

Fibra Alimentar

Análise

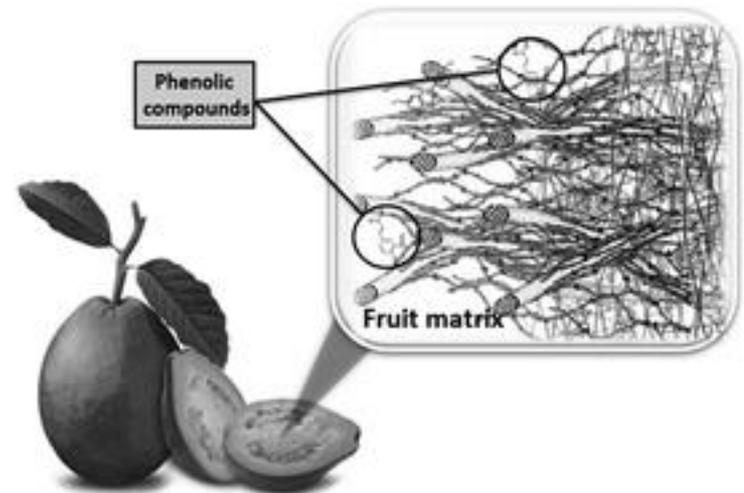
Professores Beatriz Rosana Cordenunsi Lysenko e
Eduardo Purgatto

Bromatologia 2017



Introdução

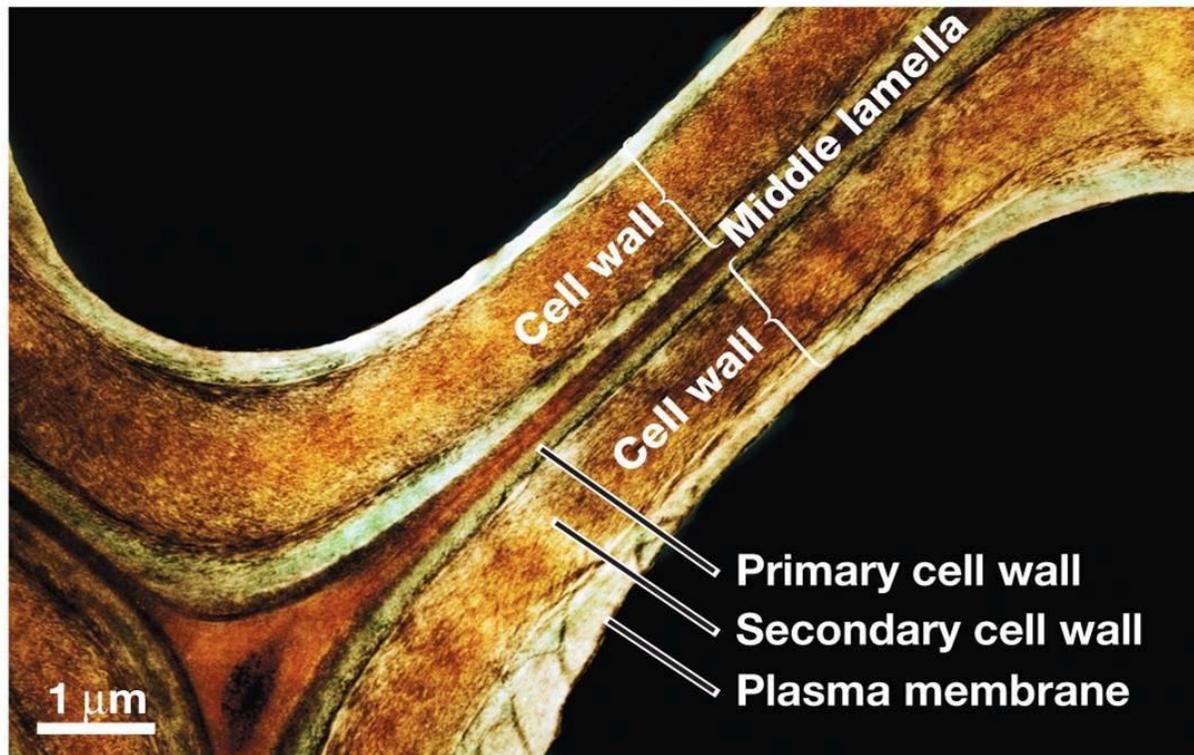
Quimicamente a **fibra alimentar (FA)** é composta, principalmente, de polissacarídeos de origem vegetal interligados entre si formando uma rede tridimensional, com a presença de outras substâncias como proteínas de parede celular, lignina, compostos fenólicos, fitatos, oxalatos e outros



Ocorrência

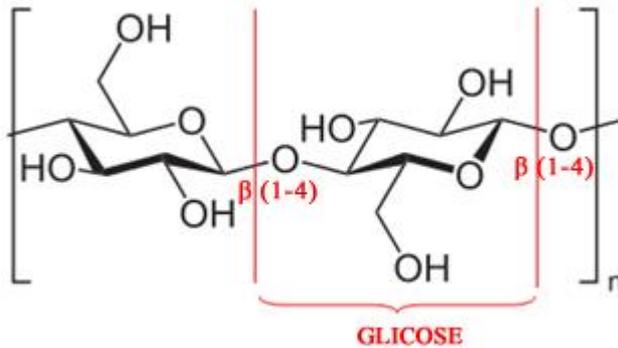
- Parede celular vegetal
- Lamela média

Compreende a maior parte da fibra alimentar ingerida

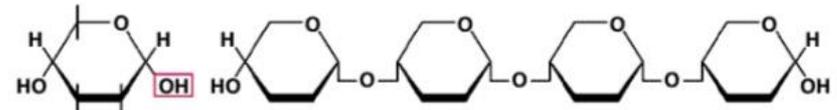


Fração fibra da parede celular: Celulose

Randy Moore, Dennis Clark, and Darrell Vodopich, Botany Visual Resource Library © 1998 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

