

Biofilmes poliméricos para embalagens e revestimentos de alimentos

Márcio Paulino Marques nº USP 1280030

Lucas Marcellino de Souza nº USP 11882760

Rodrigo Machanoski Pratis nº USP 11370411

Seminário apresentado em 01/05/2023 na disciplina de ciências dos materiais
Docentes : Eliria Maria de Jesus Agnolon Pallone e Joao Adriano Rossignolo
FZEA USP

Biofilmes poliméricos biodegradáveis

Apresentação dos principais tipos de biofilmes poliméricos básicos não compósitos, suas estruturas e algumas inovações na área

Plásticos

- ▶ A produção de plásticos em 2019 foi de 460 milhões de toneladas (460 bilhões de USD).
- ▶ Não há em geral enzimas para degradar plásticos sintéticos.
- ▶ Reciclagem 9% (353 Mt resíduos/lixo) em 2019 estima OCDE.
- ▶ Produção mundial bioplásticos 2,23 milhões de toneladas 2022.



Embalagens plásticas poliméricas biodegradáveis

- ▶ Recursos renováveis Ideal resíduos agrícolas
- ▶ Baixa ou nenhuma degradação ao meio ambiente (biodegradável)
- ▶ Biodegradável ou até Comestível
- ▶ Preço não competitivo (ainda)
- ▶ 3,50 - 6,50 US\$/kg p/ compra 1000 kg (Alibaba)



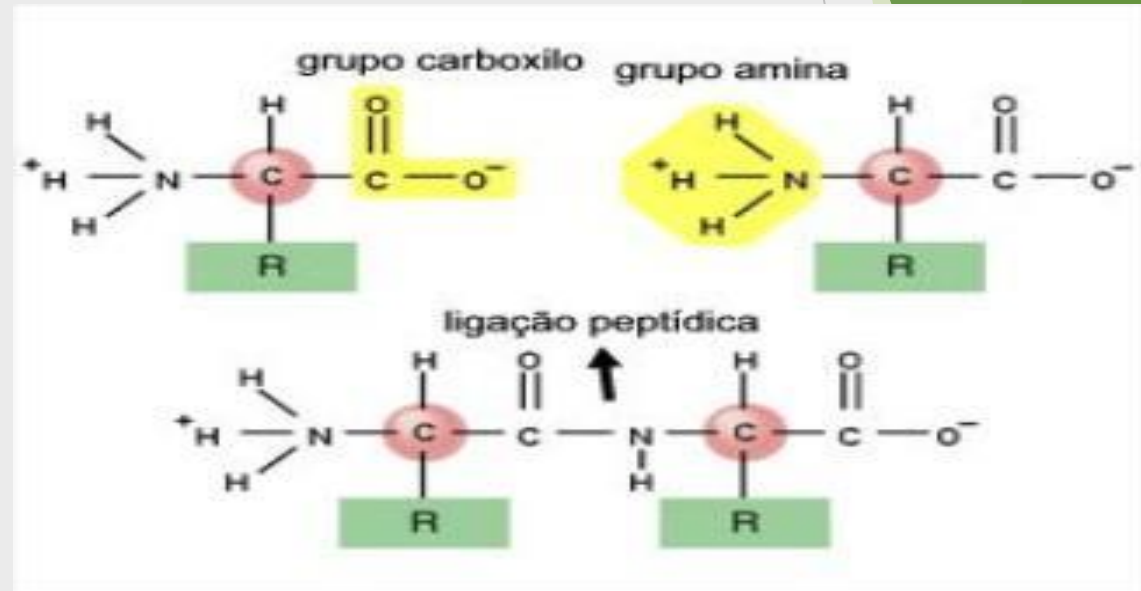
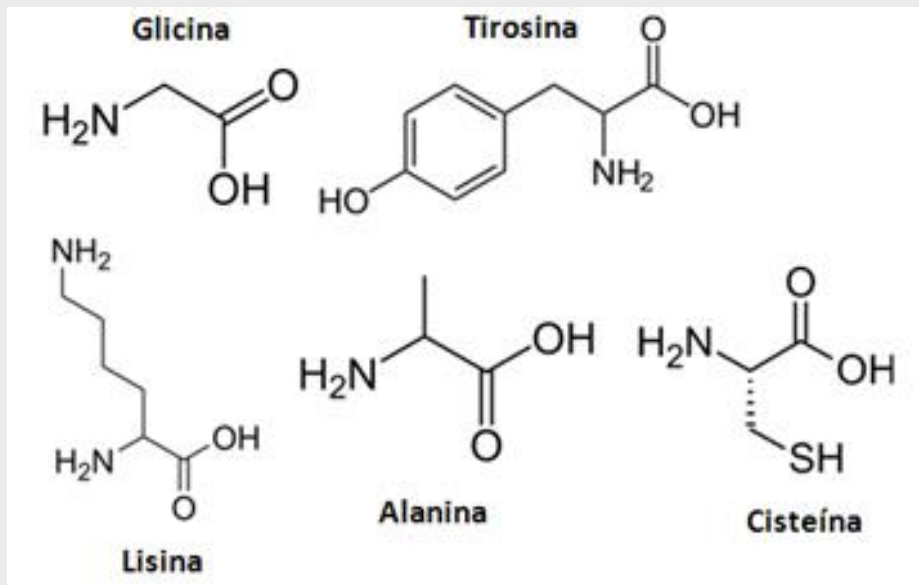
Fonte: WWF Brasil



