

A collage of various carbohydrate-rich foods including bananas, oranges, bread, pasta, and grains. The image shows a variety of food items arranged on a dark wooden surface. In the top left, there is a bunch of ripe yellow bananas. To their right is a grey tray filled with several whole, ripe oranges. Below the bananas, there are three small white bowls containing different types of grains: one with light-colored grains, one with darker grains, and one with yellow cornmeal. In the center, there is a slice of whole-grain bread. To the right of the bread is a white bowl filled with yellow cornmeal. Below the bread is a white bowl containing a mixture of beans and lentils. On the far right, there is a white bowl filled with yellow and red pasta. In the top right corner, there is a white bowl filled with a mixture of grains.

Carboidratos – Amido e Açúcares

HNT0205 – Produção e Composição de Alimentos
2023

Carboidratos

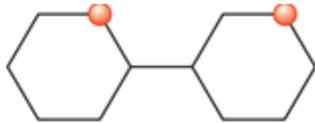
Grupo variado de substâncias cuja estrutura básica é formada por C, H, O. Em sua maioria são polihidroxiáldeídos ou polihidroxicetonas

Classificação

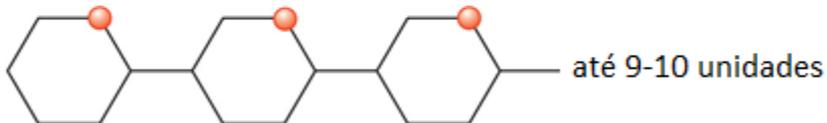
1- Quanto ao nº de unidades glicosídicas:



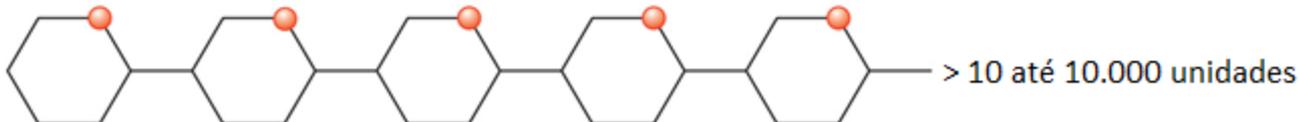
Monossacarídeos



Dissacarídeos

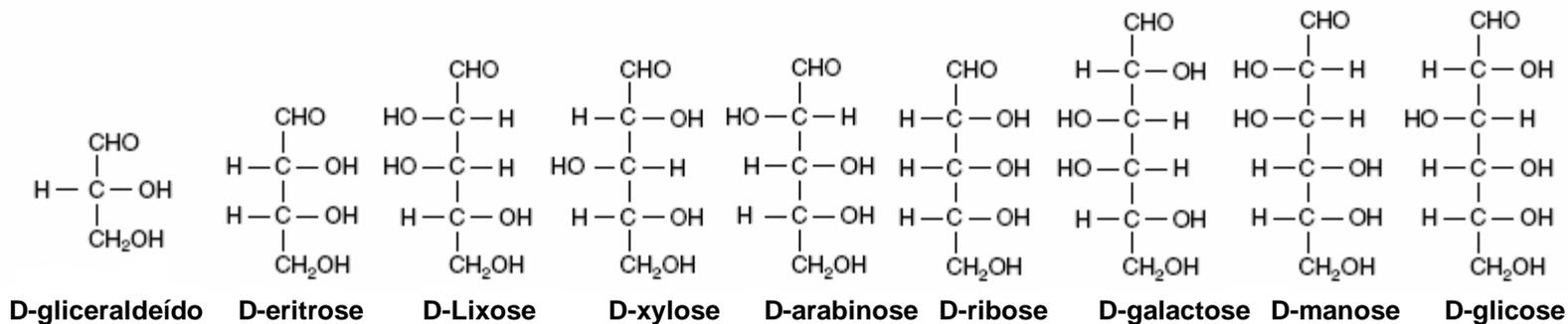


Oligossacarídeos

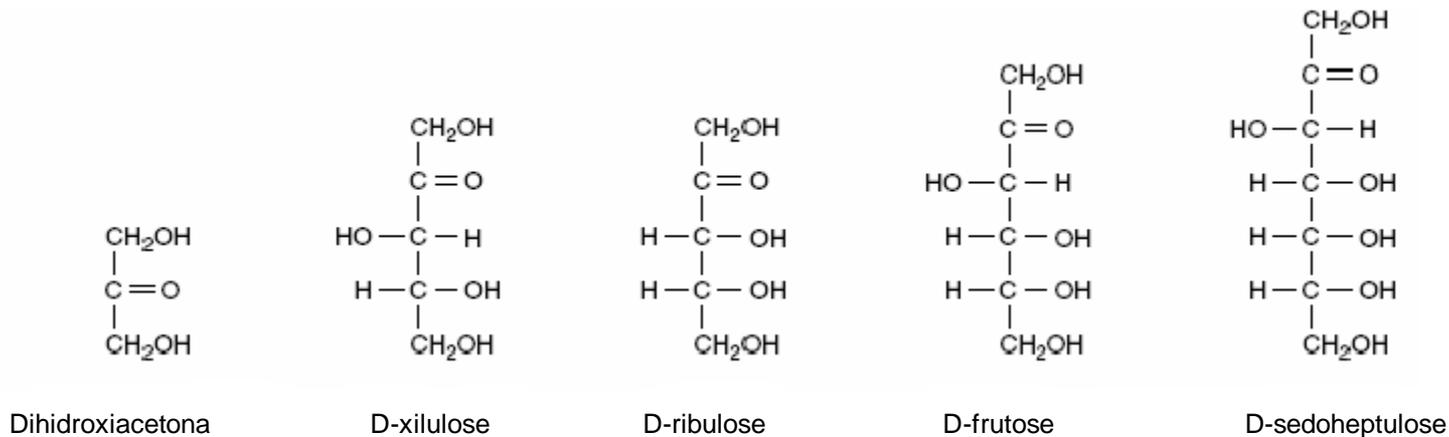


Polissacarídeos

Monossacarídeos



Aldoses

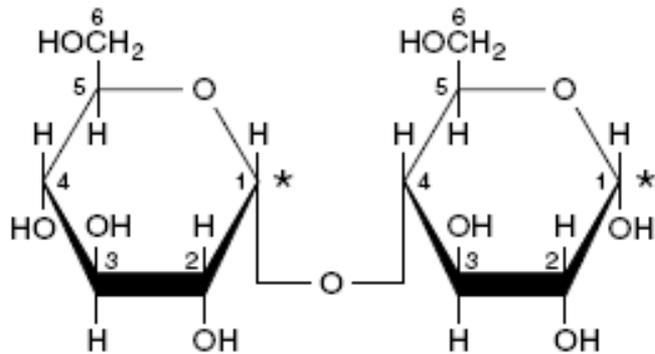


Cetoses

Projeção de Fischer

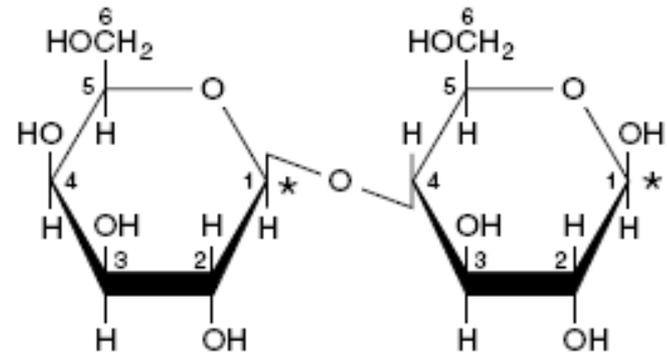
Dissacarídeos

Maltose



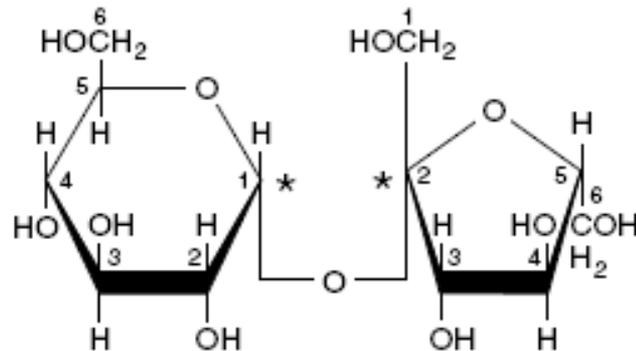
$O\text{-}\alpha\text{-D-Glucopyranosyl-(1}\rightarrow\text{4)-}\alpha\text{-D-glucopyranose}$

Lactose



$O\text{-}\beta\text{-D-Galactopyranosyl-(1}\rightarrow\text{4)-}\beta\text{-D-glucopyranose}$

Sacarose



$O\text{-}\alpha\text{-D-Glucopyranosyl-(1}\rightarrow\text{2)-}\beta\text{-D-fructofuranoside}$

Conteúdo de açúcares em frutas

Fruta	Sacarose*	Glicose*	Frutose*
Damasco	6.5	0.9	0.3
Banana	11.1	4.5	4.5
Cereja	0.5	8.0	4.6
Figo	traços	8.5	6.7
Manga	7.7	0.7	2.9
Limão	0.6	1.0	0.8
Laranja	4.2	2.2	2.5
Morango	1.0	2.2	2.5
Abacaxi	3.1	2.9	2.1
Abacate	0.1	0.5	0.2
Goiaba	1.0	1.2	1.9
Uva	0.7	6.5	6.1
Maçã	2.3	2.3	5.2
Pera	1.8	1.9	4.6
Pêssego	5.6	1.3	1.2

* g/100 g na Base úmida

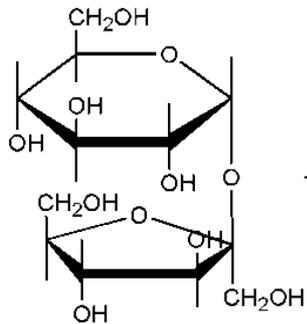
Conteúdo de açúcares em hortaliças

Hortaliça	Sacarose	Glicose	Frutose
Ervilha	4,99	0,12	0,39
Cenoura	3,59	0,59	0,55
Cebola	0,99	1,97	1,29
Couve-de-Bruxelas	0,46	0,81	0,93
Batata	0,17	0,31	0,26
Brocoli	0,11	0,10	0,17
Rabanete	0,10	1,05	0,71
Aspargo	0,23	0,65	1,00
Espinafre	0,07	0,11	0,15
Cogumelo (Portobelo)	0	2,26	0
Tomate	0,02	1,63	1,88
Batata-doce	2,53	0,96	0,7
Repolho roxo	0,60	1,74	1,48
Berinjela	0,26	1,58	1,54
Couve-flor	0	0,94	0,97

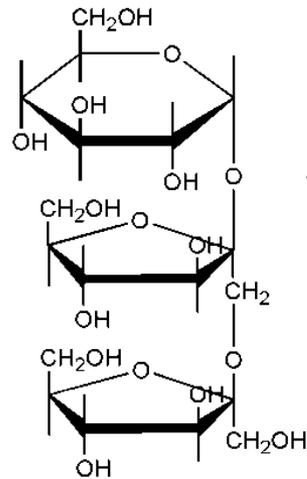
* g/100 g na Base úmida

Oligossacarídeos

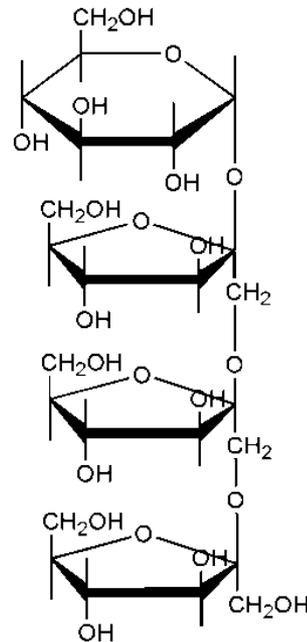
Frutoligossacarídeos (FOS)



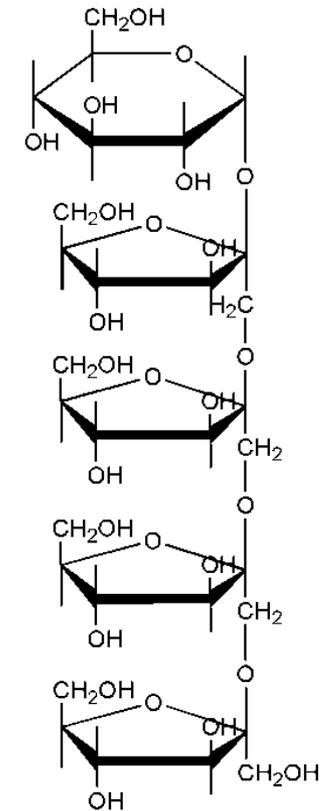
Sacarose



Cestose
(2 frutoses)



Nistose
(3 frutoses)



Fructofuranosil-nistose
(4 frutoses)