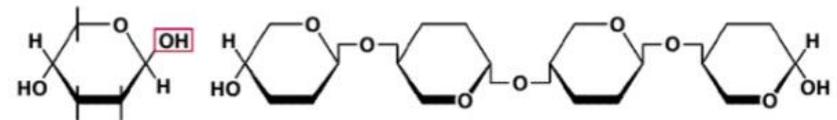


Alpha-glucose and Beta-glucose, Plus Primary Structures of Amylose and Cellulose



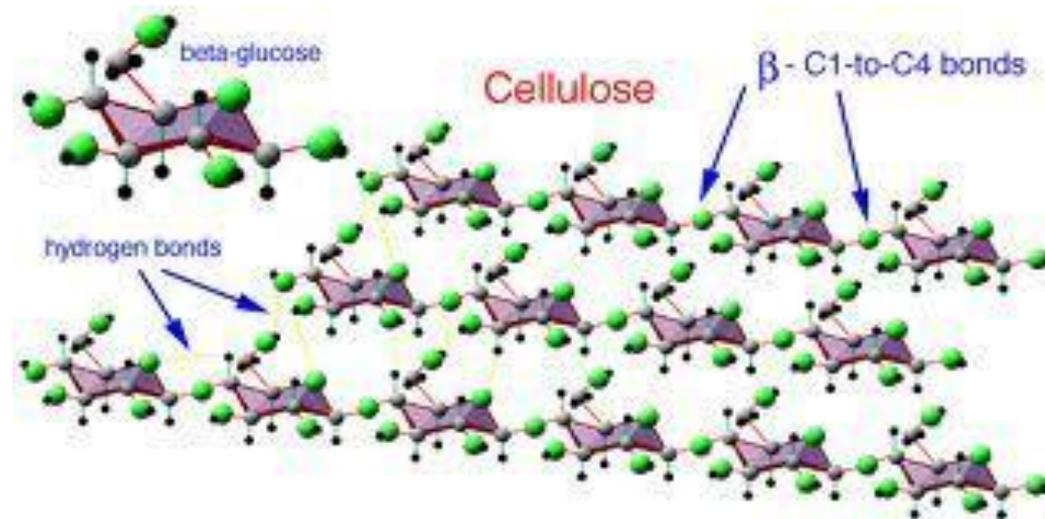
Alpha-glucose

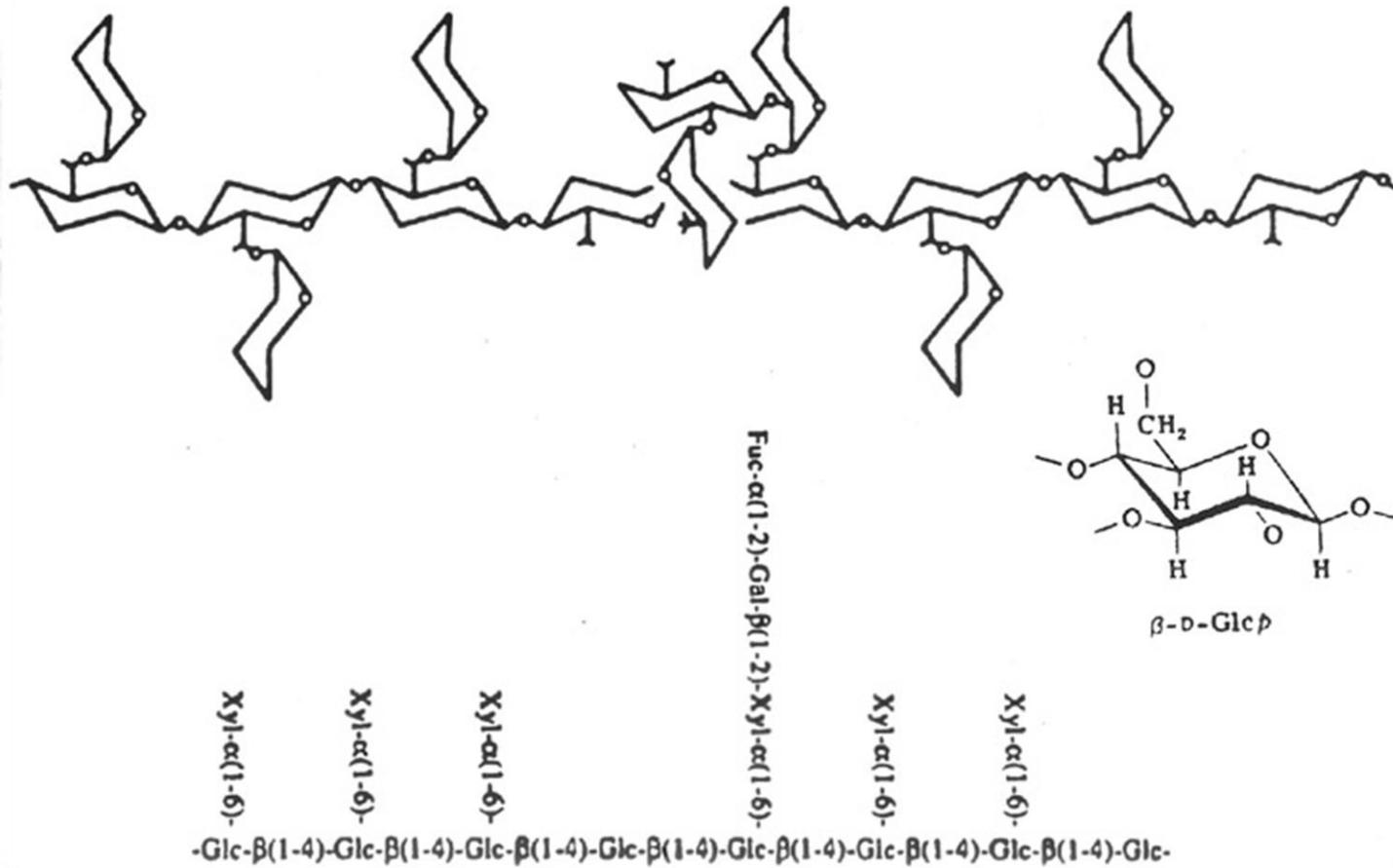
Amylose



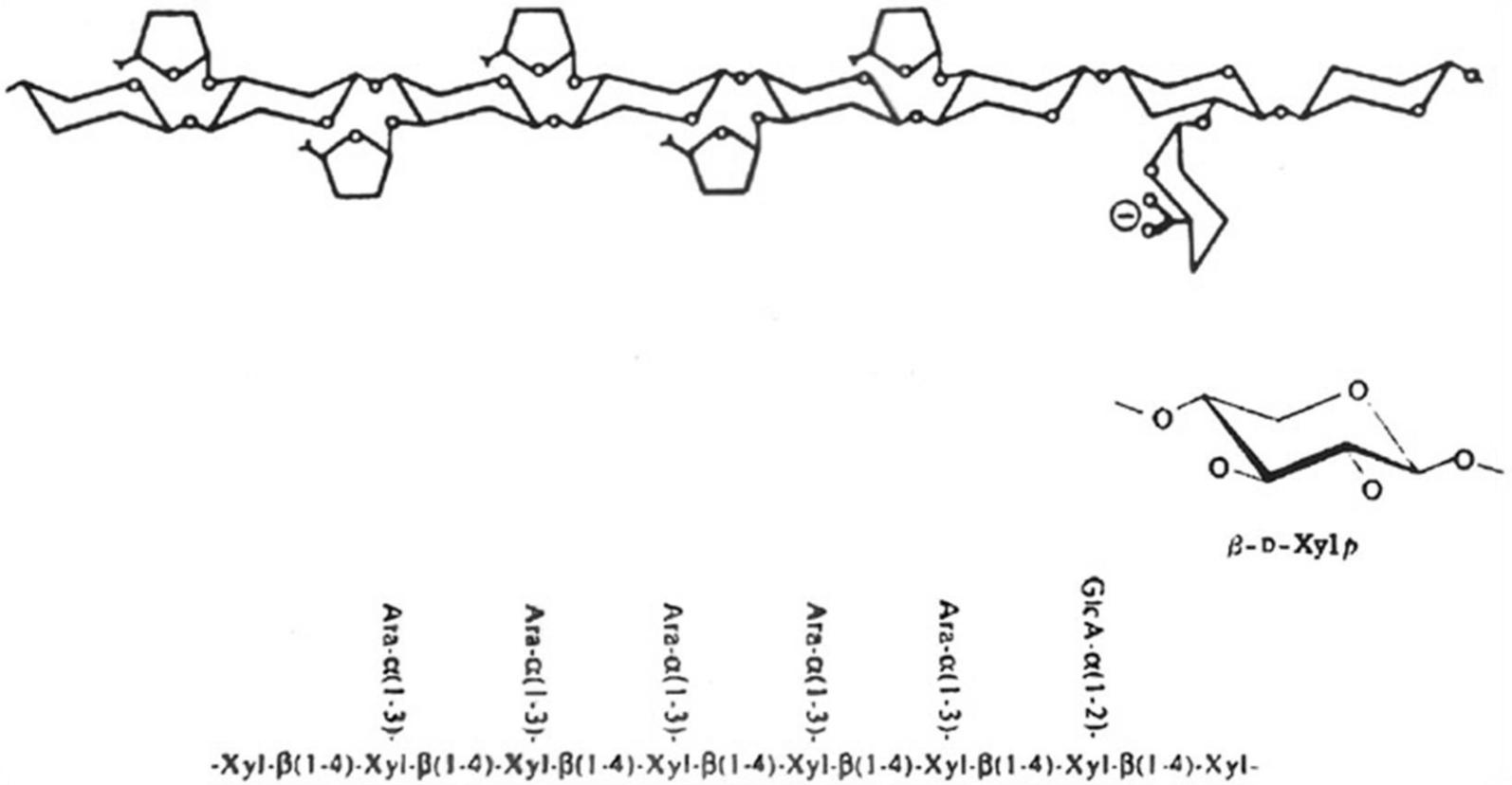
Beta-glucose

Cellulose