Alibaba

Materiais Biofilmes poliméricos

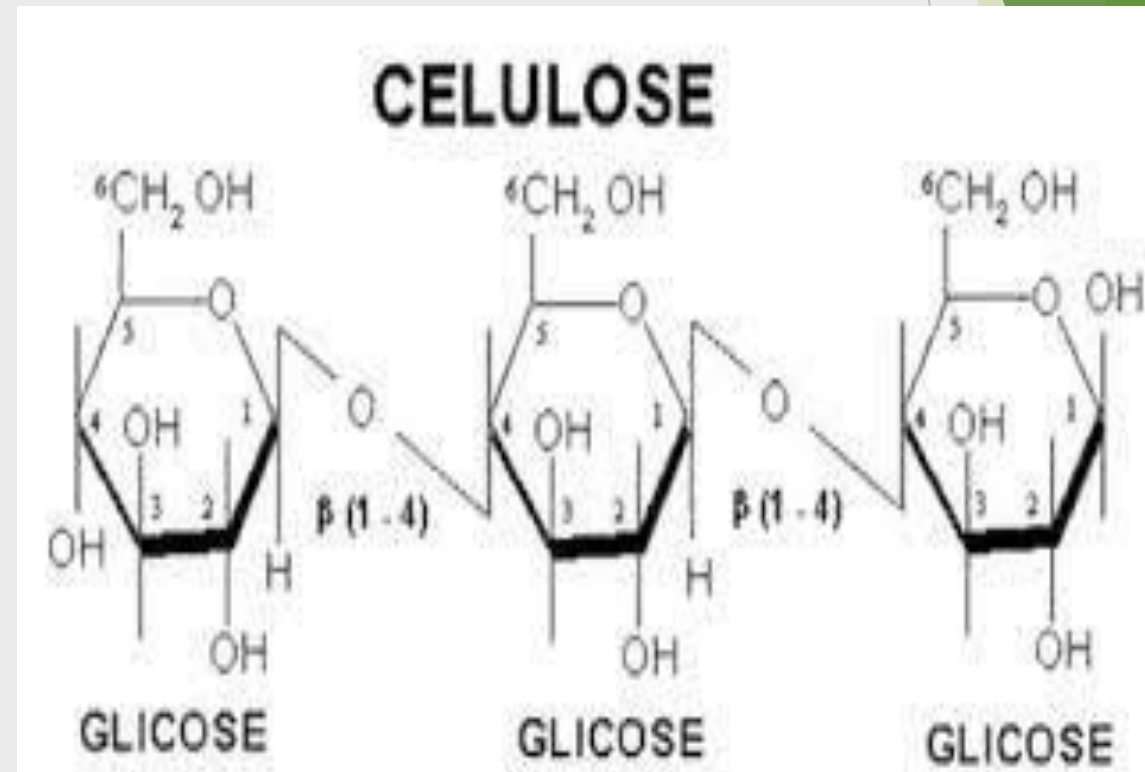
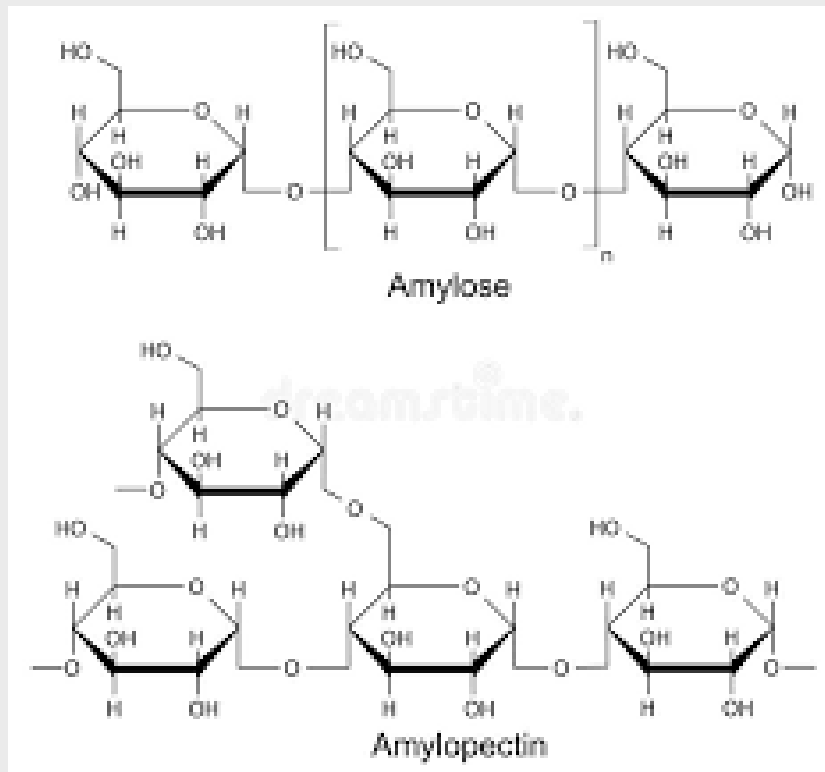
► Proteínas