Oligossacarídeos

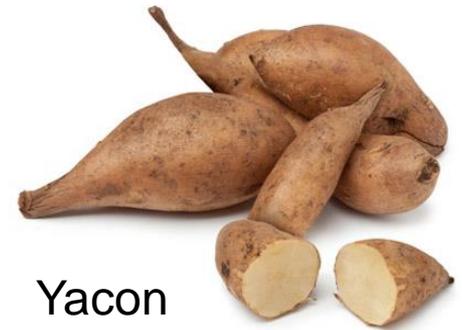
Alimentos que contém Frutoligossacarídeos (FOS)



Alho poró



Alcachofra de Jerusalém



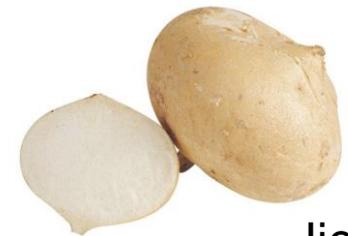
Yacon



Aspargo



Raiz de chicória



Jicama



Aveia

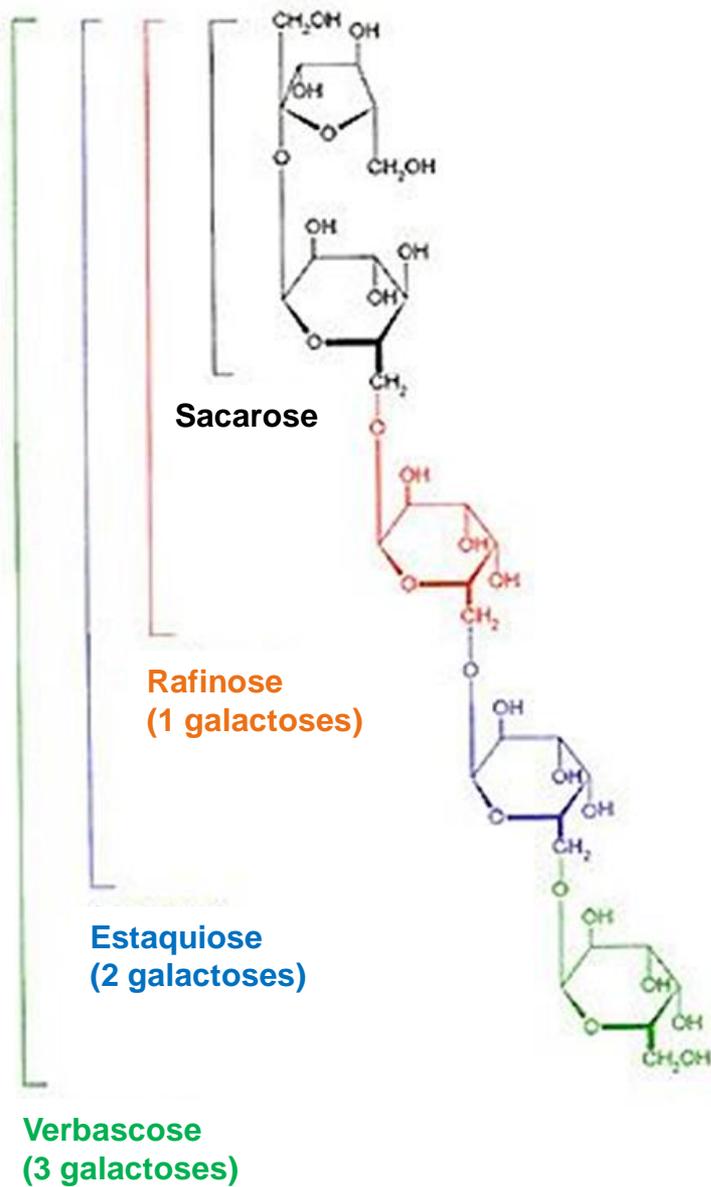


Cebola



Alho

Oligossacarídeos



*Galactoligossacarídeos
(GOS)*

Oligossacarídeos

Galactoligossacarídeos (GOS)



Lentilha



Grão-de-bico



Feijões



Favas



Ervilhas



Tremoço

Polissacarídeos

Polímeros de alto peso molecular (até 420 milhões de daltons) de estrutura complexa e variada que geram monossacarídeos após hidrólise por ácidos ou enzimas específicas.

Tipos:

Homopolissacarídeos (ex: amido, glicogênio)

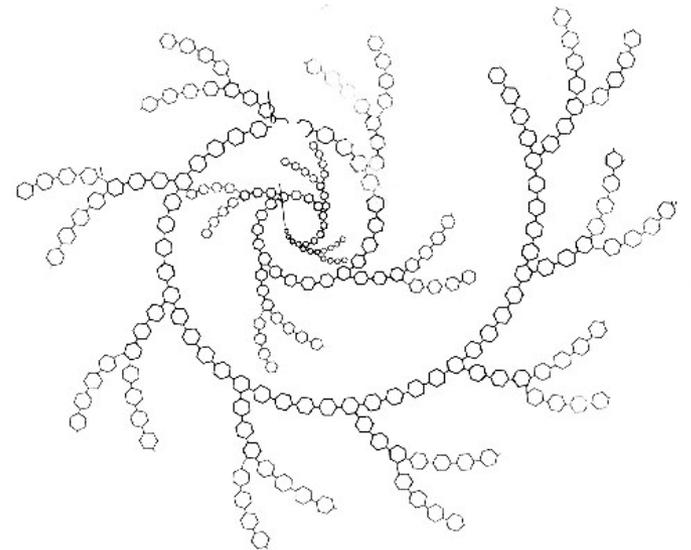
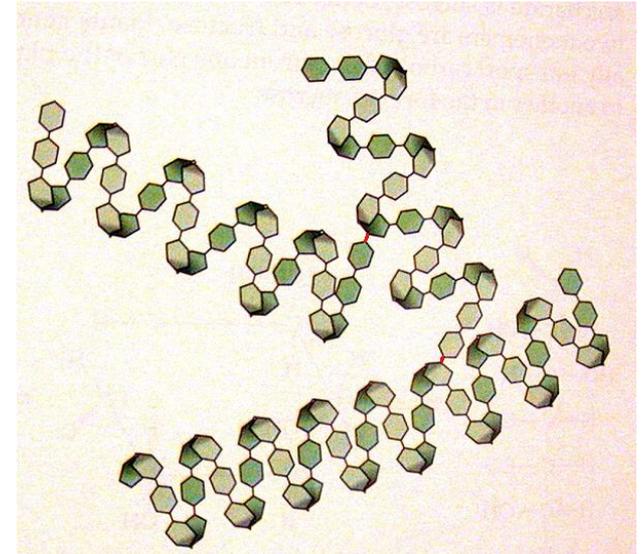
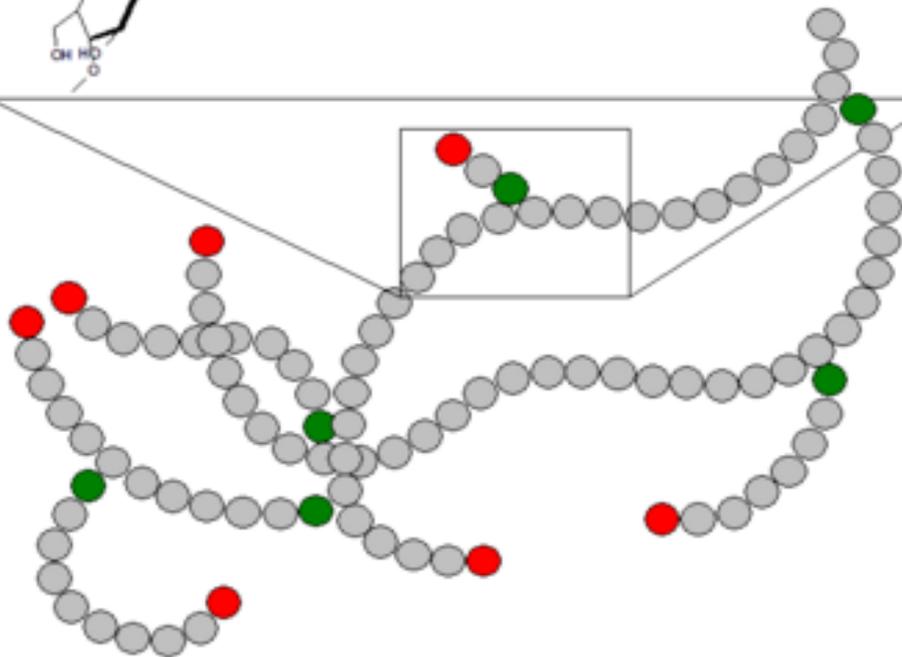
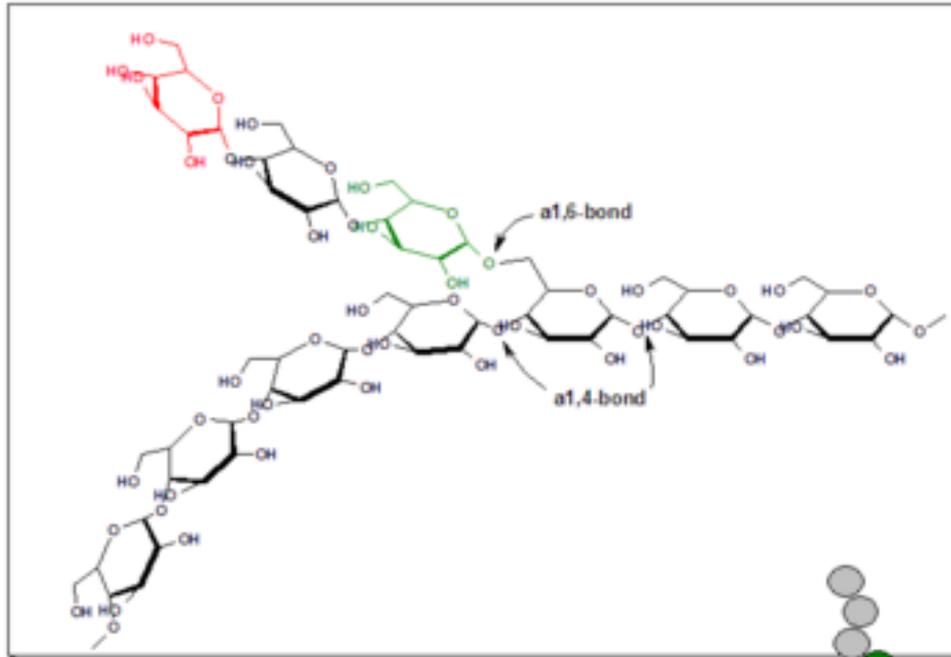
Heteropolissacarídeos (ex: pectinas)

Amido e Glicogênio

Homopolissacarídeos formados por unidades de glicose.

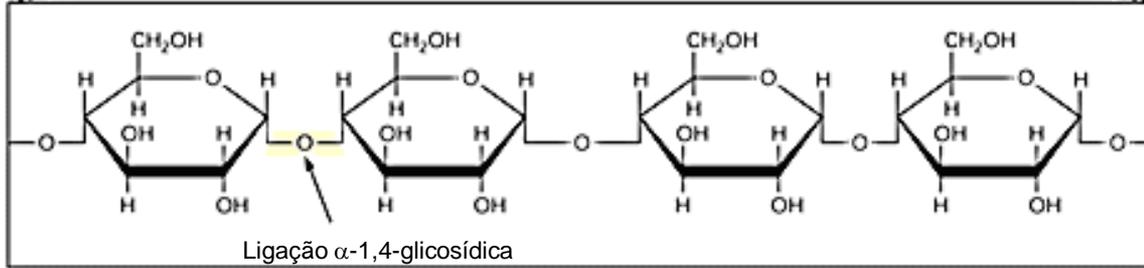
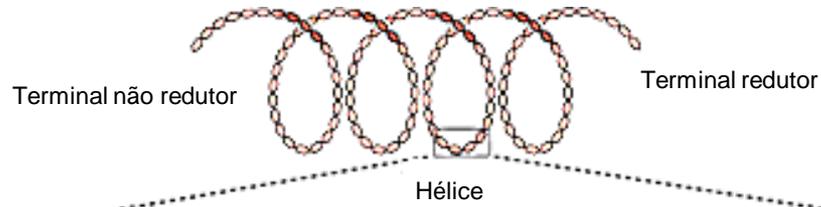
Tais unidades estão arranjadas em macroestruturas lineares e ramificadas que se organizam em uma estrutura maior e complexa.