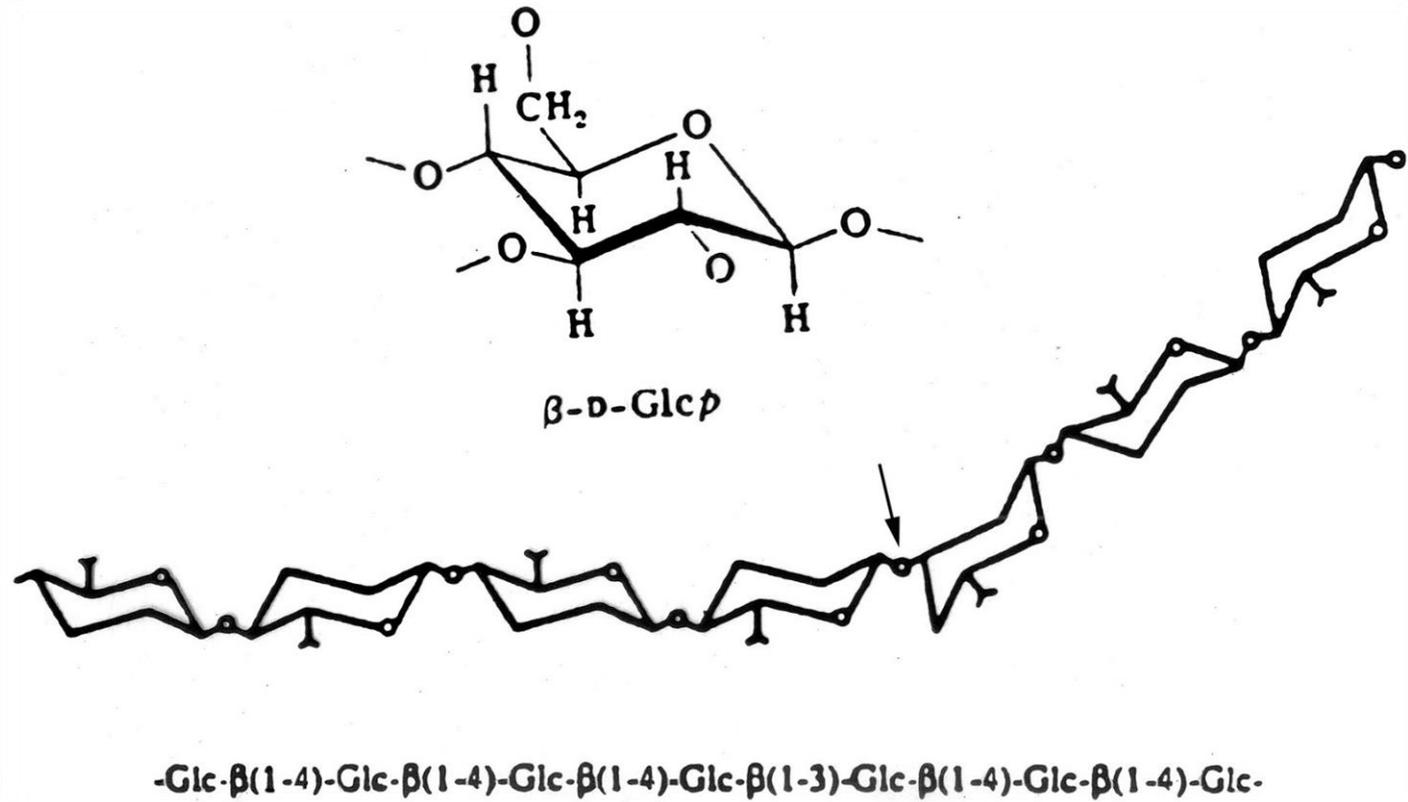




Hemiceluloses: Xiloglucanos



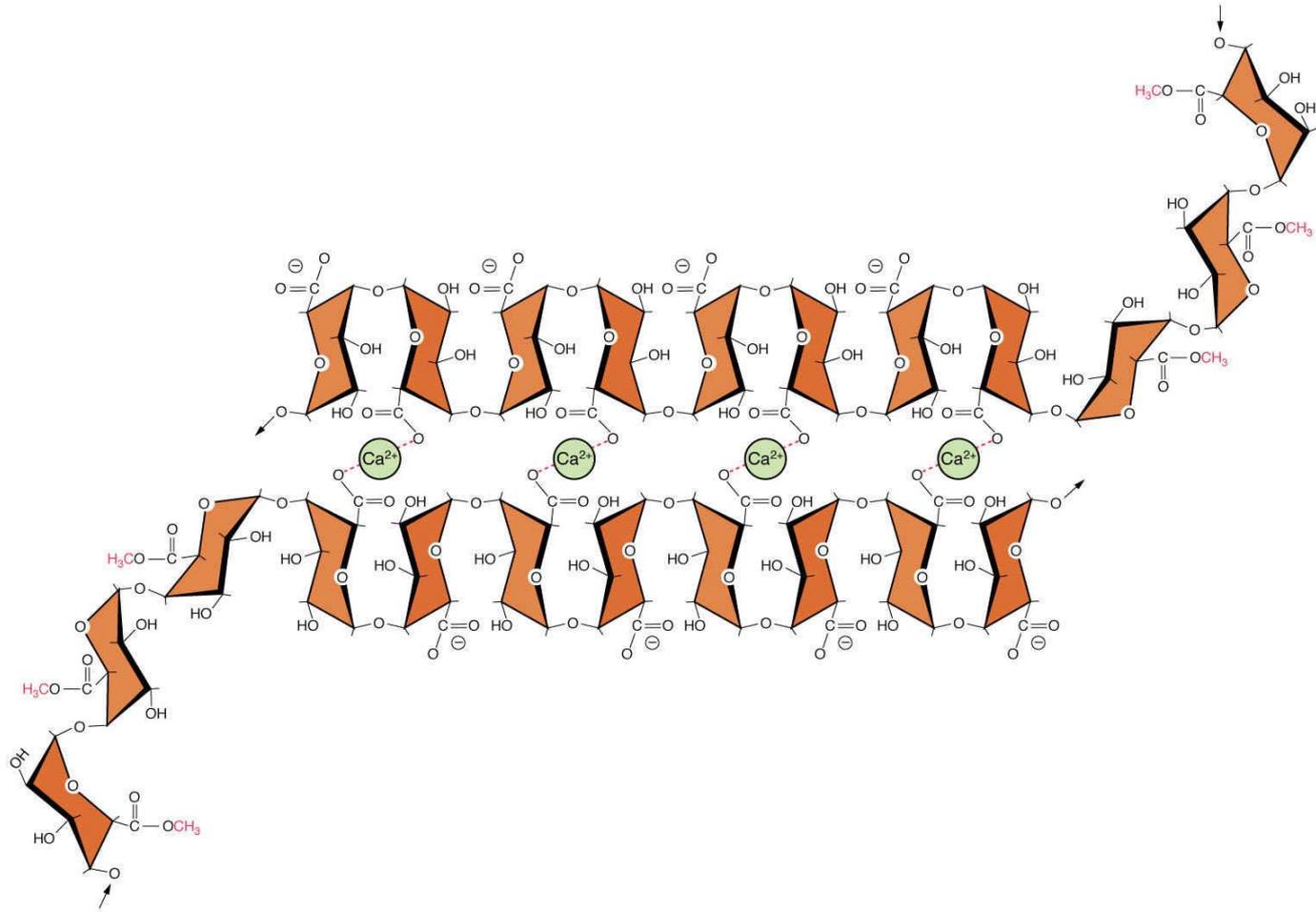
Hemiceluloses: Arabinoxilanos



β -glucanos



(A)



Pectinas (1)



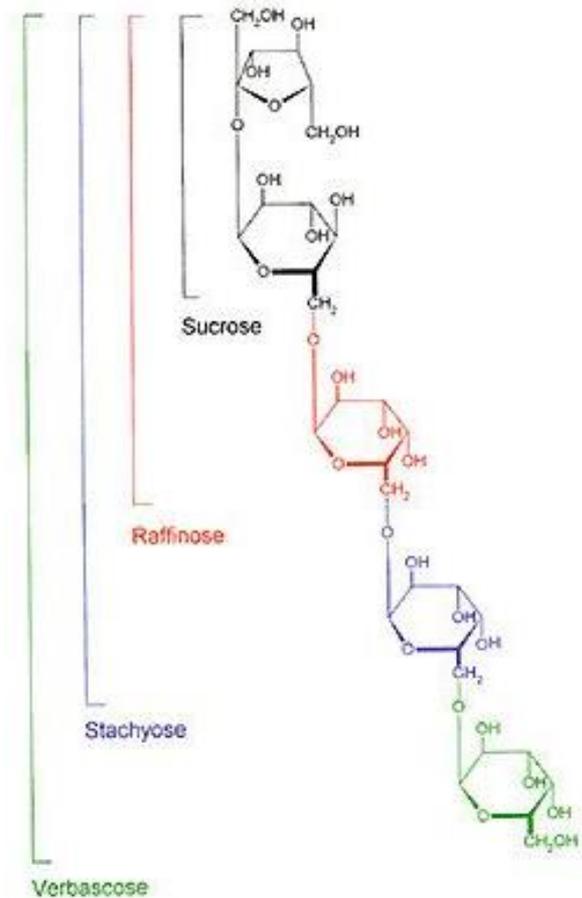
Table 1. Free monosaccharides in the pulps of unripe and ripe banana fruit.
DAH, days after harvest