Fonte: UOL

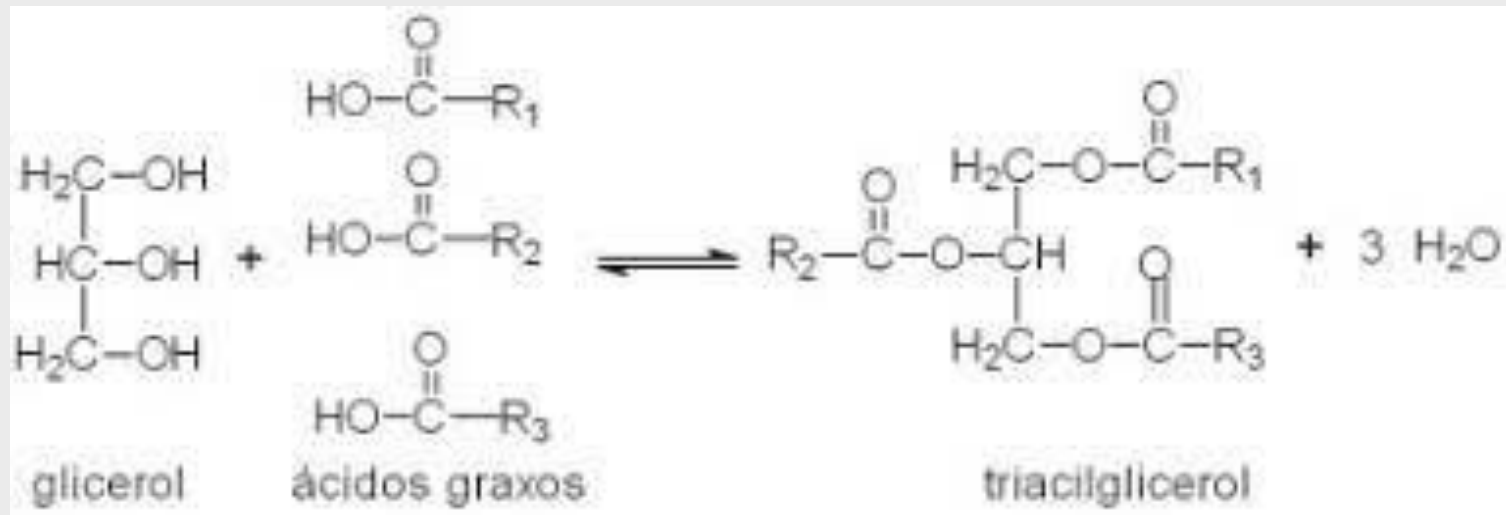
Materiais Biofilmes poliméricos

► Carboidratos - amidos celulose



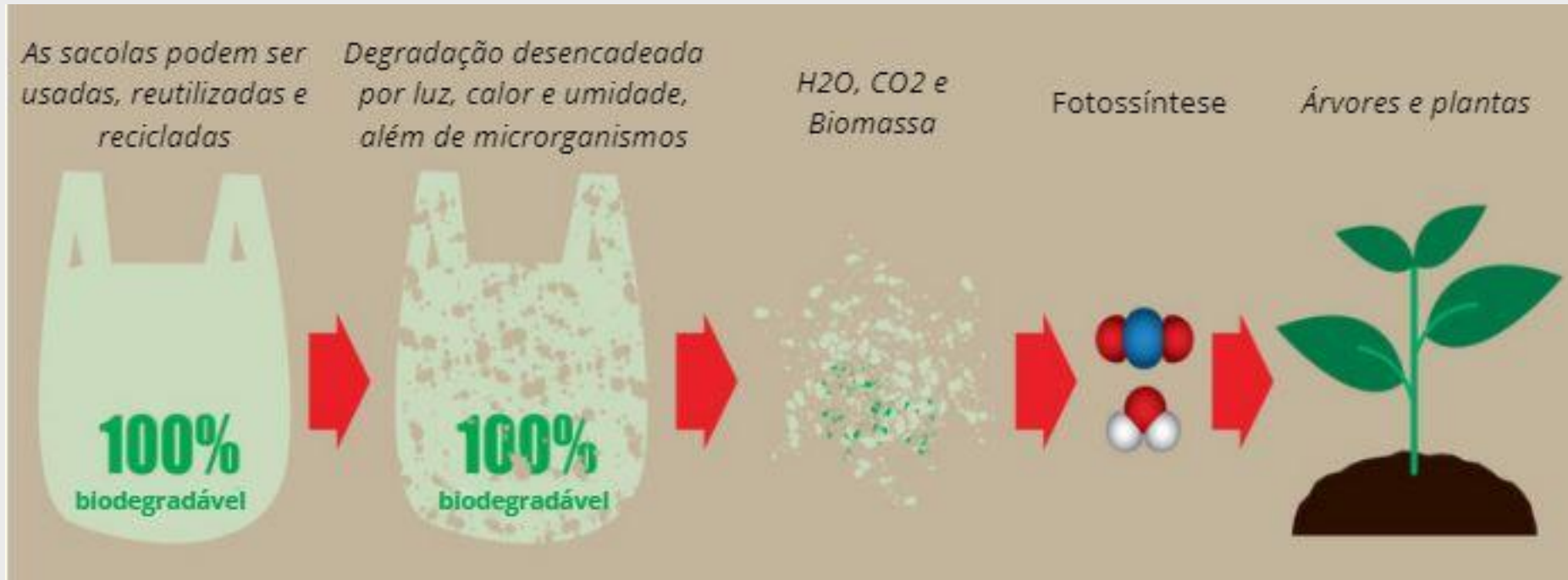
Materiais Biofilmes poliméricos

- ▶ Ácidos graxos ou gorduras (triglicérides)



Fonte: UOL

Embalagens plásticas poliméricas biodegradáveis

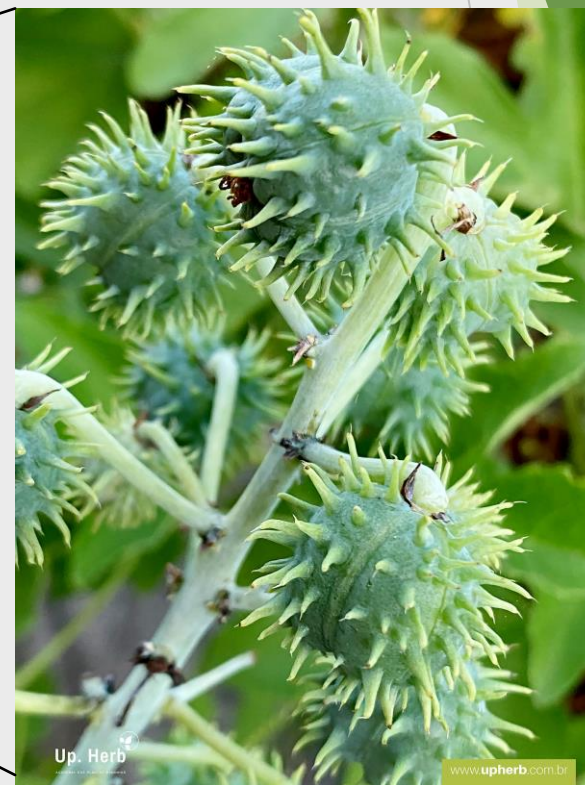


Mundo educação UOL

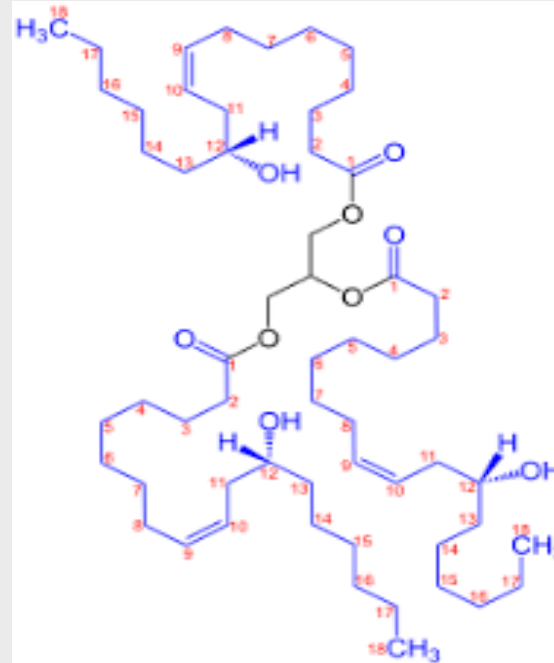
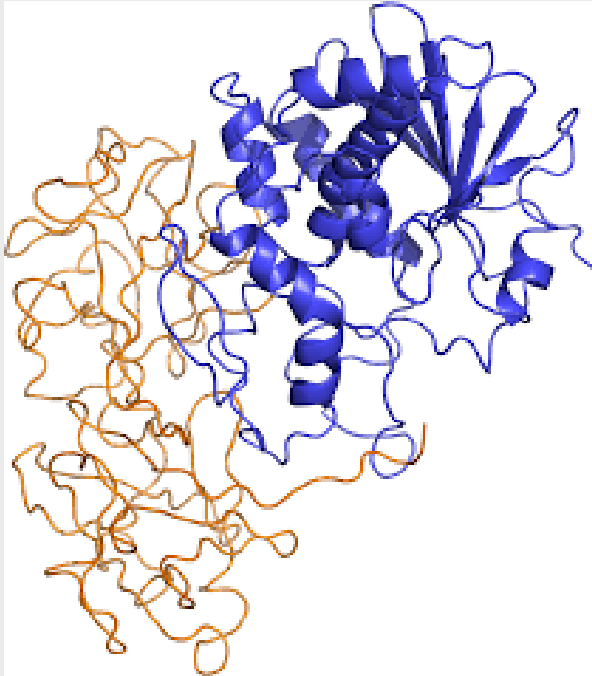
Embalagens plásticas poliméricas biodegradáveis

