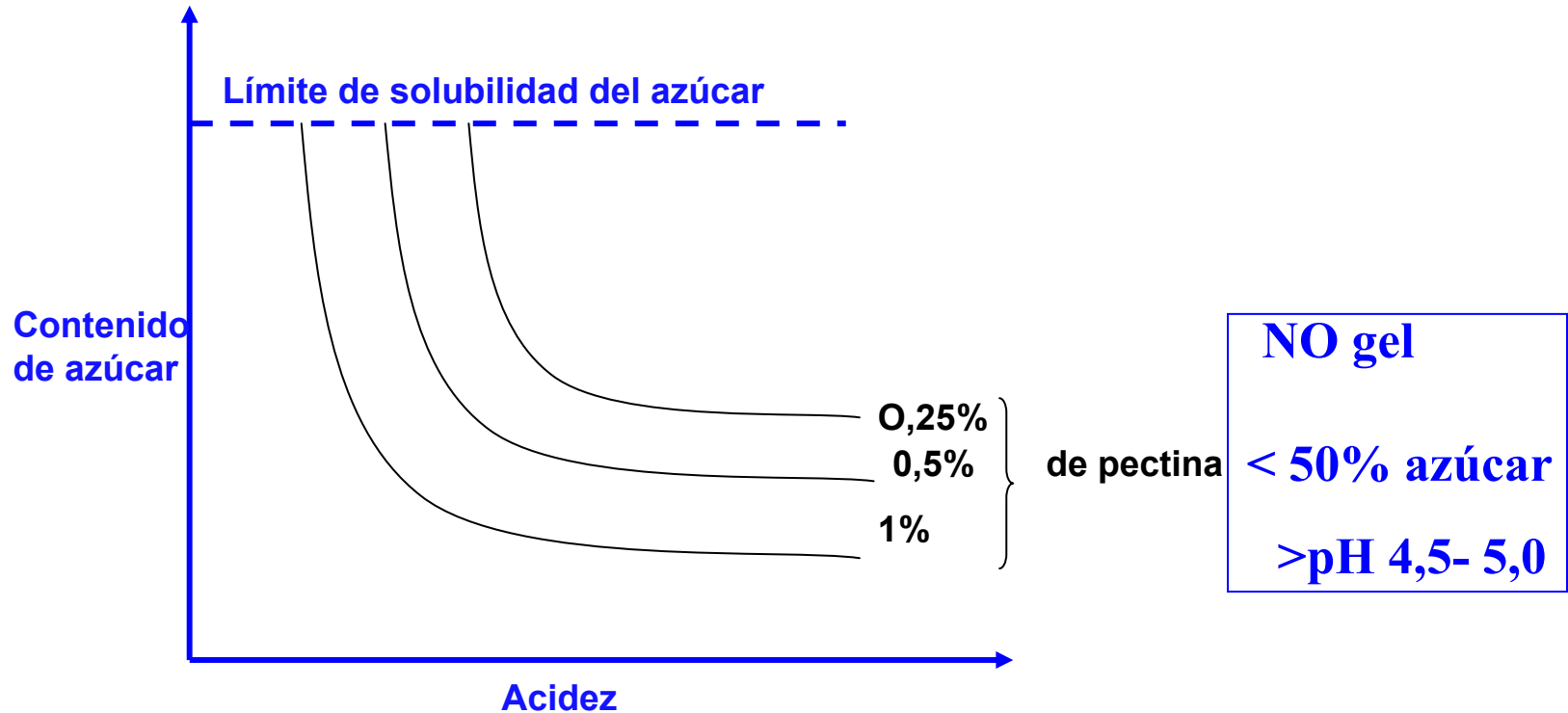
**Baja proporción  
metoxilo**





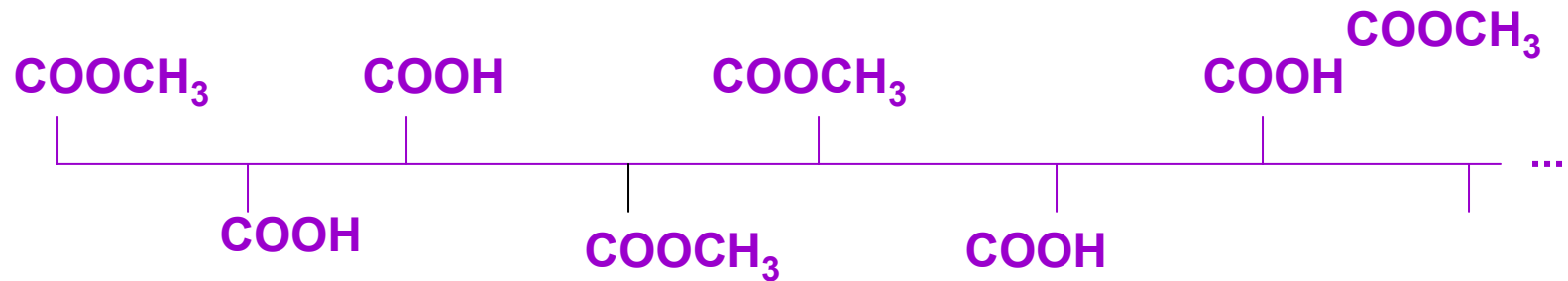
# Características del gel

longitud de la molécula  
grado de metilación



**Zonas de existencia del gel pectina- azúcar – ácido  
para tres contenidos de pectina**

## Representación esquemática:



**Protopectina:** insoluble en agua, da lugar a  
Las pectinas solubles en agua, tras el tratamiento  
Con un ácido débil. **Unión de pectina y celulosa**