Sugars $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (FW)	Nanicão			Mysore			Terra	
	1 DAH	17 DAH		1 DAH	7 DAH		2 DAH	11 DAH
Fuc	-	-		-	10		-	-
Rha	-	-		20	-		-	-
Ara	-	-		-	10		-	10
Gal	-	20 ± 0.44		-	340 ± 4		-	260
Man	-	-		-	20		20	20
GalA	176 ± 12	333 ± 32		180 ± 10	170 ± 11		380 ± 19	590 ± 50
GlcA	30 ± 0	60 ± 5		10 ± 2	50 ± 4		20 ± 2	20 ± 2

O perfil de monossacarídeos dos polissacarídeos da parede celular das tres cultivares de banana sugere a presença de arabinoxilanos, ramnogalacturonanos, xiloglicanos, e glucomananos e glucoarabinoxilanos. Apesar da similaridade na composição de monossacarídeos entre cultivares, existem diferenças entre elas.

Outros Compostos

- Carboidratos
Ex: rafinose, estaquiose e verbascose
- Aditivos alimentares
Ex: amido modificado e metilcelulose
- Inulina e FOS
- Quitosanas
- Amido resistente



Amido Resistente

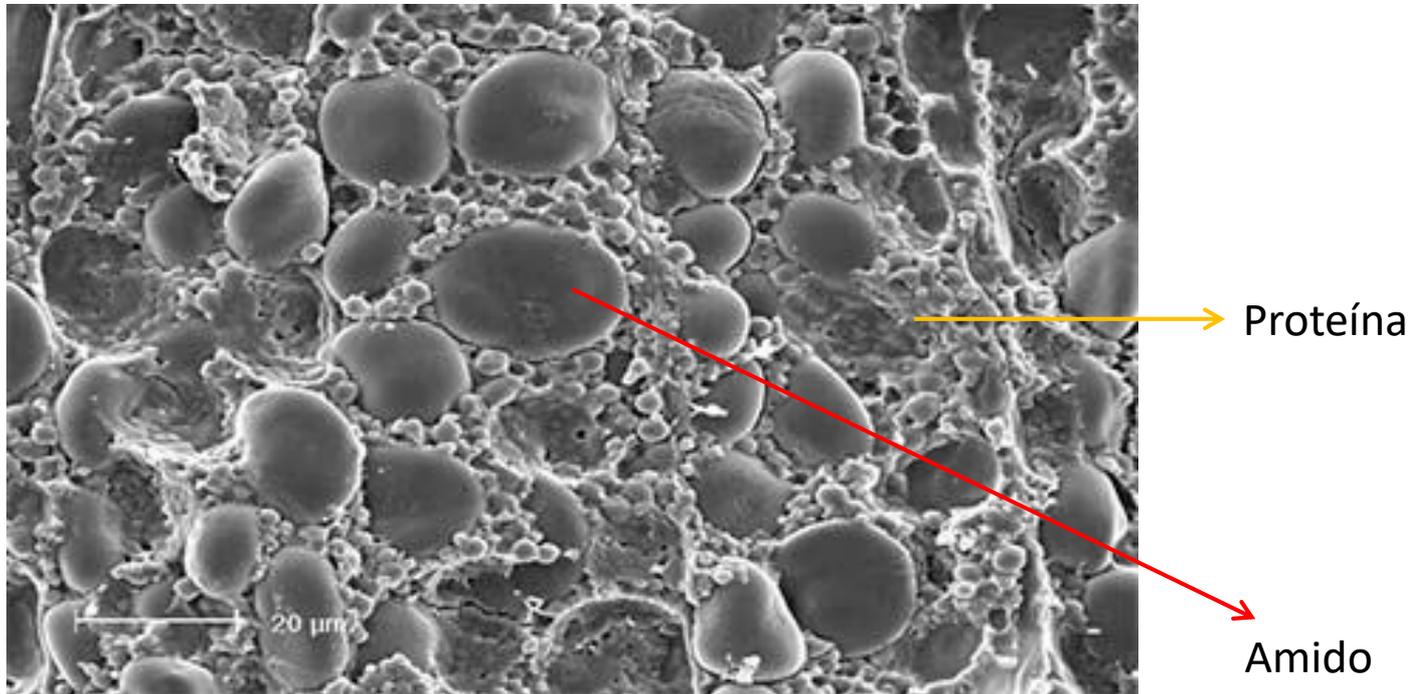
Embora considerado como Fração não-digerível, não é avaliado através do método enzimico-gravimétrico.

Deve ser quantificado por método específico.

- **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

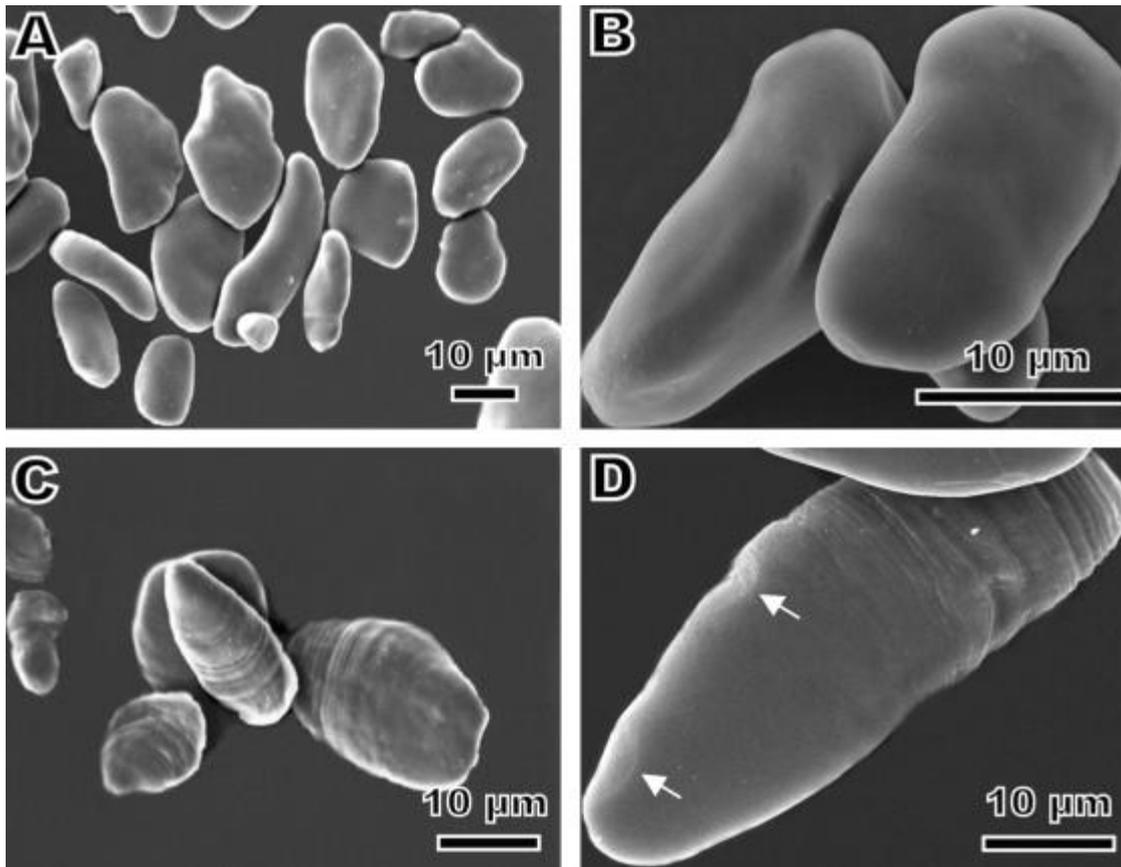
Tipo 1: Fisicamente ligado à matriz dos alimentos



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 do grânulo, o amido é naturalmente resistente a digestão enzimática.