- ▶ Poliéster composto óleo mamona (glicerina)
- ▶ Poliuretano
- ▶ Quitosana
- ▶ Gelatina (colágeno)
- ▶ Amido
- ▶ Papel usado como embalagem de papelão ou compósito com os biofilmes

Poliéster composto óleo mamona (glicerina)



Poliéster composto óleo mamona (glicerina)



Óleo rícino esterificado

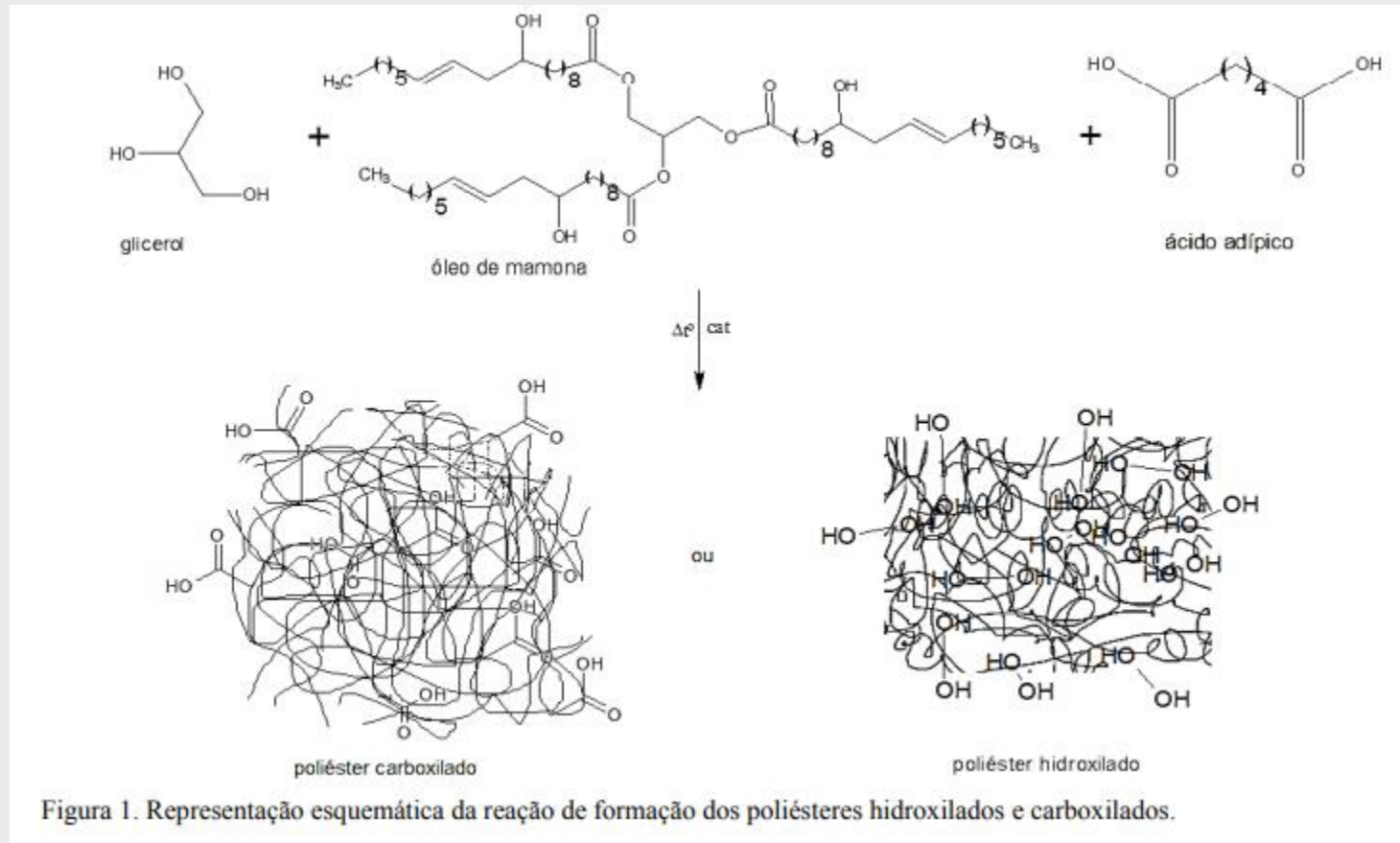
Poliéster composto óleo mamona (glicerina)

- ▶ Substituição do poliéster 24 milhões de toneladas/ano
- ▶ Os poliésteres são polímeros gerados a partir da poli condensação de polióis com ácidos dicarboxílicos conduzidos por catalisadores a base de antimônio, estanho, germânio ou titânio.

Poliéster composto óleo mamona (glicerina)

- ▶ Síntese e caracterização de poliésteres por meio da reação com glicerol, óleo de mamona e ácido adípico catalisado por dilaurato de dibutilestanho ou ácido p-tolueno sulfônico sob agitação e aquecimento sob vácuo (a 200 mmHg) à 190°C.
- ▶ Módulo elasticidade: 2,00 - 4,40 GPa (função n° hidroxilas).

Poliéster composto óleo mamona (glicerina)



Poliéster composto óleo mamona (glicerina)

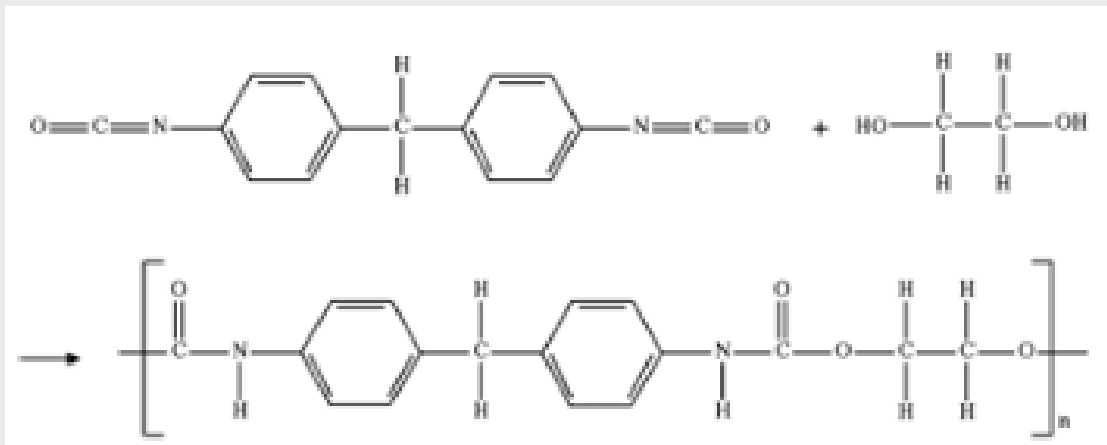


Poliuretano do óleo de mamona (glicerina)

- ▶ Óleo de mamona: massa molar média 928 g/mol
- ▶ Dietanolamina (DEA): massa molar 105,14 g/mol (Oxiteno Ltda).
- ▶ Diisocianato de isoforona (IPDI): massa molar 222,3g/mol (SigmaAldrich Co.).
- ▶ Dibutil dilaurato de estanho (DBTL): massa molar 631,56 g/mol (Sigma-Aldrich Co.).