Glicogênio

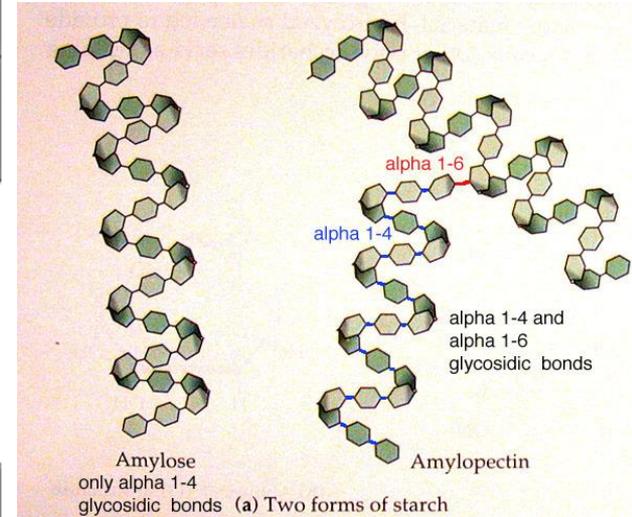
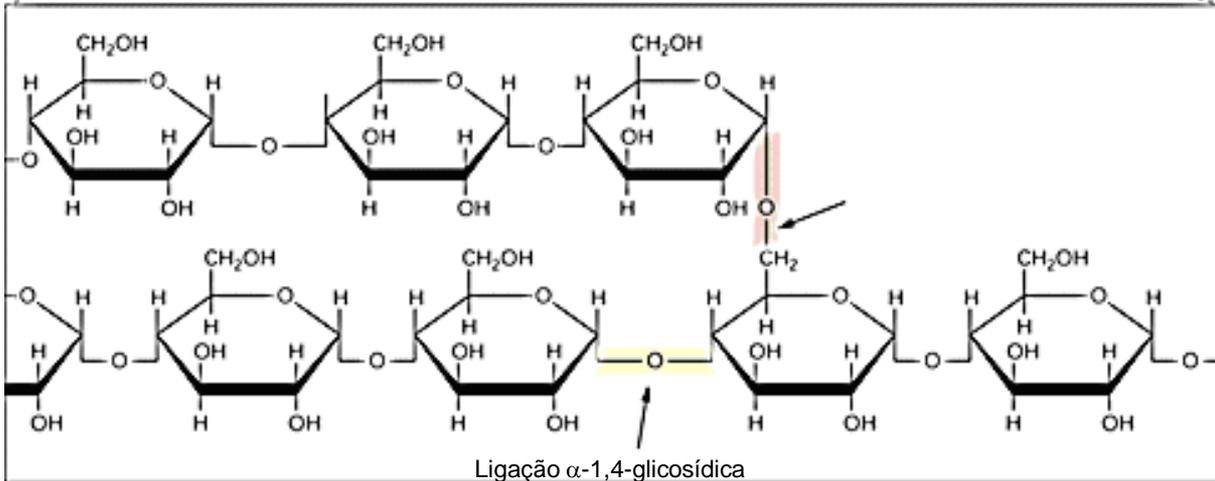
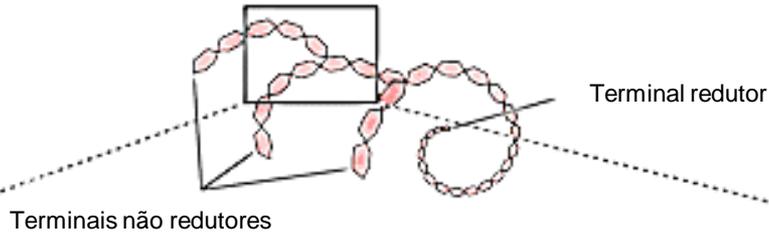


Amido

Amilose



Amilopectina

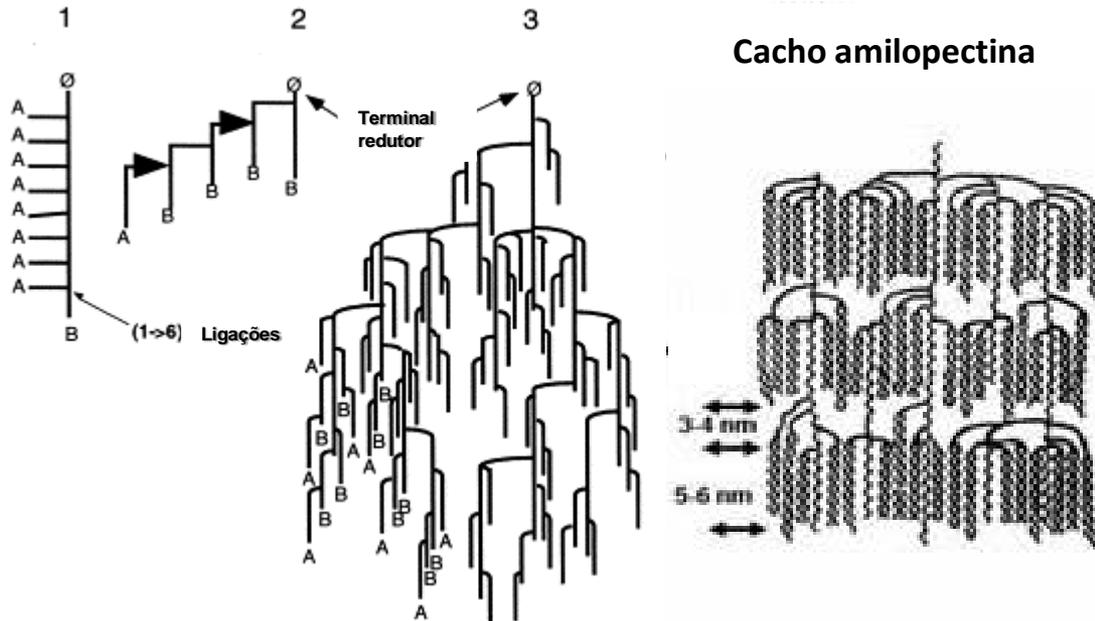


COMPONENTES ESTRUTURAIS

Amilopectina

Amilopectina = **crystalinidade** do grânulo de amido
70 a 100% do grânulo

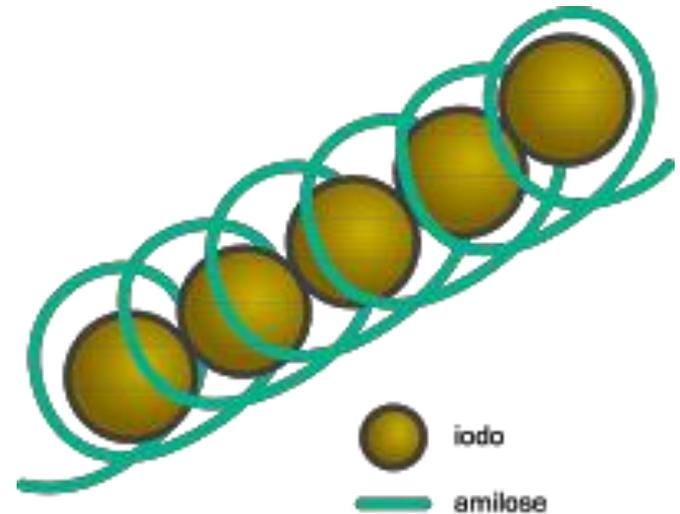
~1 milhão D-glicose unidas por ligações α -(1,4) e ramificações α -(1,6)



COMPONENTES ESTRUTURAIS

Características da AMILOSE

- ✓ 250-2000 resíduos de α -glicose em ligação α -(1,4)
- ✓ Alta tendência a retrogradar, forma géis fortes e firmes
- ✓ Iodeto reage com amilose formando complexo de cor azul
- ✓ IG inversamente proporcional ao teor de amilose



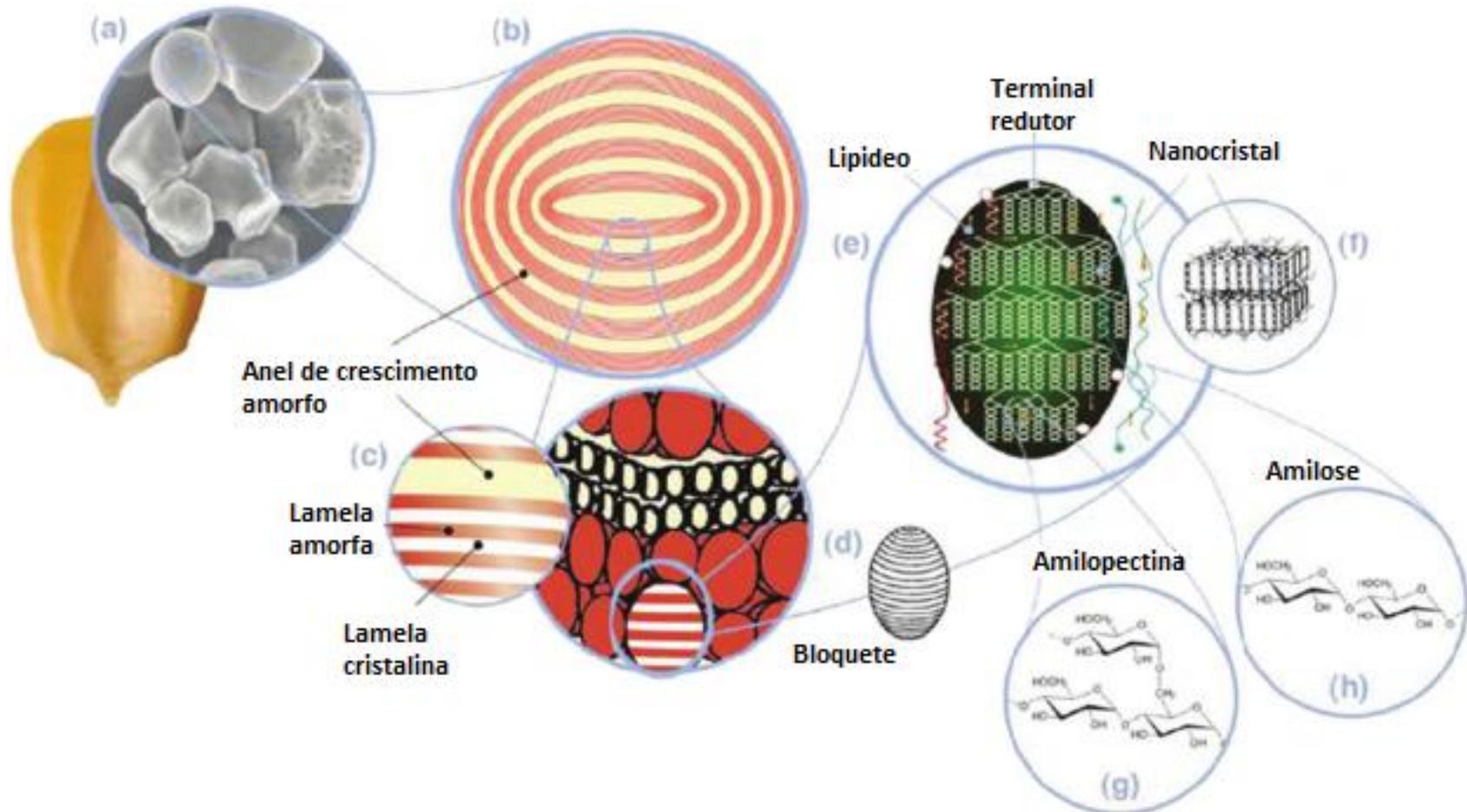
Mutantes:

Baixo teor = amido ceroso de milho, amido de arroz

Alto teor = amido de milho ou trigo

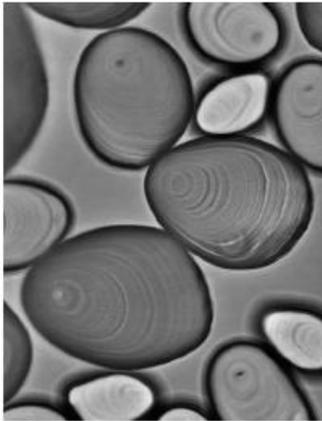
Amido

O grânulo de amido é uma macroestrutura muito organizada

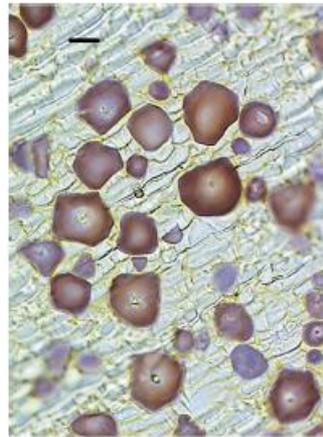


Amido

Os grânulos de amido variam de forma e tamanho de espécie para espécie



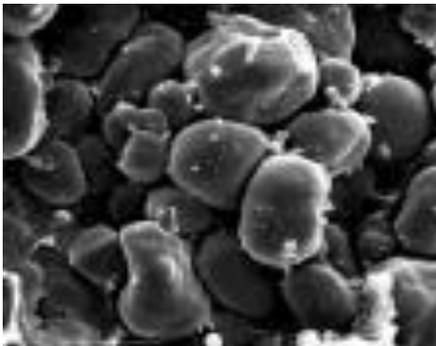
Batata



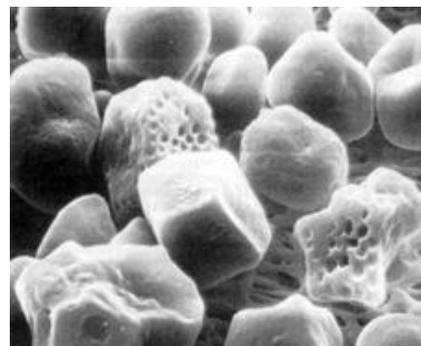
Milho



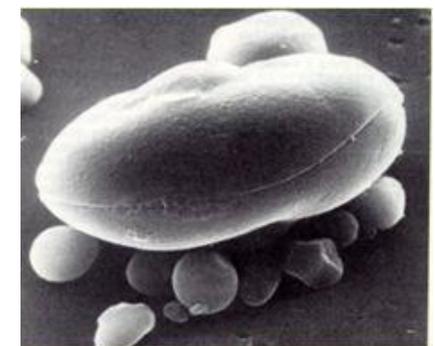
Batata-doce



Arroz



Milho



Trigo

Amido em cereais, tubérculos e raízes

<i>Produto</i>	<i>Amido</i>
Arroz parboilizado	73.83
Arroz branco	73.77
Arroz vermelho	72.51
Farinha de trigo integral	57.77
Quinoa	52.22
Amaranto	16.23
Batata	15.29
Batata-doce	12.65
Cenoura	1.43