Amido Resistente

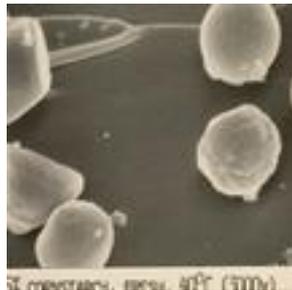
Tipo 3: Formado nos alimentos processados – Amido Retrogradado

Amido - aquecimento

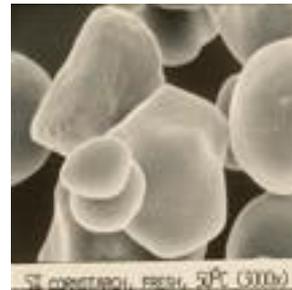
30oC



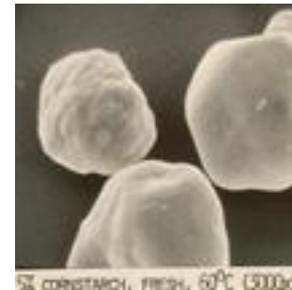
40oC



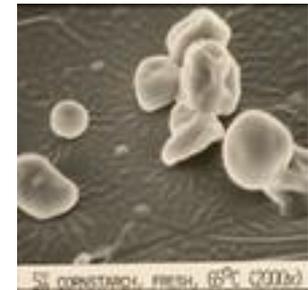
50oC



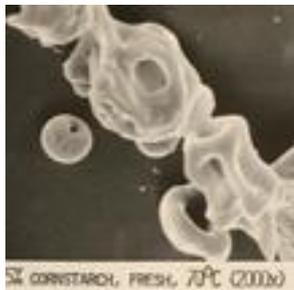
60oC



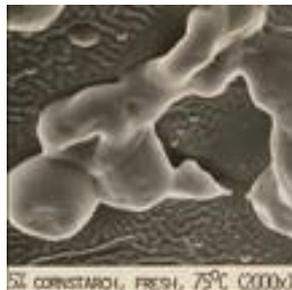
65oC



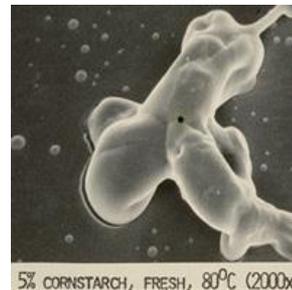
70oC



75oC



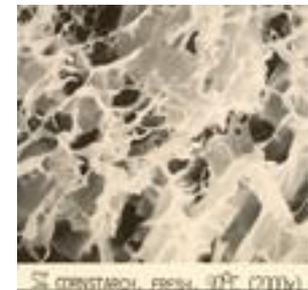
80oC



85oC



90oC

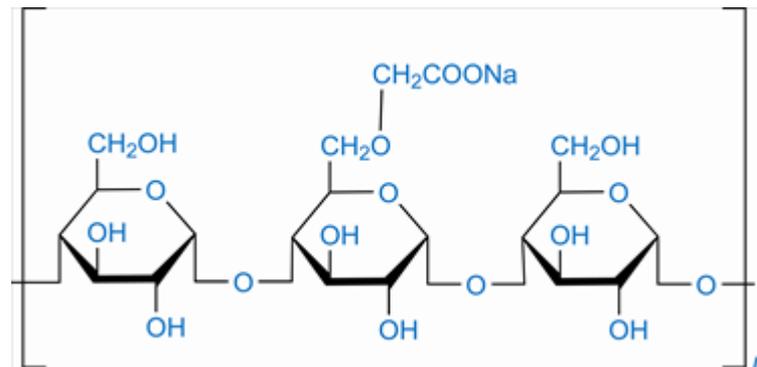


Amido Resistente

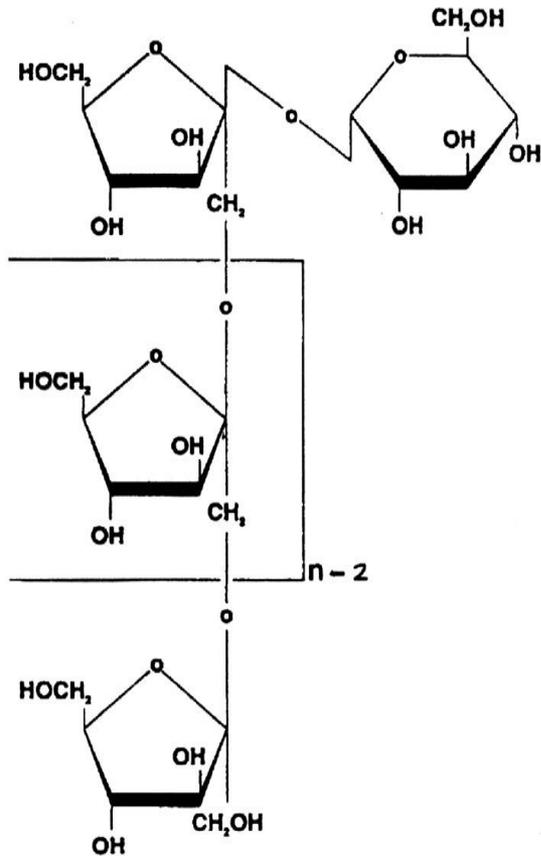
Tipo 4: Quimicamente modificado



Carboxi-metil amido (muito hidrofílico)

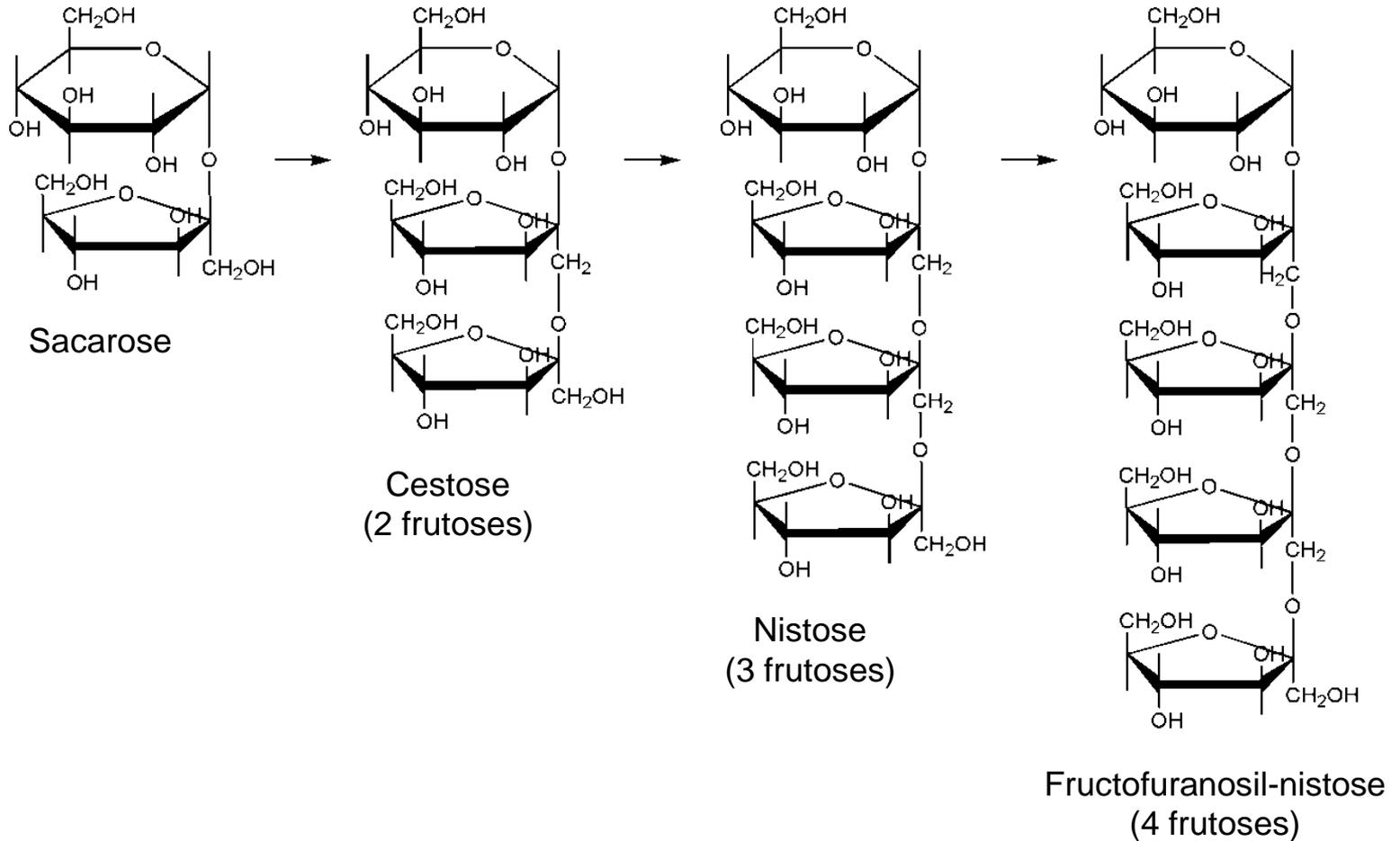


Inulina



Oligossacarídeos

Frutoligossacarídeos (FOS)