Cardoso



Resinas de Poliuretano à Base de Óleo de Mamona e Dietanolamina e sua aplicação em Circuitos Eletroeletrônicos

- ▶ Tensão de ruptura 5,00 - 15,00 MPa (poliuretano comum 40,00 MPa)
- ▶ Deformação máxima 200%
- ▶ Módulo elasticidade 2,00 - 4,00 GPa (1,90 - 3,00 GPa)
- ▶ Constante dielétrica relativa 2,50 ($\epsilon_0 = 8,85418782 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2\text{N}^{-1}\text{m}^{-2}$.)



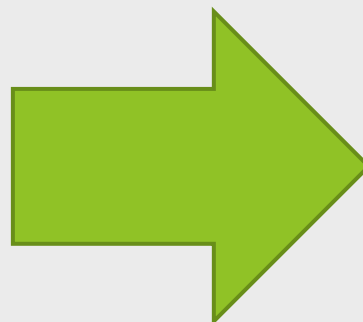
Oldemar Ribeiro Cardoso, Resinas de Poliuretano à Base de Óleo de Mamona e Dietanolamina e sua Aplicação em Circuitos Eletroeletrônicos; Polímeros, vol. 23, n. 4, p. 552-558, 2013

Poliuretano mamonas



- Resina PU mamonas+ CATALIZADOR
- 590 reais 10KG - Mercado livre

Quitosana



Quitosana

- ▶ Quitina:
- ▶ Proveniente do exoesqueleto de crustáceos.
- ▶ Camarões, 15 a 20% de quitina, 25 a 40% de proteínas e 40 a 55% de carbonato de cálcio
- ▶ Caranguejos, a quitina ocorre entre 69 e 70%,