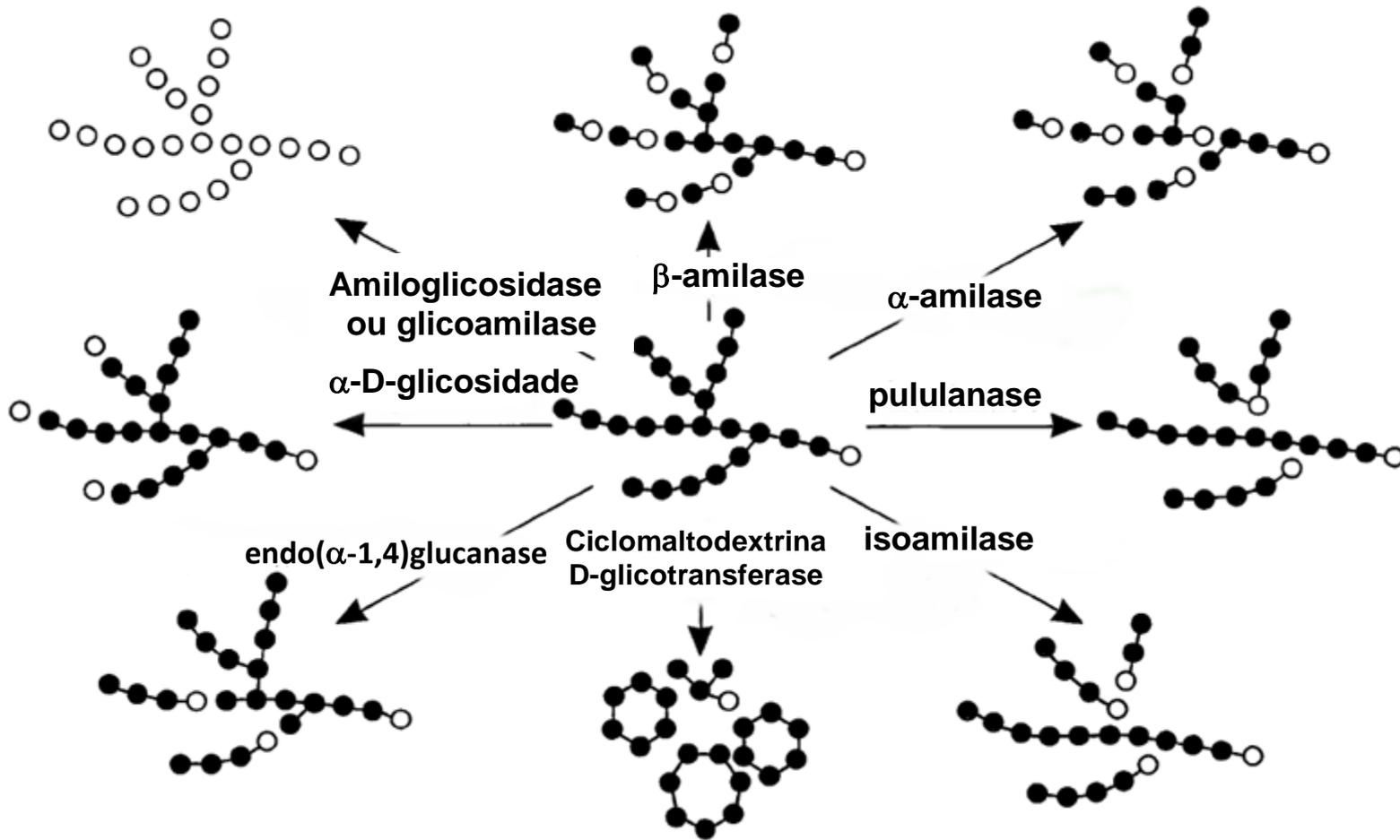
* g/100 g na Base úmida

Frutos que contém amido quando verdes

<i>Fruto</i>	<i>Amido</i>
Plátanos (ex: Banana da terra)	35.7
Banana verde	22.5
Jaca verde	7.5
Kiwi verde	5.8
Maçã verde (não madura)	5.5
Manga verde	8.7
Atemóia	25.3

* g/100 g na Base úmida

Enzimas que degradam amido



Propriedades dos Carboidratos

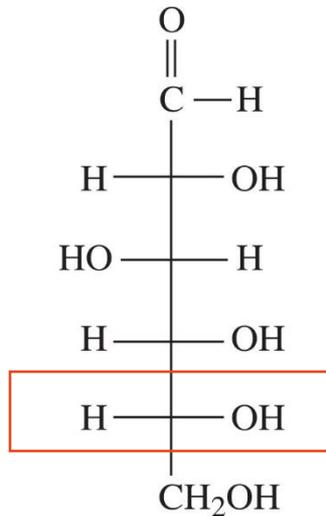
Isomeria entre monossacarídeos

- Representando estereoisômeros - a projeção Fischer
- Todos os D-açúcares têm a -OH no carbono quiral mais distante da carbonila no lado direito da molécula.
- Todos os L-açúcares têm o -OH no carbono quiral mais distante da carbonila no lado esquerdo da molécula.
- Os açúcares na conformação D são mais abundantes.

Isomeria entre monossacarídeos

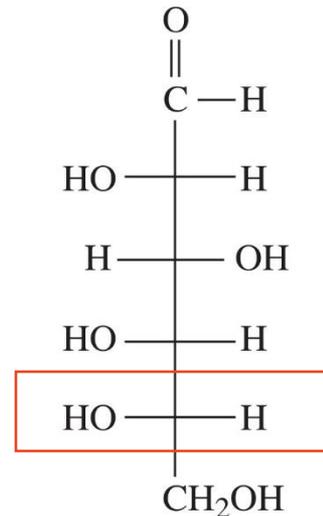
Enantiômeros

- As moléculas são representadas como se houvesse um espelho colocado entre elas
- Sendo a imagem espelhada uma da outras, açúcares deste tipo são chamados de **enantiômeros**
- Os **enantiômeros** de D e L-glucose são:



D-Glucose

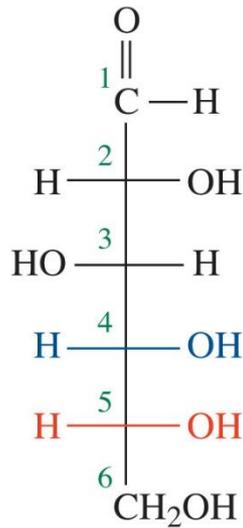
© 2011 Pearson Education, Inc.



L-Glucose

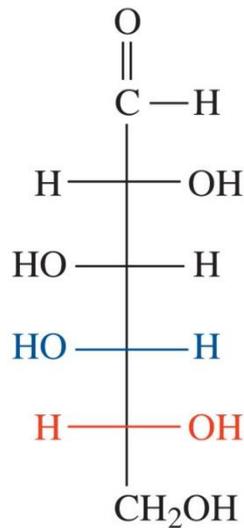
Isomeria entre monossacarídeos

Epímeros

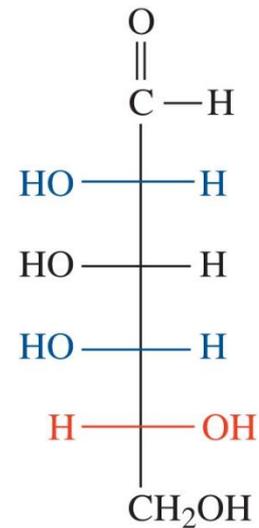


D-Glucose

© 2011 Pearson Education, Inc.



D-Galactose

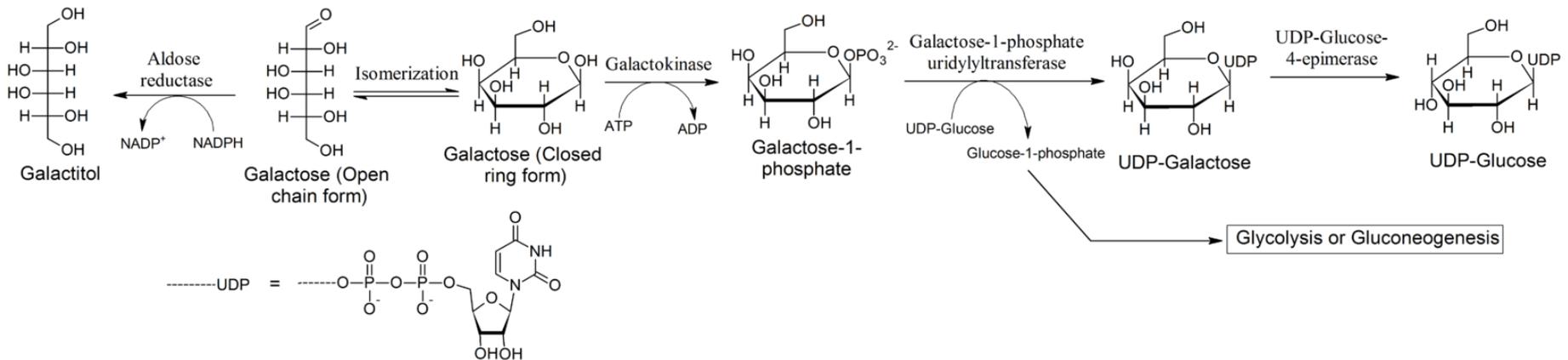


D-Talose

- A posição de um grupo OH em centro quiral no carbono 4 é oposta na galactose em relação a glucose.
- Isso faz com que a **galactose seja um diastereoisômero da glicose**,
- Neste caso, a glicose e a galactose são **EPÍMEROS** = diastereoisômeros de um único carbono quiral.
- A talose **não** é um epímero da glicose, pois possui -OH em posições diferentes no C2 e no C4

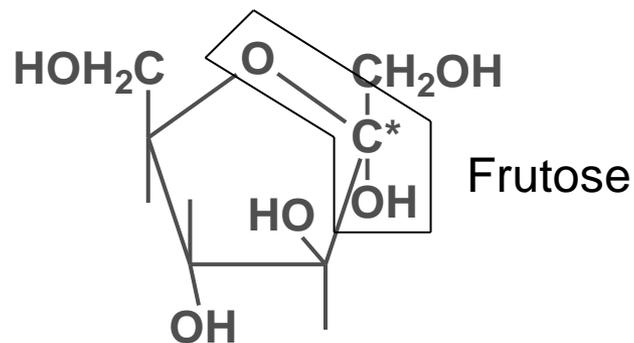
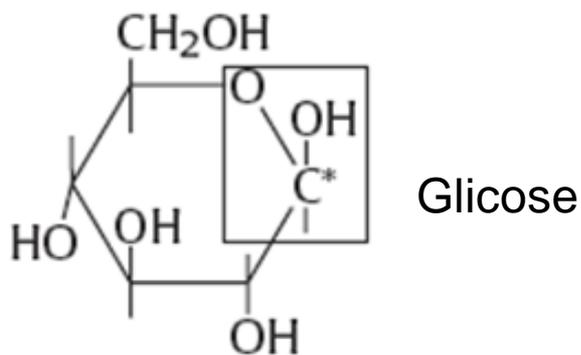
Isomeria entre monossacarídeos

- Por ação da galactoquinase, galactose-1-fosfato uridililtransferase e UDP-Glicose-4-epimerase, a galactose é convertida a glicose no trato gastrointestinal. Esta via metabólica é conhecida como via de Leloir
- A deficiência em uma destas enzimas é conhecida como galactosemia, um acúmulo de níveis tóxicos de metabólitos da galactose, como galactitol ou galactose-1-fosfato, dependendo da enzima da qual o portador é deficiente.
- Consequências – Hepatomegalia, cirrose, falência renal, catarata, letargia e danos neurológicos.