Oligossacarídeos

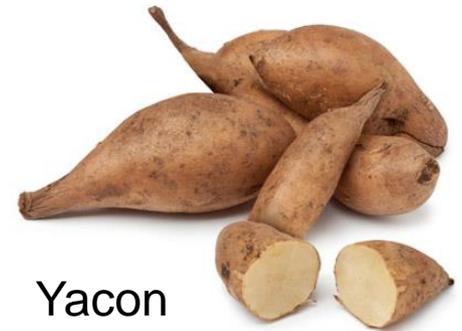
Alimentos que contêm Frutoligossacarídeos (FOS)



Alho poró



Alcachofra de Jerusalém



Yacon



Aspargo



Raiz de chicória



Jicama



Aveia



Cebola



Alho

Agar



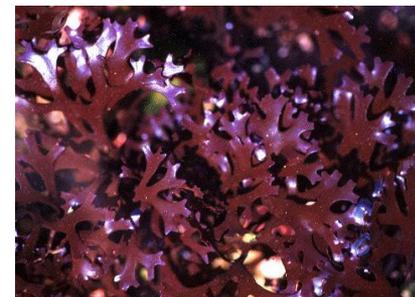
Gracilaria; Gelidium gracilaria

Alginato



Laminaria; Phaeophycase

Carragena



Chondrus crispus; Eucheuma

Goma arábica



Acacia

Goma guar



Cymopsis Tetragonolobus

Goma locusta



Ceratonia siliqua



Fontes de fibras dos alimentos e seus principais componentes químicos

Tipos de Fibras	Fontes Usuais	Principais Monossacarídeos
Celulose	Vários farelos, vegetais e está presente em todas as plantas comestíveis	Glc
β-glicanos	Grãos (aveia, cevada e centeio)	Glc
Hemicelulose	Grãos de cereais e em uma boa parte das plantas comestíveis	Xil, Man, Glc, Fuc, Ara, Gal, Agal, Aglc
Pectinas	Frutas (maçã, limão, laranjas, pomelo), vegetais, legumes e batata	Ara, Gal, AGal, Fuc, Ram
Frutanos*	Alcachofra, cevada, centeio, raiz de chicória, cebola, banana, alho, aspargo	Fru, Glc
Amido resistente (AR)	Bananas verdes, batata (cozida/ resfriada), produtos de amido processado	Glc
Quitina (quitosanas)	Fungos, leveduras, exoesqueleto de camarão, lagosta e caranguejo	Glc-amina, Gal-amina
Rafinose, estaquiose e verbascose	Cereais, legumes e tubérculos	Gal, Glc, Fru
Lignina	Plantas maduras	Alcool sinapílico, coniferílico, p-cumarílico
Agar	Algas marinhas vermelhas	Gal, Gal-anidro, Xil, SO ₄
Carragenanas	Algas marinhas vermelhas	Gal, Gal-anidro, SO ₄
Ácido algínico	Algas marinhas marrons	AGlc, AMan-anidro
Goma <i>karaya</i>	Exsudatos de plantas	Fuc, Gal, AGal, Ram
Goma tragacante	Exsudatos de plantas	Xil, Gal, AGal, Ram, Ara
Goma arábica	Exsudatos de plantas	Gal, Ara, Ram, AGlc
Goma locuste	Sementes de plantas	Gal, Man
Goma guar	Sementes de plantas	Gal, Man
Goma <i>psyllium</i>	Sementes de plantas	Ara, Gal, AGal, Ram, Xil
Gomas xantanas	Microrganismos	Glc, AGlc, Man

AGal=ácido galacturônico, AGlc=ácido glicurônico, AMan=ácido manurônico, Ara=arabinose, Fuc=fucose, Gal=galactose, Glc=glucose,

Man=manose, Ram=ramnose, Xil=xilose

* Inulina e frutooligossacarídeos (FOS)

Fontes de Fibra Alimentar Produzidas Industrialmente

Tipos de Fibras	Obtenção dos Produtos	Principais Monossacarídeos
FOS (Frutooligossacarídeos)	Síntese enzimática a partir da Sacarose Hidrólise enzimática da inulina da raiz do almeirão	Fru, Glc
Trans-Galactooligossacarídeos	Síntese enzimática a partir da lactose	Gal, Glc
Goma de Guar Modificada (PHGG)	Hidrólise enzimática dos galactomananos da goma de guar	Gal, Man
Polidextrose (PDX)	Polimerização da glicose a quente na presença de vácuo, sorbitol e ácido cítrico	Glc
Maltodextrina Resistente (MDR)	Hidrólise ácida do amido de milho seguida de hidrólise enzimática	Glc

Fru=frutose, Gal=galactose, Glc=glicose, Gal=galactose, Man=manose

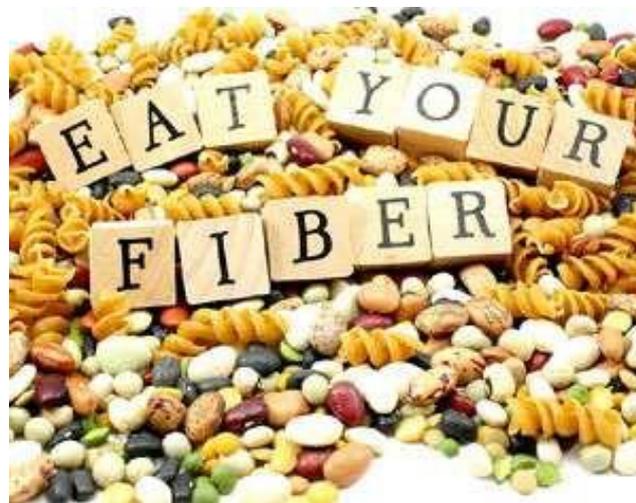
Classificação quanto a Solubilidade em Água

Insolúvel

- celulose
- hemicelulose
- pectinas
- lignina

Solúvel

- pectinas
- β -glicanos
- gomas
- mucilagens
- exsudatos
- hemiceluloses solúveis



Classificação quanto a Solubilidade em Água

Característica	Comp. da fibra	Descrição	Fontes
Insolúvel em água/menos fermentável	Celulose	<ul style="list-style-type: none"> Principal componente estrutural da parede celular Insolúvel em álcali concentrado Solúvel em ácido concentrado 	Frutas, hortaliças, sementes, tubérculos, raízes, caules
	Hemicelulose	<ul style="list-style-type: none"> Polissacarídeo da parede celular Contém backbone de açúcares com ligações β-1,4 Solúvel em álcali diluído 	Cereais
	Lignina	<ul style="list-style-type: none"> Componente da parede celular (não-carboidrato) Complex cross-linked phenyl propane polymer 	Todas as plantas, mais rico em caules comestíveis
Solúvel em água/mais fermentável	Pectina	<ul style="list-style-type: none"> Resists bacterial degradation Componente da parede celular primária. Ácido D-galacturônico é o principal component da estrutura Solúvel em água Formadora de gel 	Frutas, hortaliças, sementes, tubérculos, raízes, caules
	Gomas e Mucilagens	<ul style="list-style-type: none"> Secretadas em partes da planta que sofreram injúria mecânica (cortes, por ex.) Encontradas em certas sementes, algas e bactérias Uso alimentar e farmacêutico Previne a dessecação do endosperma na semente Uso na indústria de alimentos como estabilizante 	Sementes (guar, feijão locusta), extrato de algas (carragena, alginatos), bacteriana (xantana, gelana) Extratos de plantas (goma acacia, goma karaya, goma tragacante)