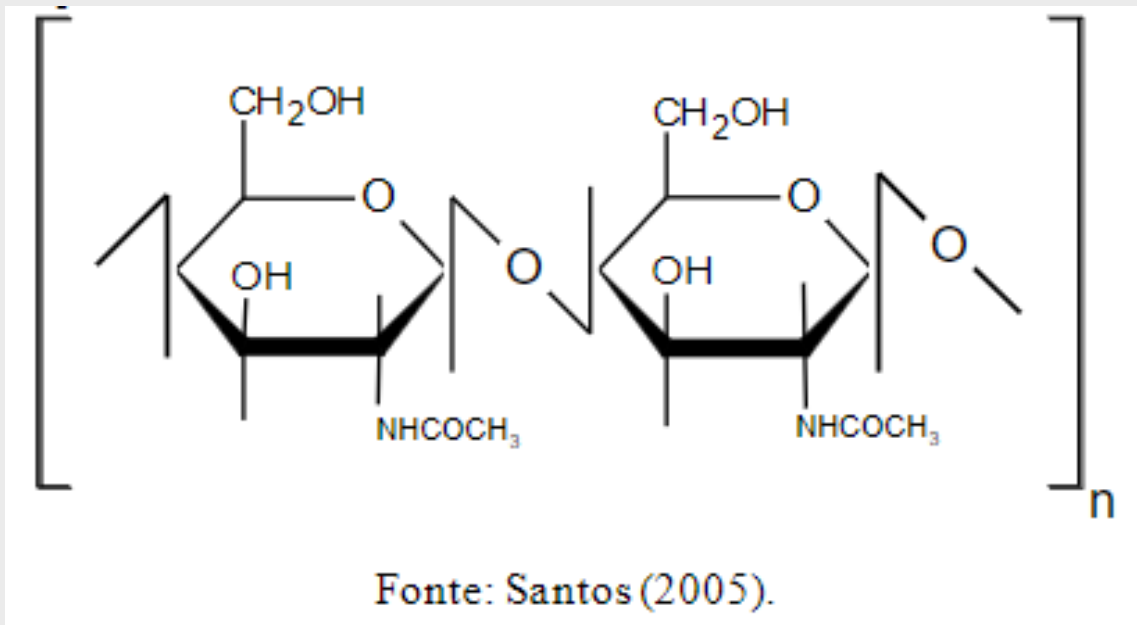


Quitosana

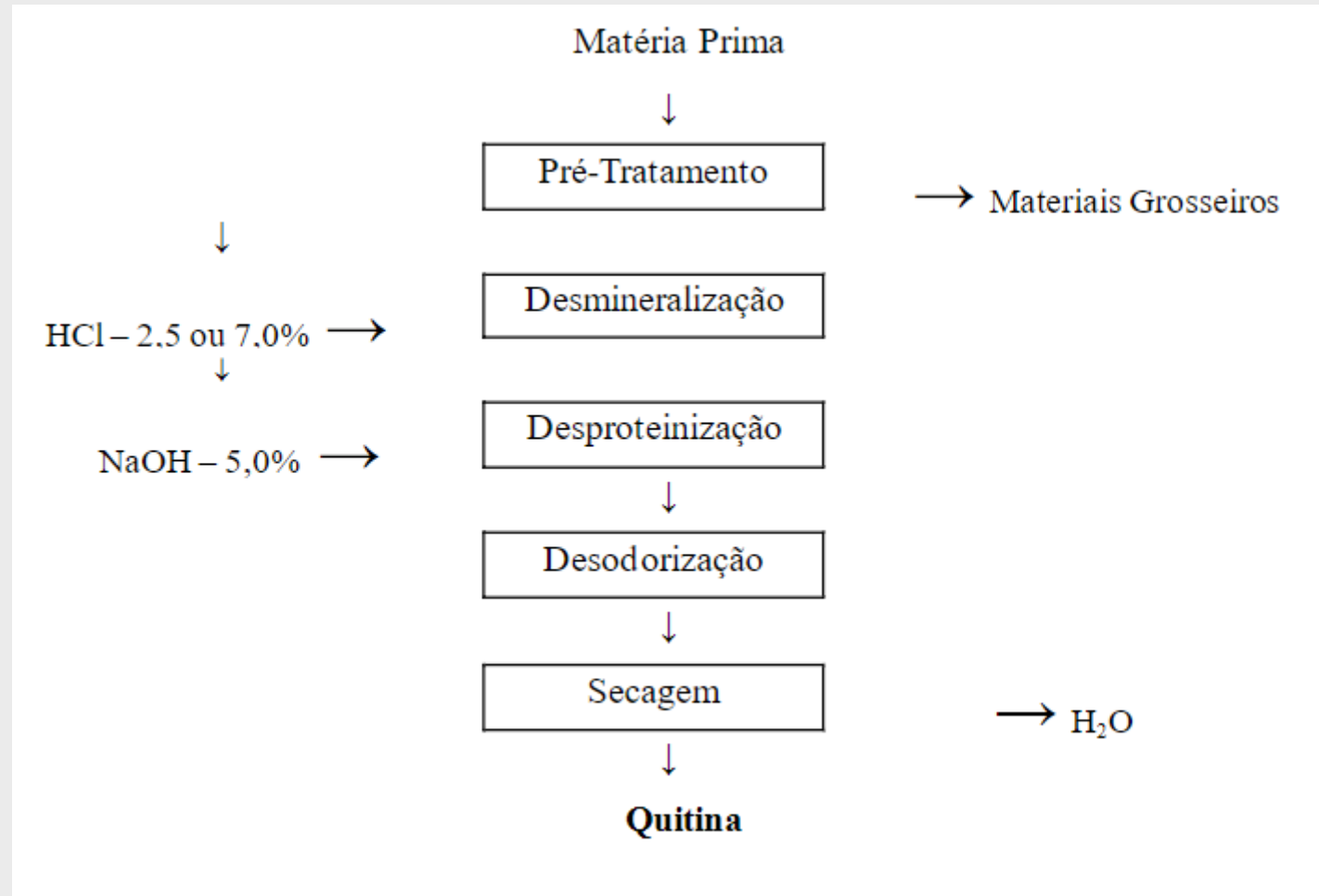
- ▶ Através dos processos de desmineralização, desproteínização, desodorização e secagem do exoesqueleto, obtém-se a quitina, que por meio de desacetilação, transforma-se em quitosana.