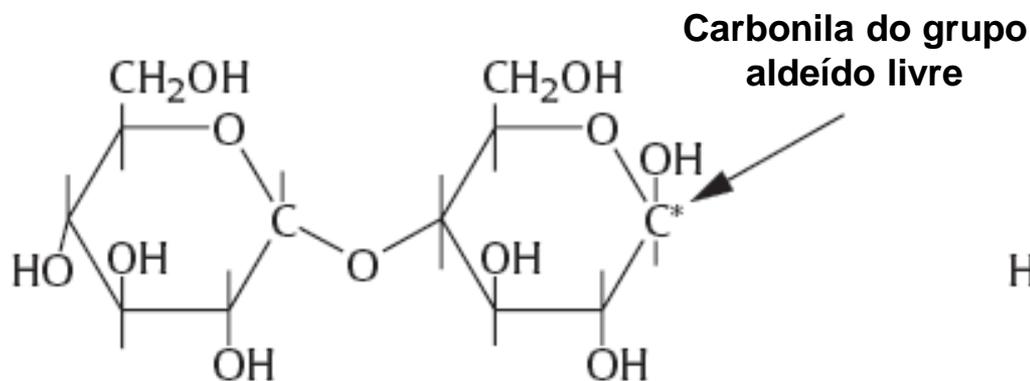


Açúcares redutores e não redutores

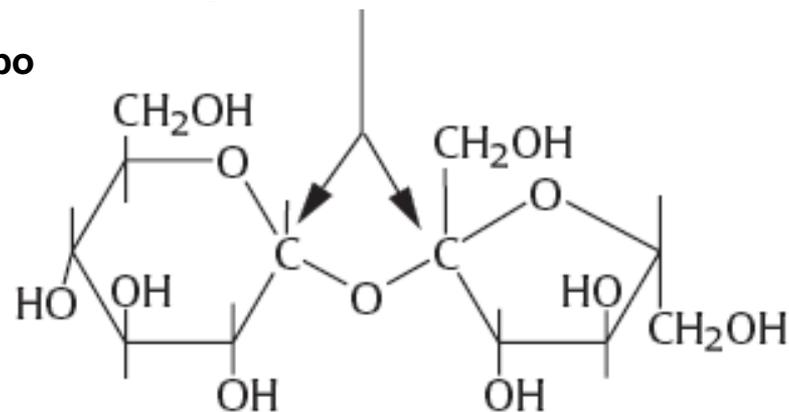
- São açúcares com um grupo carbonila que se oxida e origina um ácido carboxílico.



Nenhuma carbonila do grupo aldeído livre



Maltose – um dissacarídeo redutor



Sacarose – um dissacarídeo não-redutor

Açúcares redutores e não redutores

- Açúcares redutores reagem com aminoácidos básicos (Lys e Arg), sob aquecimento, iniciando reações que levam ao escurecimento do produto. Fenômeno conhecido como Escurecimento não-enzimático ou Reação de Maillard.
- Exemplos em alimentos: cor em carnes assadas, crosta do pão, torradas, biscoitos, doce de leite, cebolas caramelizadas.

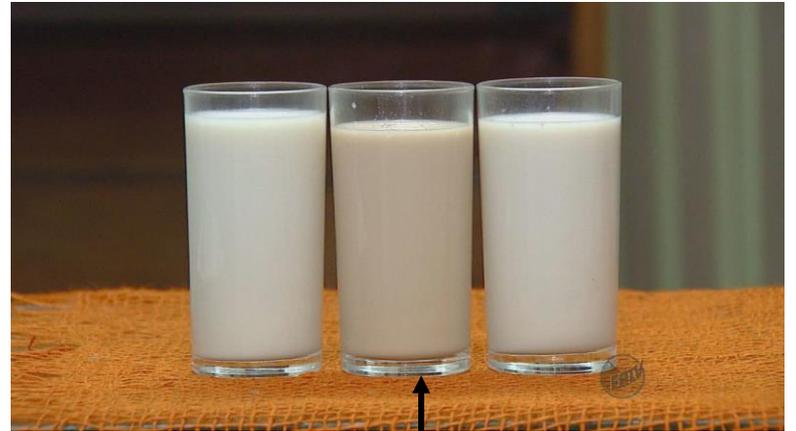




Doce de leite



Cebolas caramelizadas

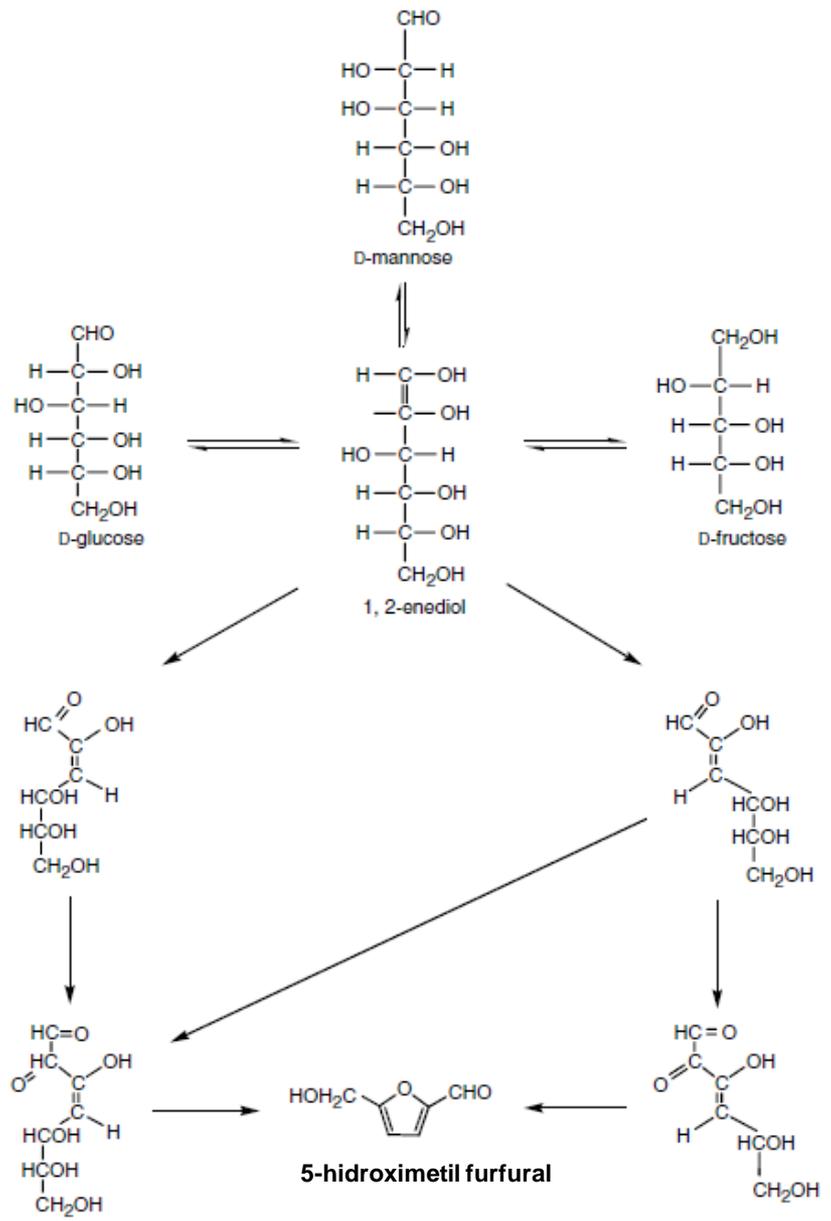
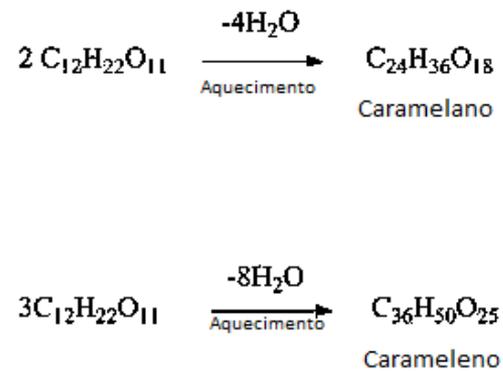


Leite com Lactose reduzida

Caramelização



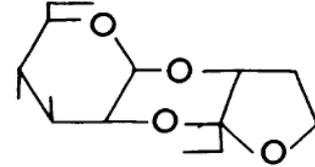
- O primeiro passo envolve a conversão de glicose, frutose e manose para 1,2-enediois, os quais após um aquecimento adicional são submetidos a reações de desidratação levando à formação de 5-hidroximetilfurfural.
- A polimerização de derivados furfurais leva à formação do pigmento colorido denominado **caramelano**



Caramelização

Fases

I estágio – formação de açúcares anidro 30 min (150-170°C), 4.5% perda de água; dimerização – formação de isosacrosano



II estágio – formação de caramelano – 50 min (180°C), 9% perda de água
Solúvel em água e etanol; sabor amargo; temp. de fusão = 138°C



III estágio – formação de carameleno – 80 min (180°C), 14% perda de água
Soluble em água; sabor agridoce; temp. de fusão = 154°C



IV estágio – formação de caramelina – 110 min (180°C),
Pouco solúvel em água; composição básica $\text{C}_{125}\text{H}_{188}\text{O}_{80}$

Caramelização da sacarose

Ponto		T, °C	Descrição	Imagem
1	Evaporação da água	100	Açúcar é fundido e impurezas sobem à superfície	
2	<i>Fio fino</i>	102	Sem cor, macio ao resfriar, sem mudança de sabor. Usado para glacear frutas.	
3	<i>Fio grosso</i>	104	Sem cor, macio ao resfriar, sem mudança de sabor. Usado em glacê	
4	<i>Pérola pequena</i>	110 - 115	Sem cor, semi-macio ao resfriar, sem mudança de sabor. Usado em recheios cremosos, fondant, fudge (doce cremoso), marshmallow	
5	<i>Pérola grande</i>	119 - 122	Sem cor, firme ao resfriar, sem mudança de sabor. Usado em balas macias	
6	<i>Bala mole</i>	129	Sem cor, firme ao resfriar, sem mudança de sabor. Usado em balas semi-duras.	
7	<i>Bala dura</i>	150	Sem cor, duro ao resfriar, sem mudança de sabor. Usado em balas semi-duras.	

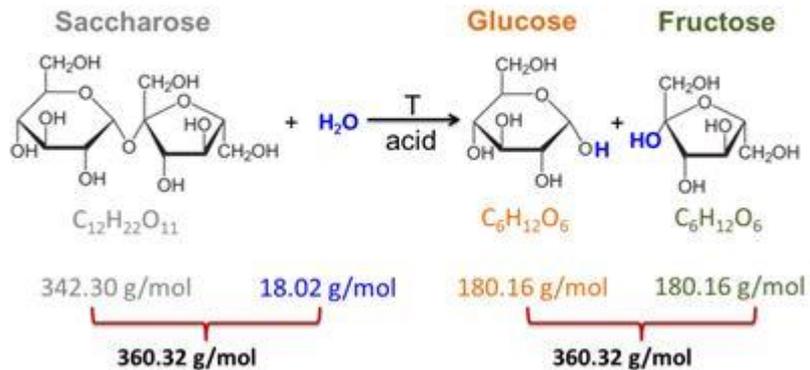
Caramelização da sacarose

8	<i>Bala extra dura</i>	155	Cor leve; quebra-se como vidro durante o resfriamento; sem mudança de sabor. Usado em doces duros	
9	<i>Caramelo leve</i>	160-165	Âmbar pálido a dourado; rico em sabor.	
10	<i>Caramelo médio</i>	170	Castanho dourado a castanho; rico em sabor	
11	<i>Caramelo escuro</i>	177	Muito escuro e amargo; cheiro de queimado. Usado para colorir, mas falta a doçura apropriada;	
12	Black Jack	210	O açúcar começa a carbonizar. Sabor de queimado	



Açúcar Invertido

- Obtido pelo aquecimento da sacarose em água, na presença ou não de ácido
- Trata-se da hidrólise da sacarose a glicose e frutose