Métodos Analíticos para Determinar a Fibra Alimentar

- Gravimétricos
- Enzímico-gravimétricos
- Enzímico-químicos
 - Enzímico-químicos por espectrofotometria
 - Enzímico-químicos por cromatografia a gás (CG)
 - Enzímico-químicos por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE)

Métodos Analíticos para Determinar a Fibra Alimentar

FIBRA ALIMENTAR

Métodos analíticos

Enzímico-gravimétrico

- AOAC 985.29, AOAC 991.43

Gravimétrico (não enzimático)

- AOAC 993.21

Enzímico-químico

- AOAC 963.25, AOAC 960.34

Cromatografia a gás

- AOAC 2006.08

Enzímico-gravimétrico-cromatográfico

- AOAC 2009.01

Enzímico-gravimétrico-cromatográfico

- AOAC 2011.25

Efeitos fisiológicos

Ensaio biológico

Gravimétricos

- Fibra bruta (FB)
- Fibra detergente neutro (NDF) e ácido (ADF)
- Fibra detergente neutro modificado (NDF-M)

Fibra Bruta

- Extração a quente com:
 - H_2SO_4 (1,25%)
 - NaOH (1,25%)
- Filtração
- Determinação
 - Pesagem dos resíduos insolúveis

Limitações:

Perda de

20 a 50% de celuloses
50 a 90% de lignina
100 % de pectinas
± 75% de hemicelulose

Detergente Ácido e Detergente Neutro (Van Soest modificado)

- Extração a quente com soluções detergentes
- Tratamento com α -amilase / Termamyl
- Filtração
- Determinação
 - Pesagem dos resíduos insolúveis

Analisa:

- Celulose, hemicelulose insolúvel e lignina → NDF
- Celulose e lignina → ADF

Limitações:

- Não determina → Fibras solúveis
- Perde uma parte da hemicelulose insolúvel
- Não solubiliza a proteína totalmente (Ex: isolado de soja)
- Amido não é totalmente removido mesmo na presença de enzimas (Ex: Leguminosas)

Enzímico-gravimétrico (Hellendoorn, Asp, Prosky, Schweizer e Lee)

- Hidrólise do amido e da proteína com enzimas (puras)
- Precipitação fibra solúvel
- Separação das fibras por filtração ou diálise
- Determinação
 - Pesagem dos resíduos insolúveis (estufa a 105 °C)
 - Determinação das cinzas (525 °C) e proteína (Nx6,25)

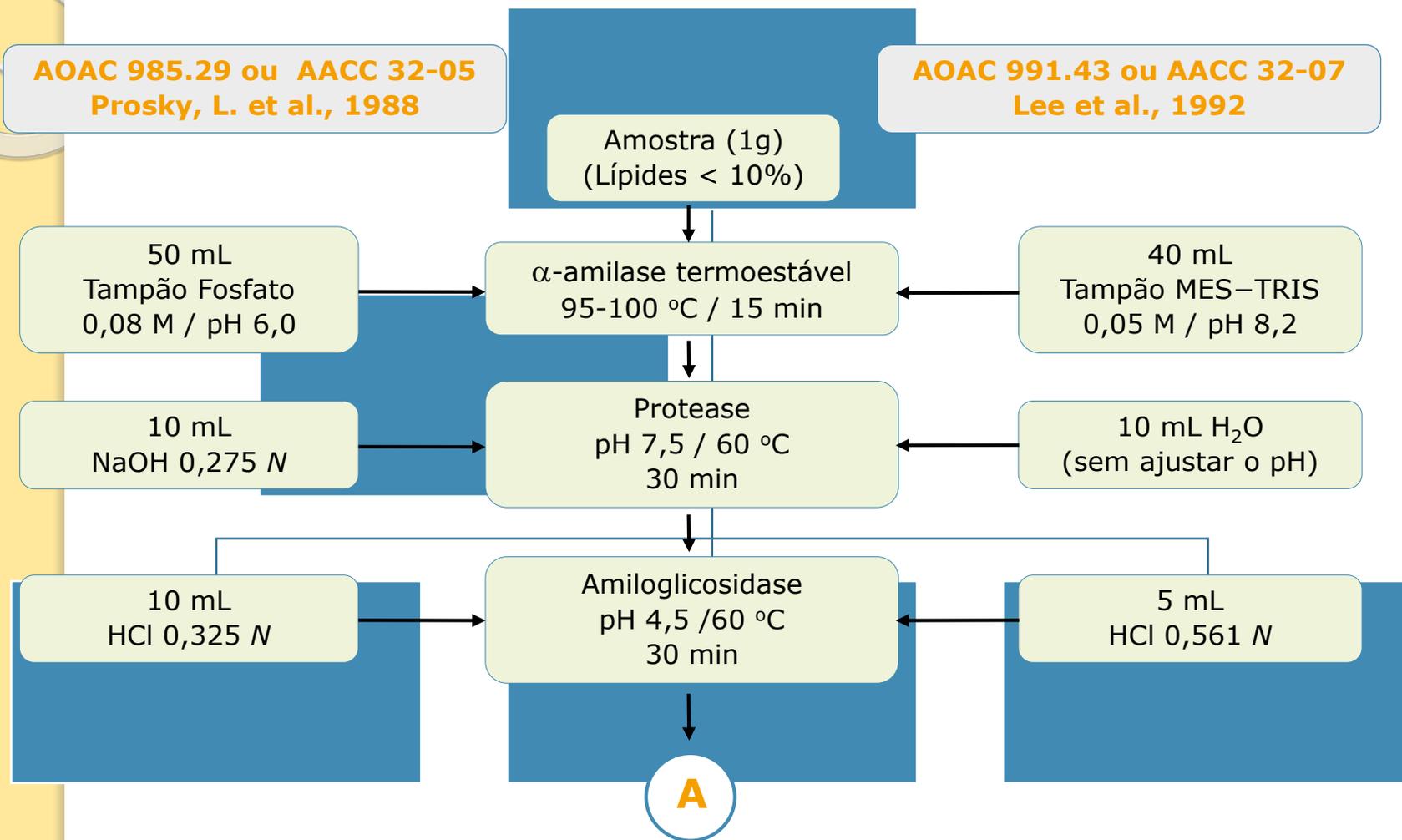
Analisa:

- Fibra total
- Fibra solúvel
- Fibra insolúvel

Utilizados:

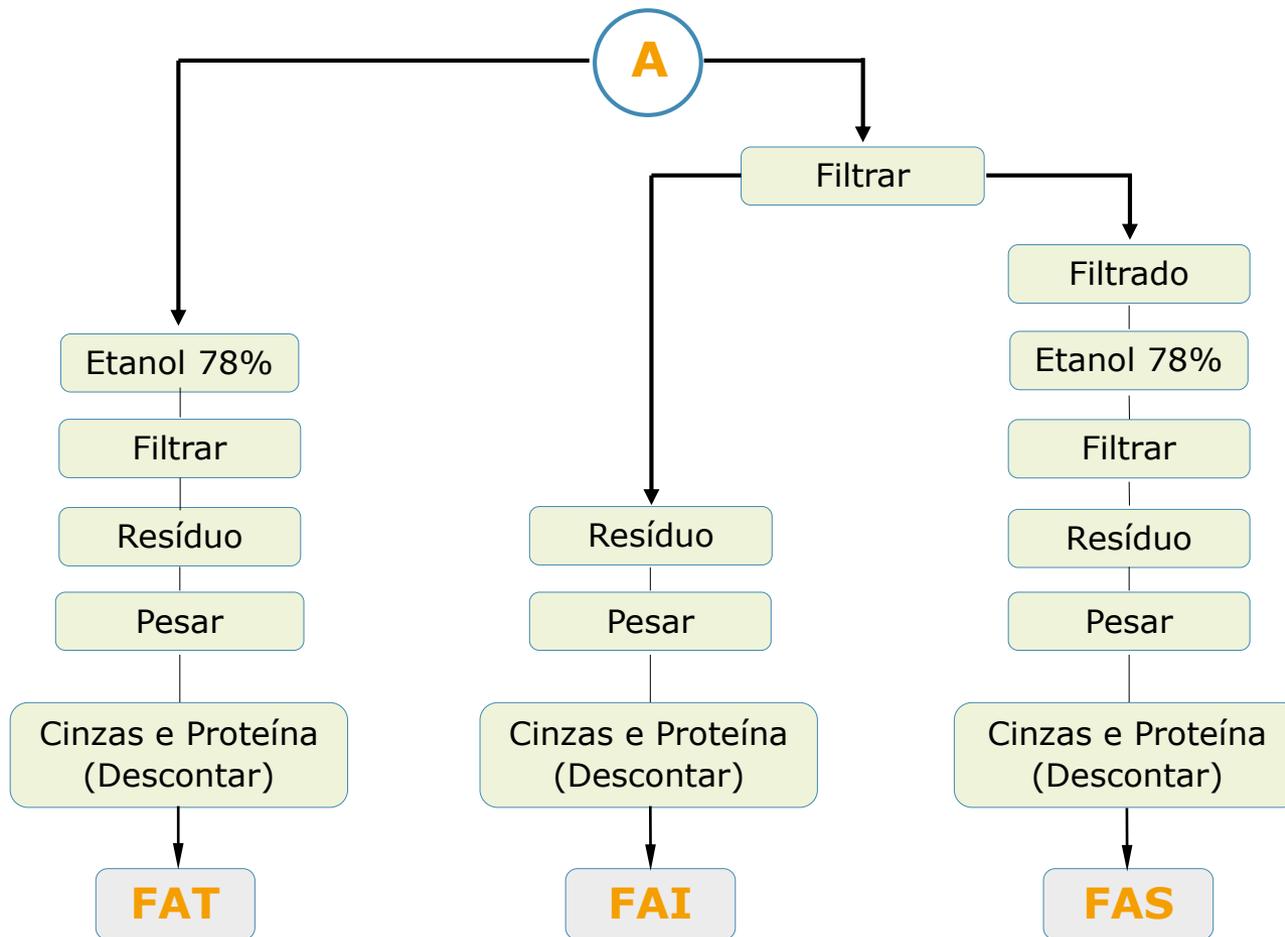
- Tabelas de composição de alimentos
- Rotulagem de alimentos