Quitina

- ▶ β -(1-4) -N-acetil-D-glucosamina

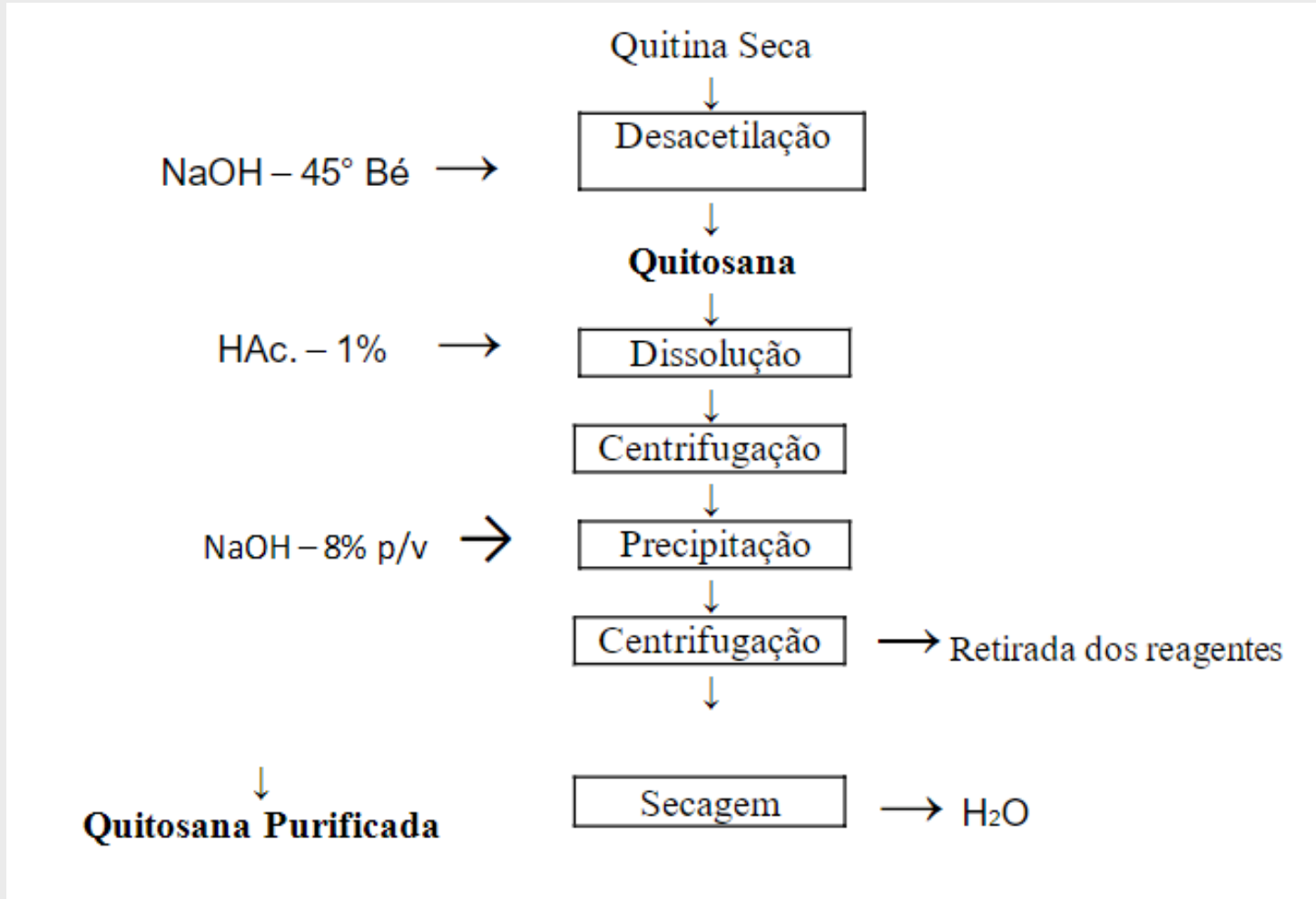


Processo de obtenção da quitina



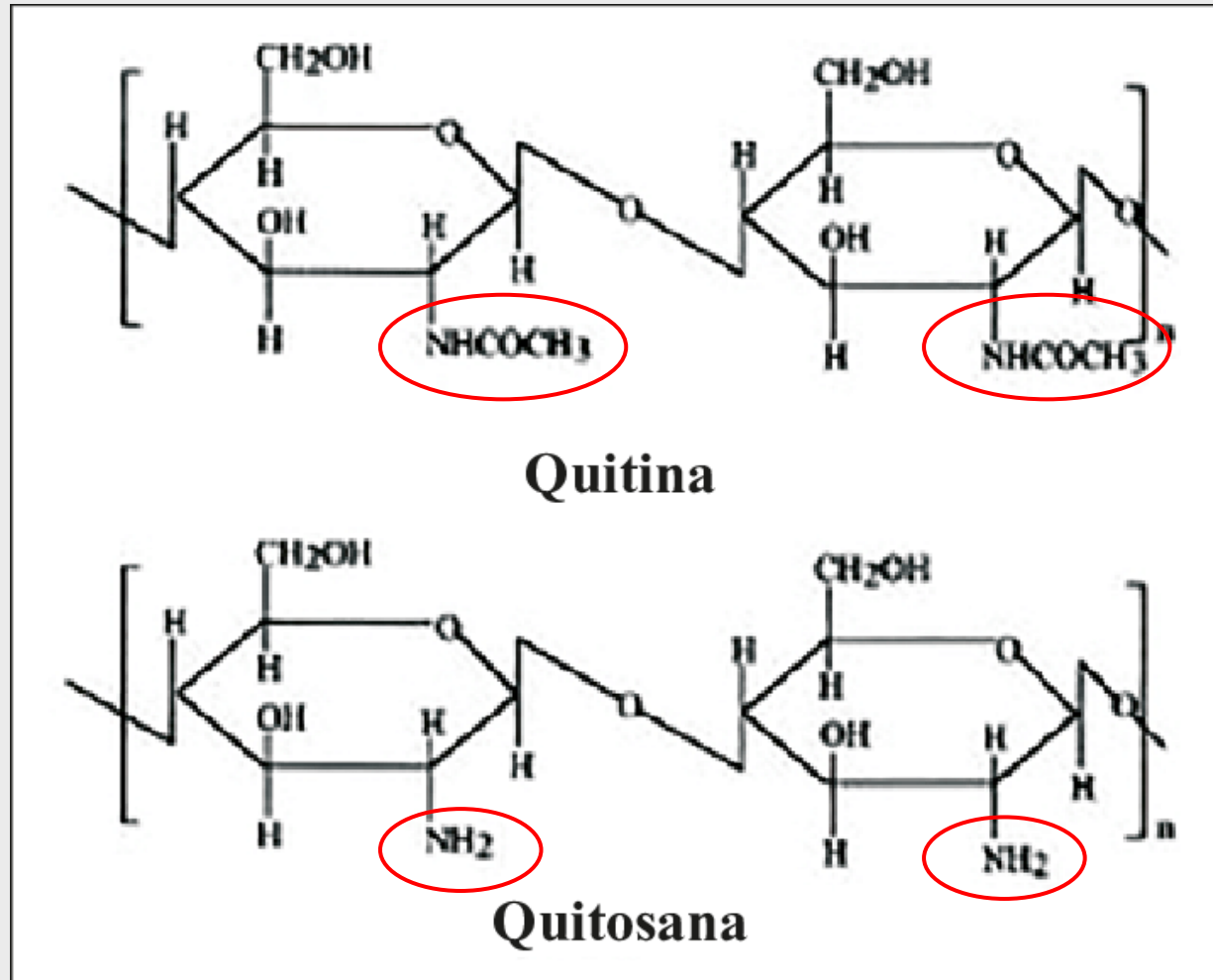
Rodrigues, Produção de biofilme de quitosana, reduzida da quitina, extraída de exoesqueleto de crustáceos.

Processo de obtenção da quitosana



Rodrigues, Produção de biofilme de quitosana, reduzida da quitina, extraída de exoesqueleto de crustáceos.

Quitosana



Rodrigues, Produção de biofilme de quitosana, reduzida da quitina, extraída de exoesqueleto de crustáceos.

Aplicações da quitosana

Tabela 3 – Diferentes aplicações da quitosana

Industrial	Saúde/Nutricional
- Purificação de água residual de indústrias	- Agente absorvedor de gordura
- Estabilizantes de gorduras em preparações de alimentos	- Redução de colesterol LDL
- Estabilizantes de aromas	- Regeneração de ferimentos
- Meio de troca iônica	- Antiácido
- Aditivo de cosméticos e xampus	- Auxiliar no controle da pressão arterial
- Absorventes na remoção de metais pesados	- Regenerador de estrutura óssea
- Proteção bactericida de sementes	- Redução do nível de ácido úrico
- Estabilizante de frutas e verduras perecíveis	- Promoção da perda de peso
- Agente imobilizante de microorganismos	- Bactericida/antiviral
	- Inibe a formação de placas dentárias bacterianas
	- Aumenta a absorção de cálcio
	- Membranas artificiais

Fonte: Craveiro et al. (1999).

Aplicações da quitosana



Rodrigues, Produção de biofilme de quitosana, reduzida da quitina, extraída de exoesqueleto de crustáceos



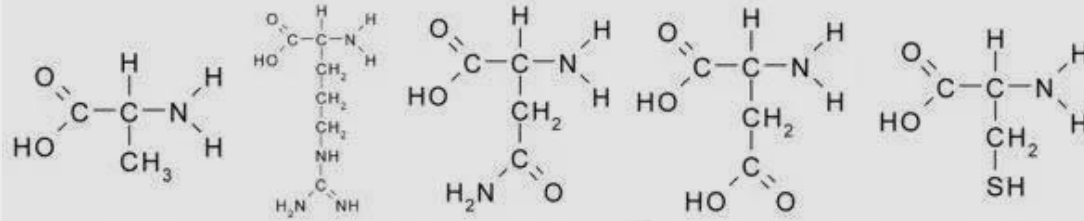
Quitosana

- ▶ Módulo de elasticidade 53,00 KPa
- ▶ Preço 1000 a 2000 reais/kg (farmacêutica), 280 reais/kg (panificação)
- ▶ Pode dobrar o tempo de consumo de ovos
- ▶ Preço de 350mg, frasco com 60 comprimidos- 21,55 reais.