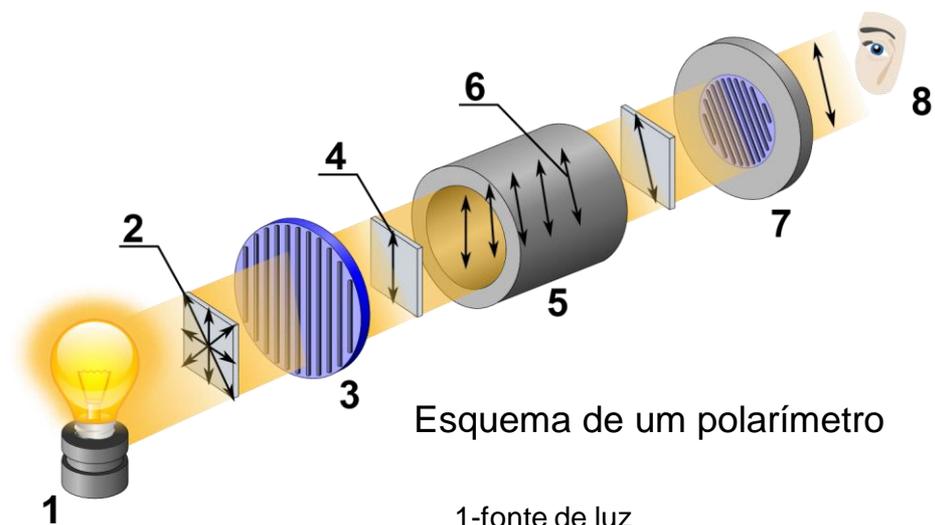
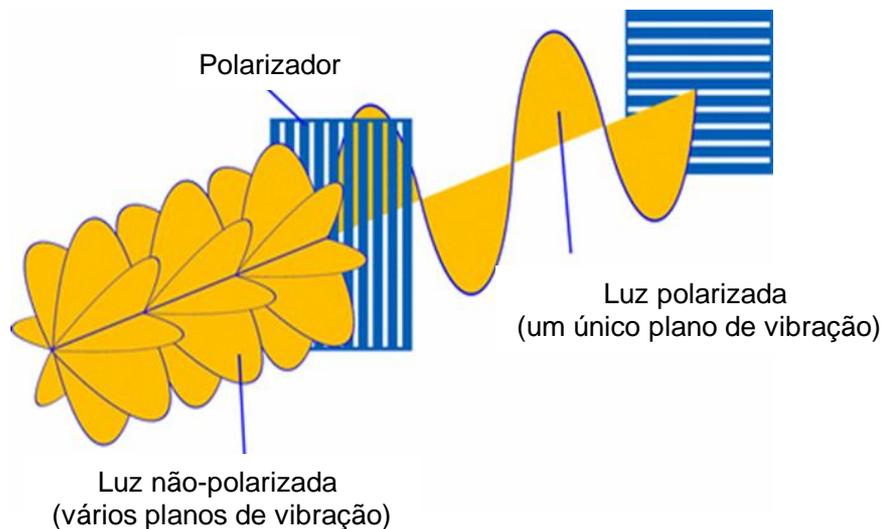
Uso em:

- Produtos industrializados
- Confeitaria
- Bebidas
- Sorvetes
- Em preparações caseiras (uma calda de açúcar terá inversão parcial do açúcar)

Açúcar Invertido

Porque “Invertido”?

Quando se incide luz polarizada sobre uma solução de sacarose, em um polarímetro, o ângulo de rotação obtido é $+66.5$



- 1-fonte de luz
- 2-luz não polarizada
- 3-polarizador
- 4-filtro
- 5-célula da amostra
- 6-solução da amostra
- 7-detector
- 8-leitura do ângulo de rotação

Açúcar Invertido

Porque “Invertido”?

- Com a hidrólise da sacarose, tem-se uma mistura de:
- Glicose – ângulo de rotação: +52.7
- Frutose – ângulo de rotação: -92
- Como a mistura final será meio a meio, glicose e frutose, temos:

$$\frac{52.7 - 92}{2} = -19,7$$

Assim, a solução de açúcar que antes tinha rotação +66.5 passa a ter uma **inversão da rotação** para -19.7



Açúcar Invertido

E qual a vantagem no uso?

- O açúcar invertido é mais doce do que a sacarose

<i>(Sucrose = 1)</i>	
Lactose	0.16
Galactose	0.32
Maltose	0.33
Glucose	0.74
Sucrose	1.00
Invert Sugar	1.25
Fructose	1.73
Sodium cyclamate	30
Aspartame	180
Saccharin	450
Sucralose	600

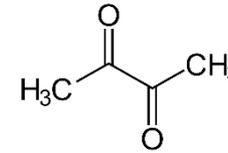


- Não cristaliza.
- Mesmo adicionado a um produto que contenha sacarose ou lactose, o açúcar invertido interfere com a formação de cristais (conferem sensação arenosa na boca)

Caramelização

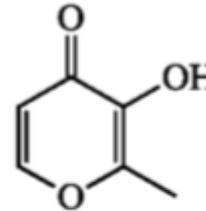
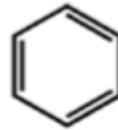


diacetila (ou 2,3-butanodiona)

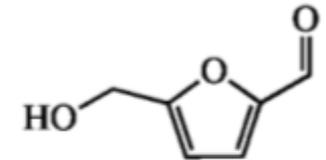
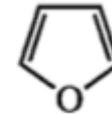


maltol (gosto de caramelo)

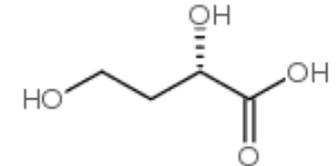
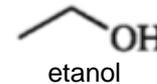
benzeno



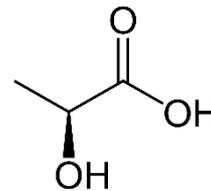
furano



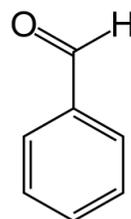
5-hidroxi metil furfural (HMF)



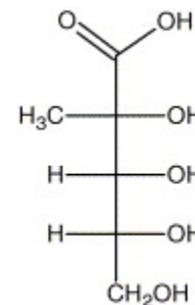
ácido 2,4- dihidróxi butírico



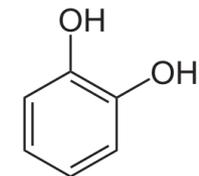
ácido láctico



benzaldeído



ácido sacarínico

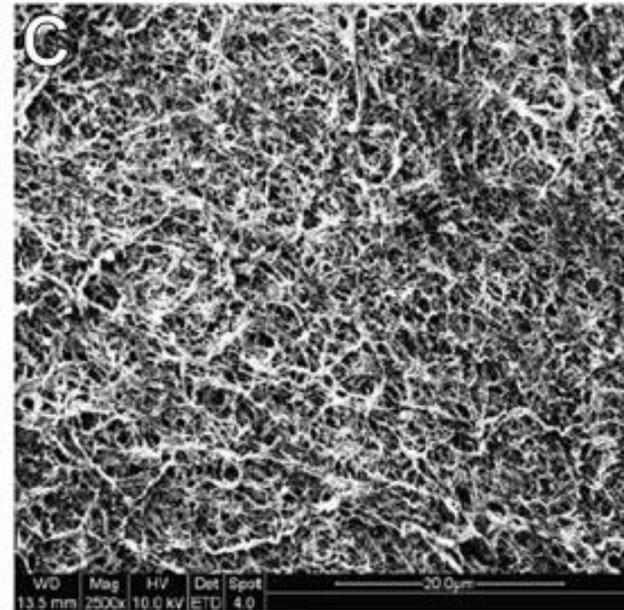
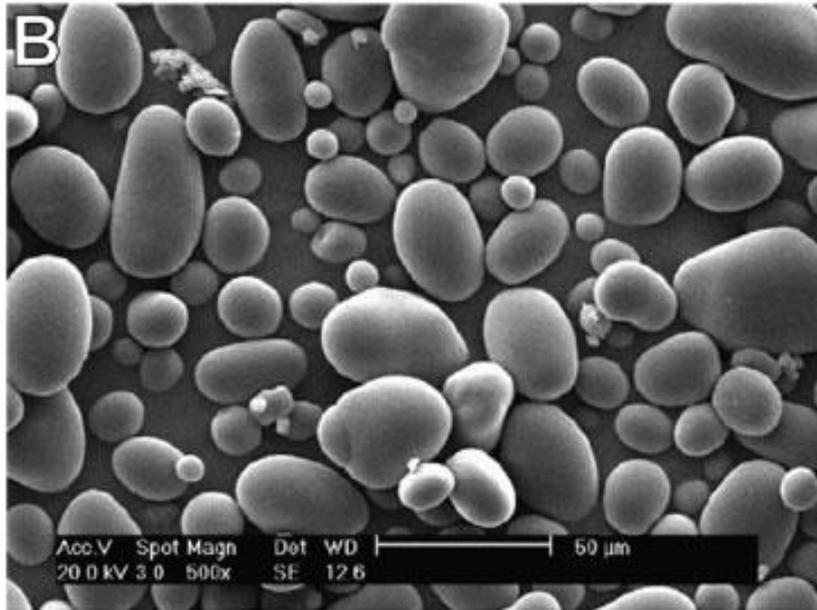
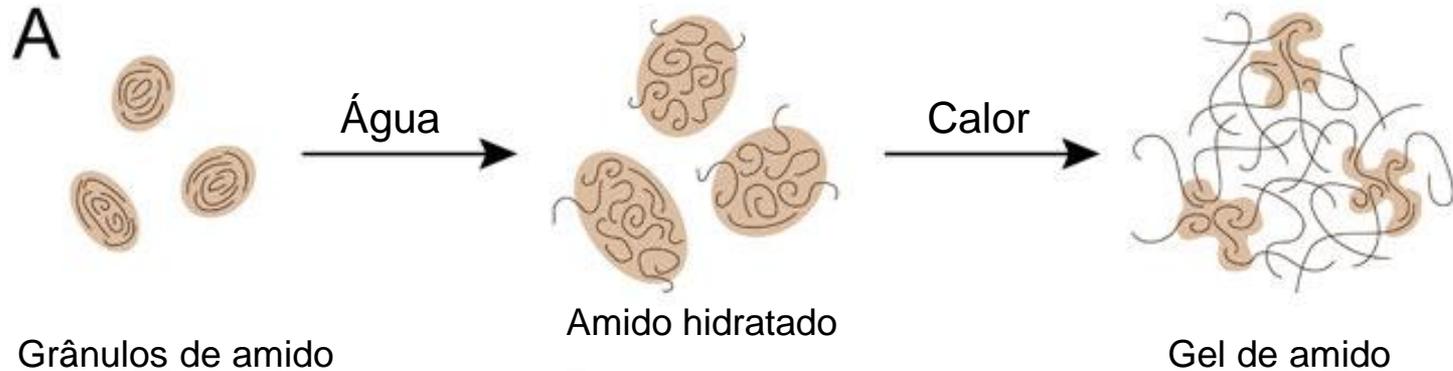


catecol

- O 1,2-enediol pode sofrer clivagem e fragmentação levando a formação de vários compostos aromáticos tais como ácido sacaránico, ácido láctico, ácido 2,4-dihidroxibutírico, álcool etílico e compostos aromáticos, como maltol, catecol, benzeno, benzaldeído, HMF e furano.