Determinação da fibra alimentar pelos métodos enzimico-gravimétricos (AOAC* e AACC)



*Association of Official Analytical Chemists

Determinação da fibra alimentar pelos métodos enzimático-gravimétricos (AOAC e AACC) (cont.)





Método enzimico-gravimétrico

(Fonte de Erros)

- Preparo da amostra
- Amido resistente
- Proteína residual
- Precipitação com etanol
- Correção de minerais
- Filtração e auxiliar de filtração
- Enzimas

Preparo da amostra

□ Lípides

- Extração com solventes (5 a 10%)
 - Homogeneização
 - Ação das enzimas
 - Extração final com etanol e acetona
- Tamanho de partículas
 - 0,3 a 0,5 mm
 - $\leq 1,0$ mm
 - Tempo de incubação



Amido Resistente

- Não há solubilização total e hidrólise do AR
- A gelatinização do amido a quente na presença de enzima evita a formação de AR

Proteína Residual

- Não há remoção completa da proteína
- O fator de conversão ($N \times 6,25$) é arbitrário.
Ex: Concentrados e isolados de soja e a quitina (aminopolissacarídeos) de camarões
- Alimentos de origem animal
 - Proteína no resíduo

Precipitação com Etanol a 80%

- Não há precipitação de:
 - Polímeros de GP abaixo de 10 unidades
Ex: Inulina e oligofrutose
 - Polímeros altamente ramificados. Ex: beterraba
- Co-precipitação de reagentes
Ex: Tampão fosfato
- Co-precipitação de ácidos orgânicos
Ex: Ácidos oxálico, cítrico e fítico



Correção de minerais

- Minerais presentes nos alimentos associados a fração fibra
- Minerais presentes no ácido fítico, oxálico e cítrico
- Minerais provenientes dos reagentes



Métodos enzimico-químicos

(Southgate, Uppsala e Englyst)

- Separação dos componentes da fibra
- Hidrólise dos polímeros
- Determinação
 - Espectrofotometria
 - Cromatografia (GC ou HPLC)

NSP (non-starch polysaccharides) = polissacarídeos diferentes de amido (Englyst et al., 1987)

Fibra dos alimentos em diferentes sistemas analíticos (% base seca)

Alimento	Métodos analíticos		
	Fibra bruta	NDF	Fibra Alimentar
Trigo integral	2,9	8,5	11,8
Farinha de centeio integral	2,2		23,0
Batata inglesa	1,9	10,8	11,0
Farinha de mandioca	2,0		6,3
Feijão carioca	4,9		19,3
Alface	13,7	14,1	33,1
Couve	6,9	16,0	32,6
Couve-flor	9,4	14,0	27,0
Repolho	11,6	12,1	27,2
Tomate	9,7	17,6	22,1
Pepino	8,7	16,0	28,5
Beterraba	8,2	8,8	15,9
Cebola	6,7	4,9	15,5
Cenoura	8,5	10,1	23,9
Maçã	4,4	16,5	13,8

Método enzimico-gravimétrico

Método de Englyst (NSP)

Métodos Analíticos para Determinar a Fibra Alimentar

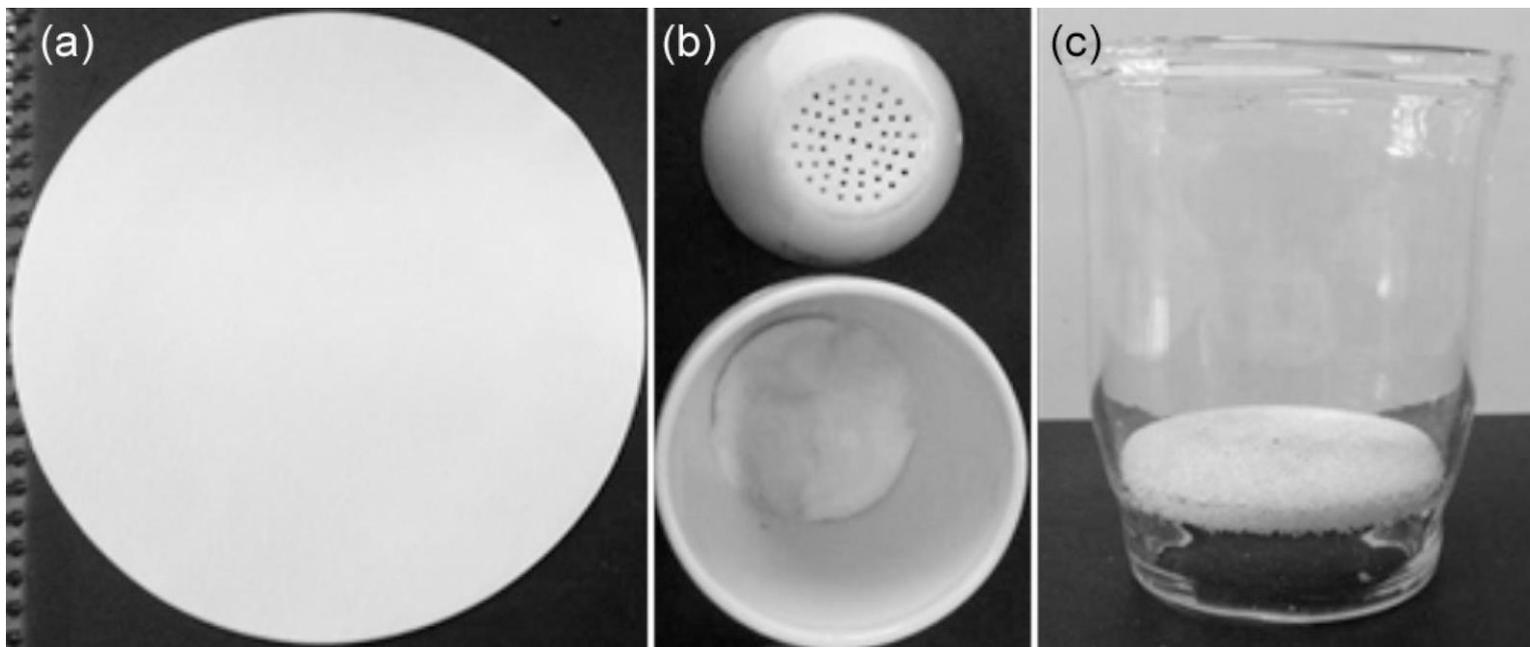


Figura 2 Alguns meios filtrantes: (a) papel de filtro; (b) cadinho de Gooch contendo leito de fibra de vidro; (c) cadinho de vidro sinterizado