- 
- Géis de amido

Formação de géis de amido



Formação de géis de amido

Amido – aquecimento em água

30oC



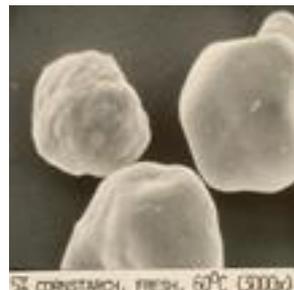
40oC



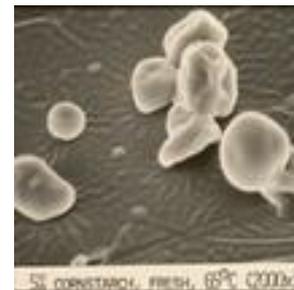
50oC



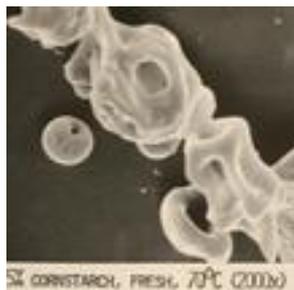
60oC



65oC



70oC



75oC



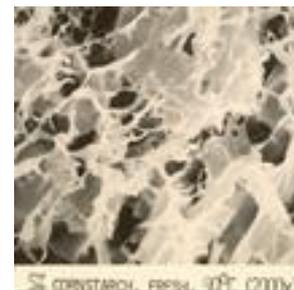
80oC



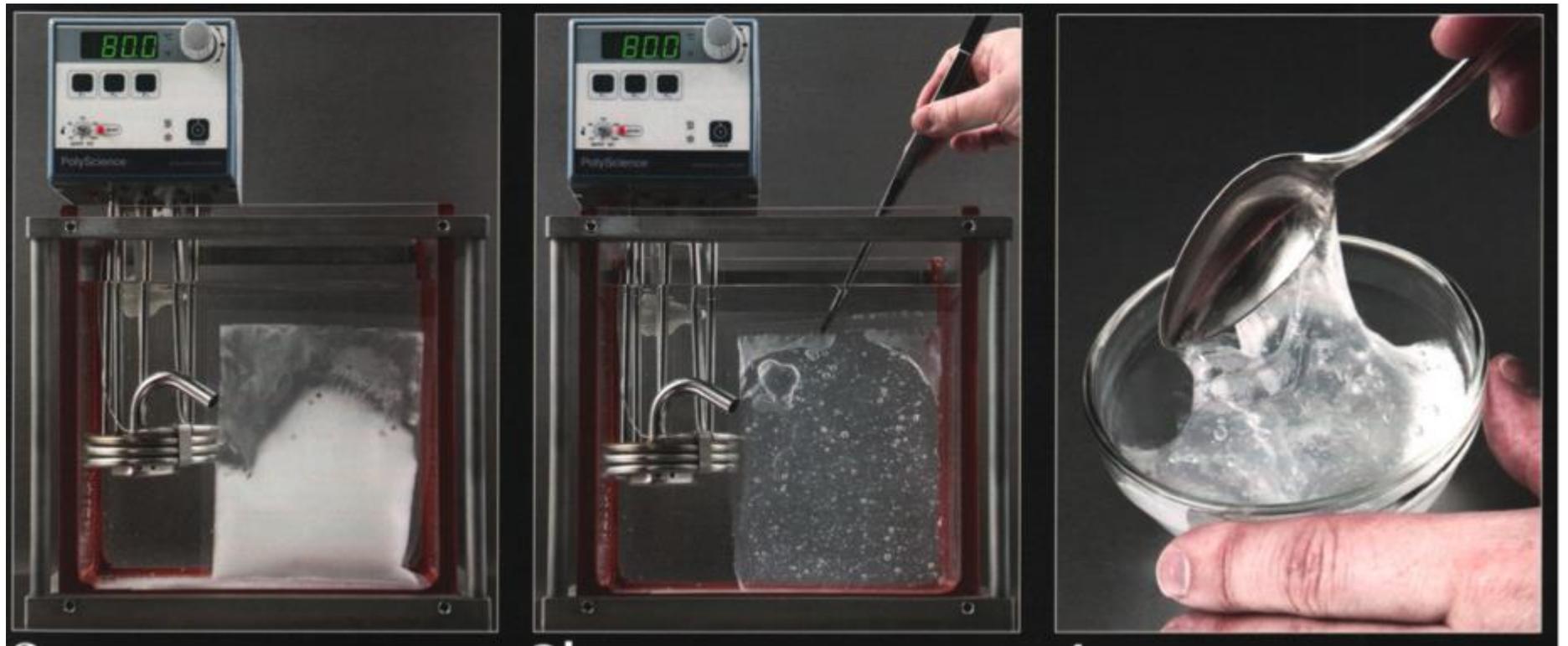
85oC



90oC



Formação de géis de amido



Fatores que afetam a formação de géis de amido

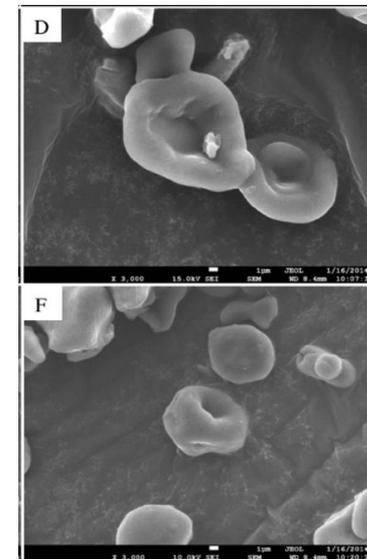
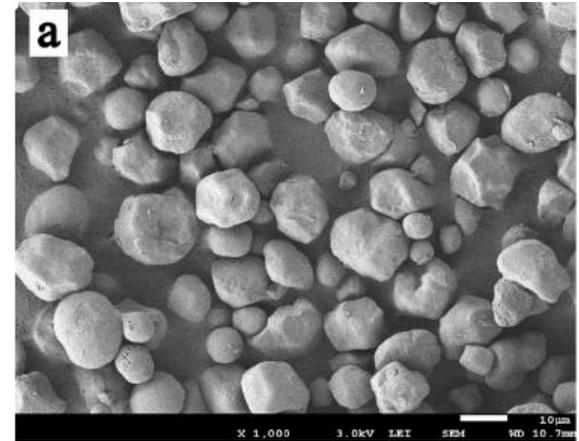
- Açúcar
 - Compete pela água, diminuindo a capacidade de formação e a força do gel
- Acidez
 - Hidrolisa ligações glicosídicas sensíveis ao ácido (ligações α -1,4), gerando pequenos malto-oligossacarídeos (pequenas cadeias resultantes da quebra da amilose ou amilopectina) e diminuindo a força do gel.
- Agitação intensa (mixer, por exemplo)
 - Colapsa os grânulos na fase de hidratação, levando a uma hidratação ineficiente e diminuindo a capacidade de formação do gel.

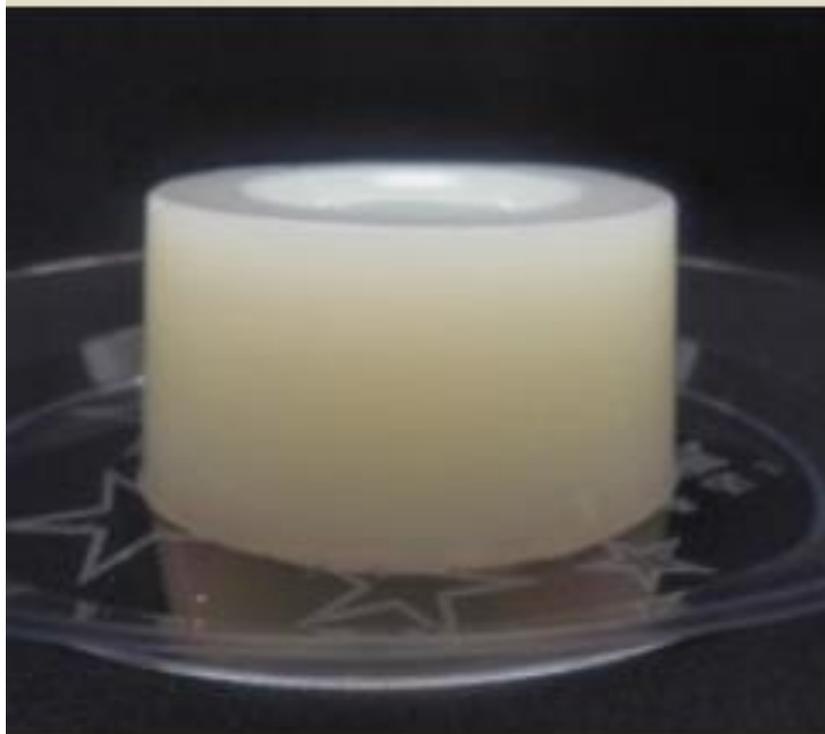
Tipos de amido

- Normal
 - Relação Amilopectina:Amilose = 3:1

- Ceroso
 - 100% Amilopectina
 - Muito usado como espessante
 - Aspecto cremoso aos produtos onde é incorporado

- Alto teor de amilose
 - 60-85% Amilose
 - Usado na formação de filmes de amido
 - Quando retrogradado, é resistente a digestão.





Amido de Milho
obtido a partir do milho comum

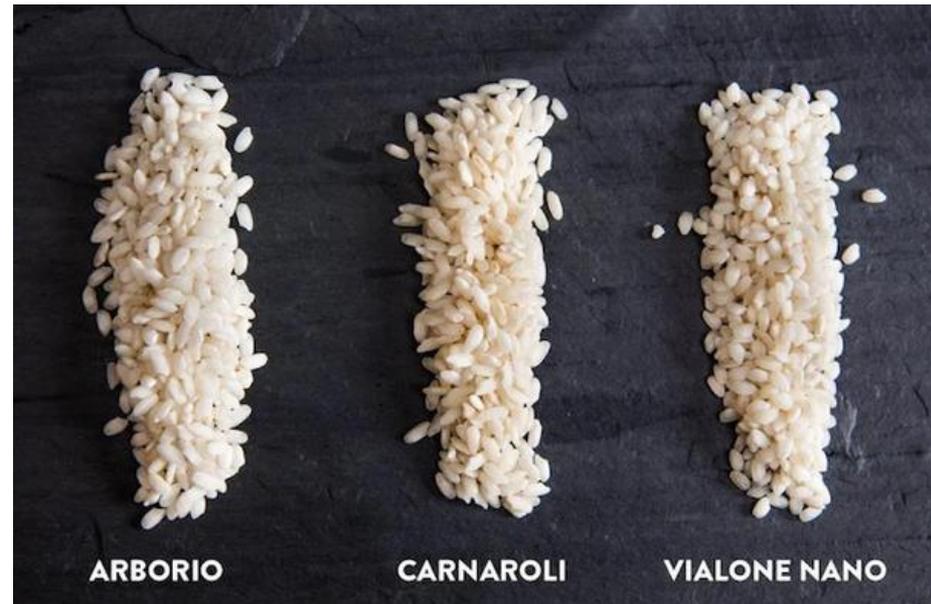


Amido ceroso de milho
obtido a partir de variedade mutante de
milho com muito baixo teor de amilose

E por falar em Amilose.....



Risotto alla milanese



ARBORIO

CARNAROLI

VIALONE NANO

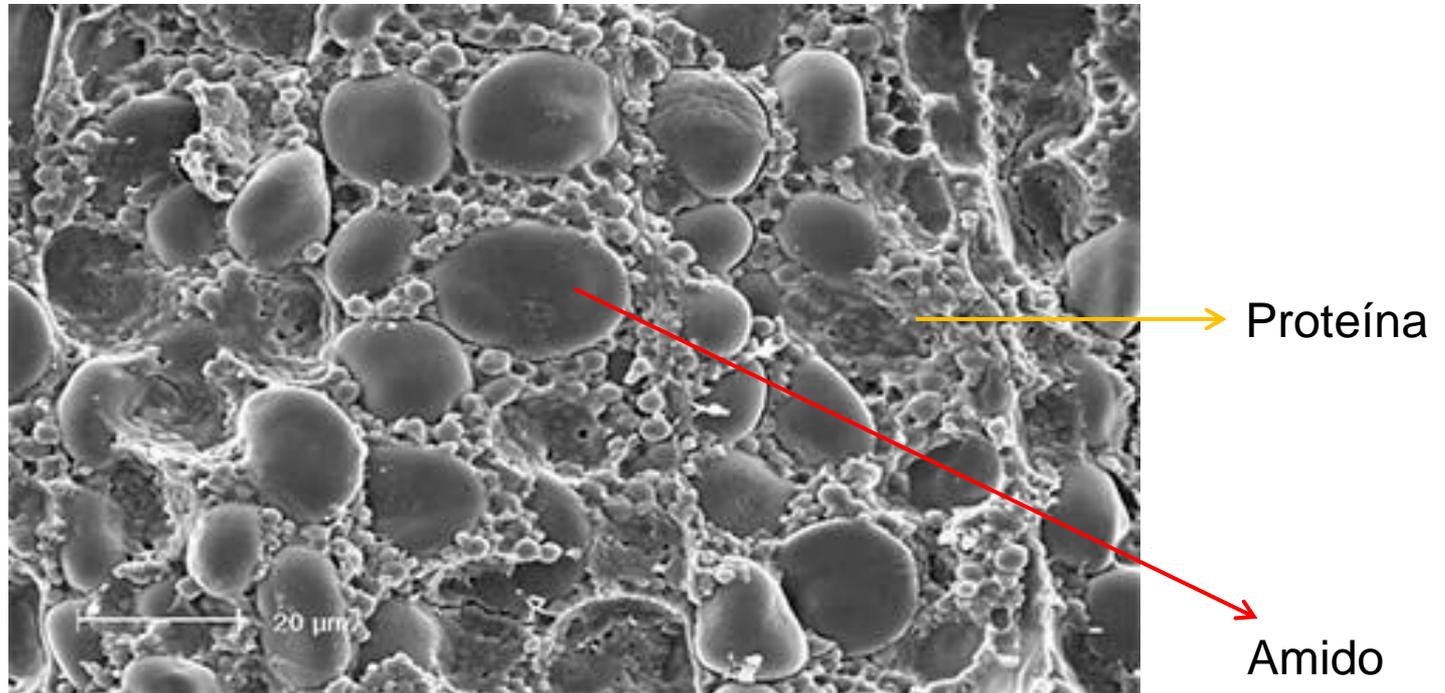


Amido Resistente

- **Tipo 1:** Fisicamente ligado à matriz dos alimentos
- **Tipo 2:** Nativo presente nos alimentos crus
- **Tipo 3:** Formado nos alimentos processados – Amido Retrogradado
- **Tipo 4:** Quimicamente modificado

Amido Resistente

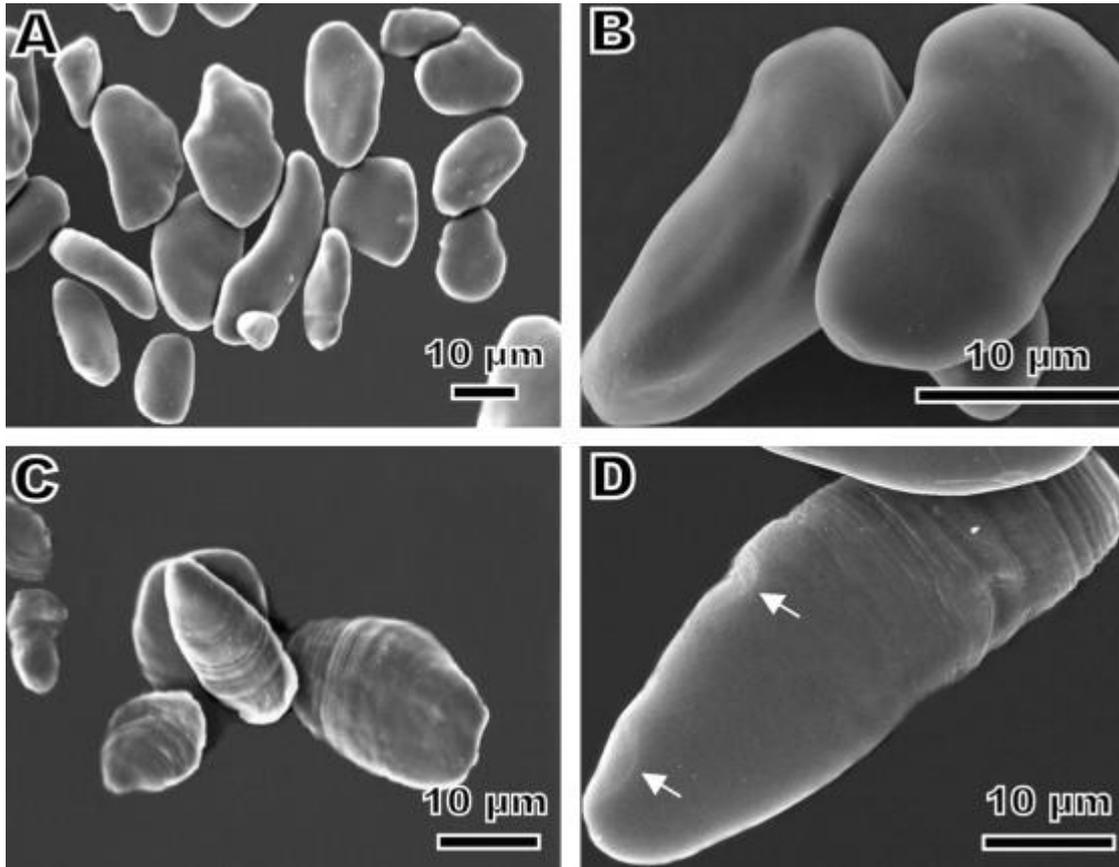
Tipo 1: Fisicamente ligado à matriz dos alimentos



Grânulos de amido de milho em uma matriz protéica

Amido Resistente

Tipo 2: Nativo presente nos alimentos crus



Amido de banana

Em algumas variedades, como a banana da Terra, devido a estrutura e organização das cadeias de amilopectina e amilose no grânulo, o amido é naturalmente resistente a digestão enzimática.

- * Aquecimento torna este tipo de amido digerível
- * Biomassa ou farinha de banana feita com aquecimento praticamente não tem amido resistente

Amido Resistente

Tipo 3: Formado nos alimentos processados – Amido Retrogradado



Purê de batatas

Amido Resistente

Tipo 3: Formado nos alimentos processados – Amido Retrogradado

Amido - aquecimento

30oC



40oC



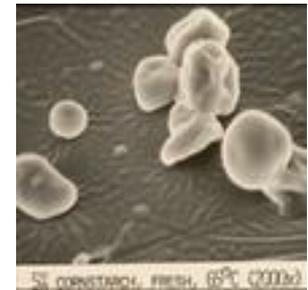
50oC



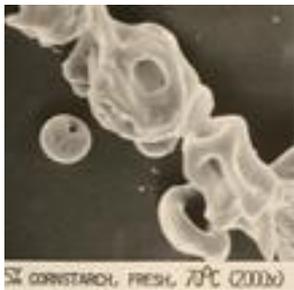
60oC



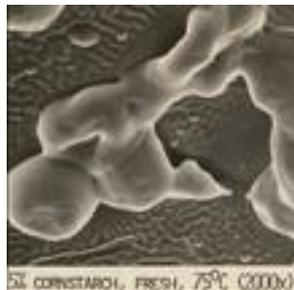
65oC



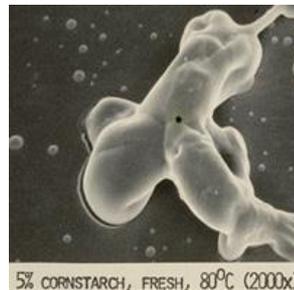
70oC



75oC



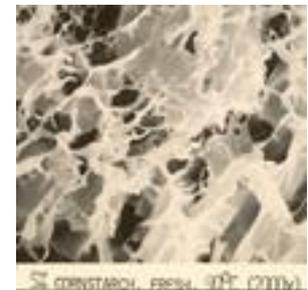
80oC



85oC

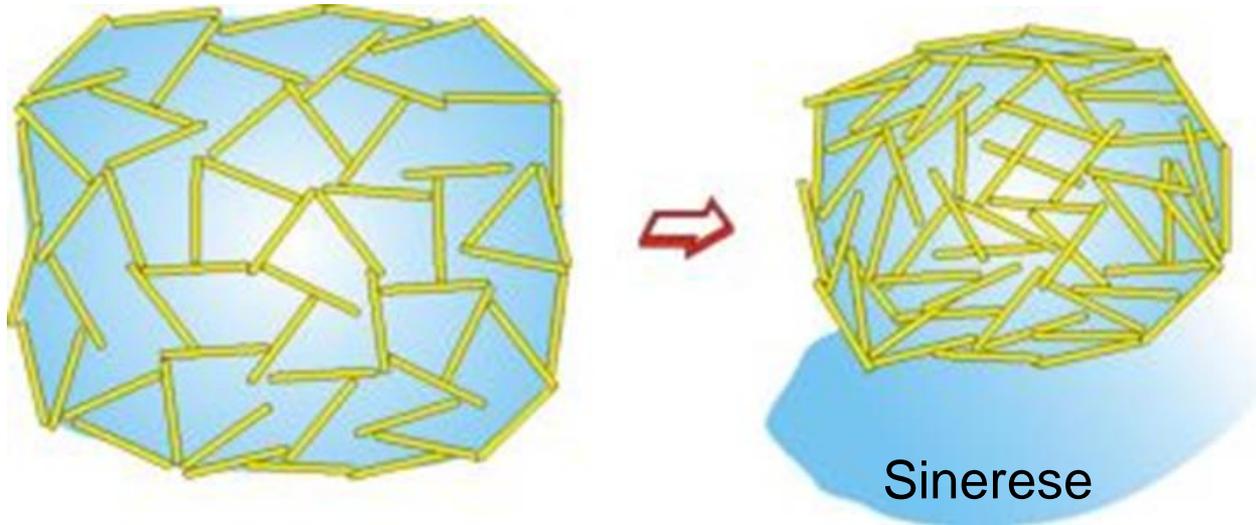


90oC

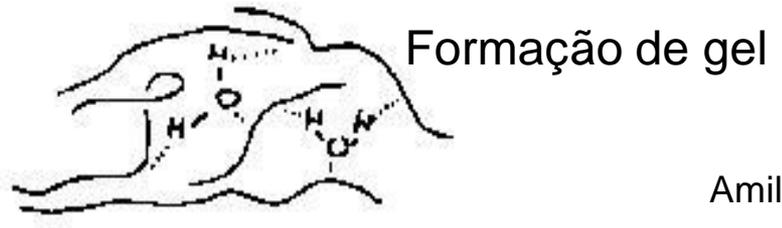
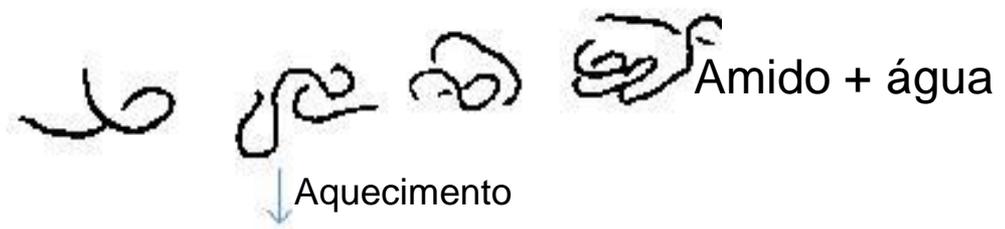


Amido Resistente

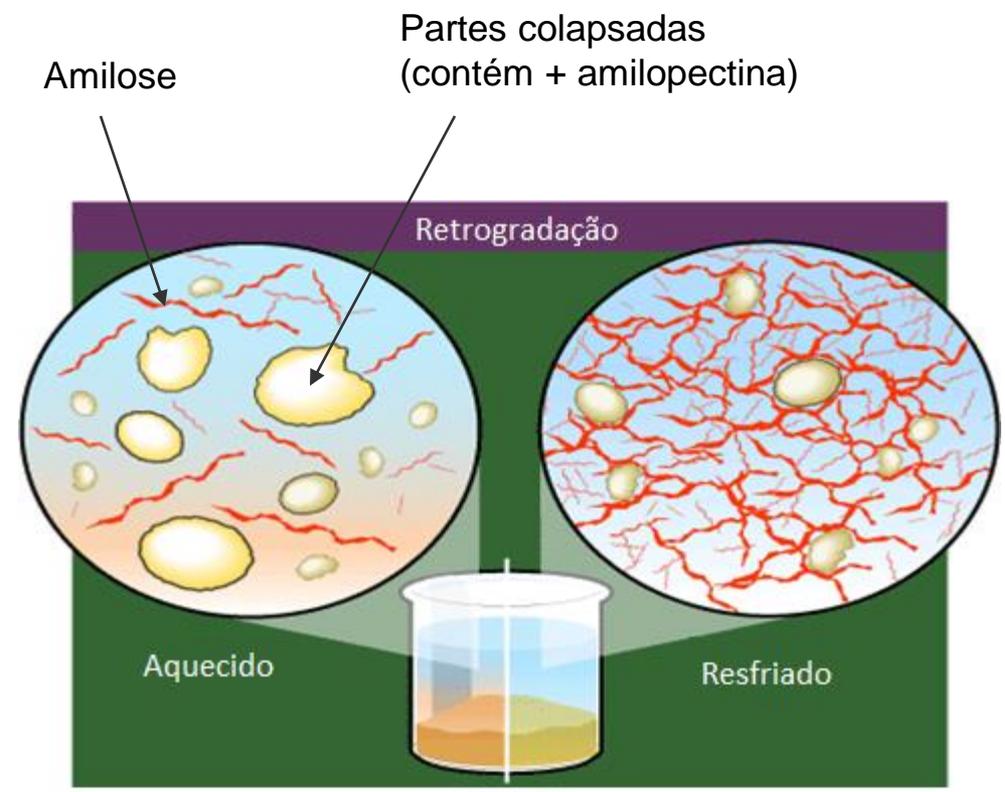
Tipo 3: Formado nos alimentos processados – Amido Retrogradado



Retrogradação do amido



A retrogradação acontece principalmente devido a reaproximação das moléculas de amilose, mais lineares. A amilopectina, devido as ramificações, tende a se reaproximar menos

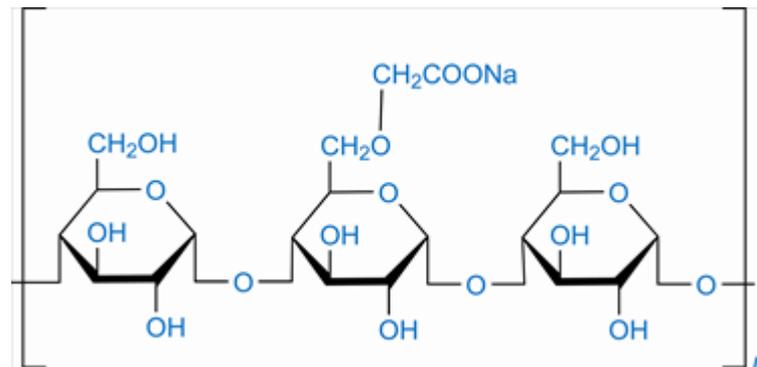


Amido Resistente

Tipo 4: Quimicamente modificado



Carboxi-metil amido (muito hidrofílico)



Amidos Modificados

- Os amidos são modificados para torná-los mais fáceis de usar em certas receitas. O amido modificado tem muitos usos :
- Tornar um produto mais fácil de dissolver em água fria ou leite. Ex: pudins e flans instantâneos.
- Facilitar misturas de ingredientes e espessante para sopas.
- Adjuvante em alimentos em pó, como o molho e o molho de queijo em pó, ter uma consistência menos grumosa quando misturados.
- Substituto de gordura para alimentos com baixo teor de gordura.
- Emulsificante e estabilizador para molhos de salada contendo óleos
- Formar uma casca dura em alguns doces.

Obrigado!