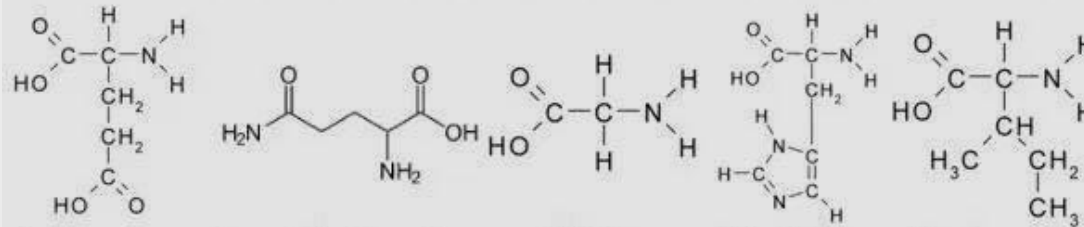


Elton Alisson | Agência FAPESP – Centro de Desenvolvimento de Materiais Funcionais (CDMF) – (CEPID) apoiado pela FAPESP na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)

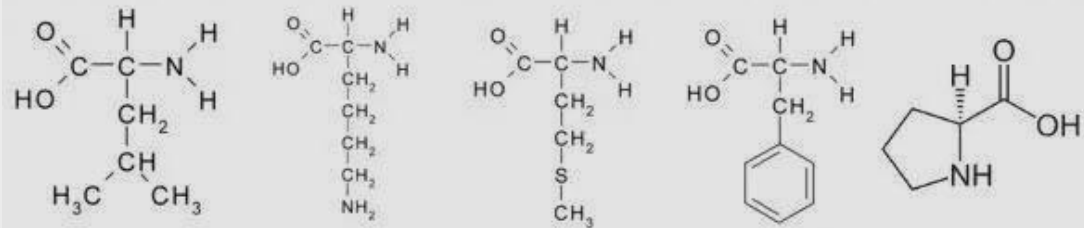
TIPOS DE AMINOÁCIDOS



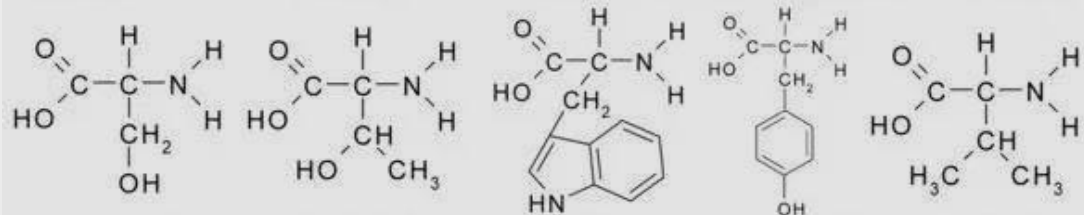
Alanina Arginina Asparagina Ácido aspártico Cisteína



Ácido glutâmico Glutamina Glicina Histidina Isoleucina



Leucina Lisina Metionina Fenilalanina Prolina



Serina Treonina Triptofano Tirosina Valina

Filmes proteicos

- ▶ Caseína, proteína de soro, colágeno, gelatina, queratina, glúten de trigo, proteína de soja, proteína de amendoim, milho-zeína e proteína de semente de algodão
- ▶ Preparação por Isolamento e conformação
- ▶ Compostos aminoácidos polares e apolares

Revestimentos por aspersão



Guiada semana



Compre rural

Filmes proteicos

- ▶ Filmes comestíveis
- ▶ Ausência de sabor e odor
- ▶ Atuam como barreira semipermeável a umidade, gases e compostos aromáticos
- ▶ Ex: Zeína é Insolúvel em água (aminoácidos não polares) solúveis soluções alcoólicas 65-95%



Filmes proteicos

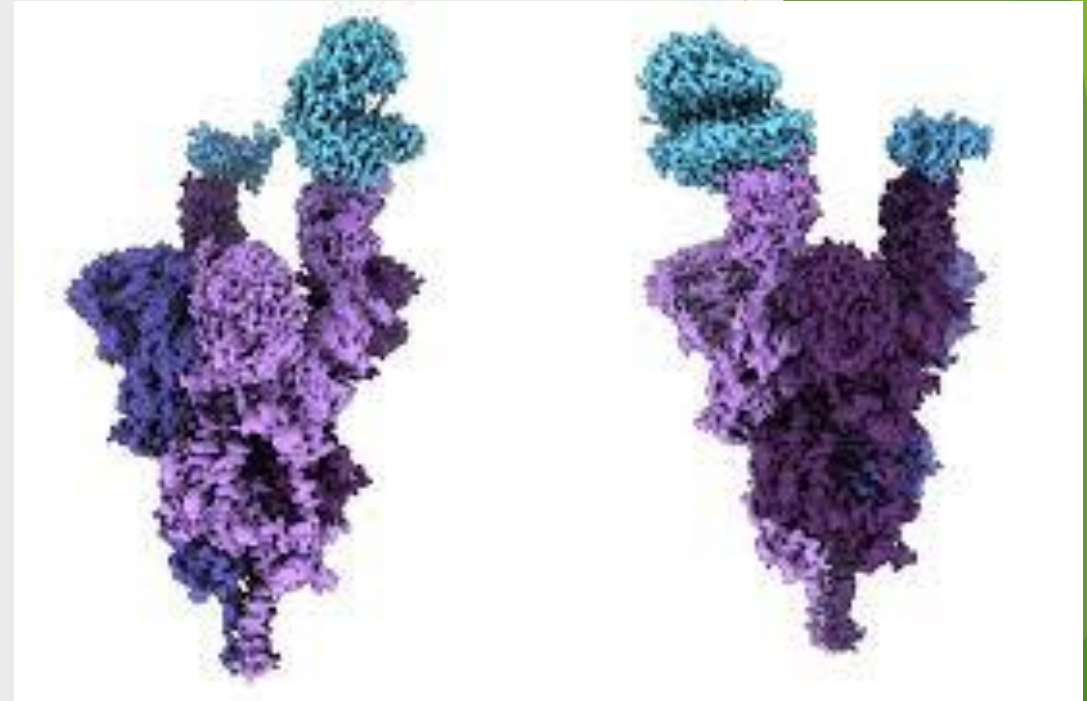
- ▶ Transparentes, homogêneos e flexíveis
- ▶ Solúveis em álcool e solventes orgânicos
- ▶ Preço ainda não competitivo
- ▶ 5000 cápsulas de medicamentos R\$ 200,00



Fonte: Portal Embrapa

Proteína animal

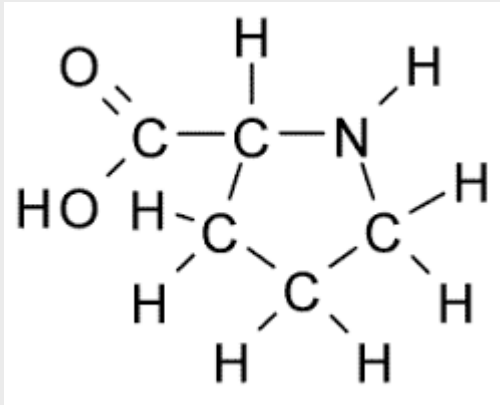
- Alto peso molecular
- Composição variada
- Alto custo
- Produção tradicional de cola



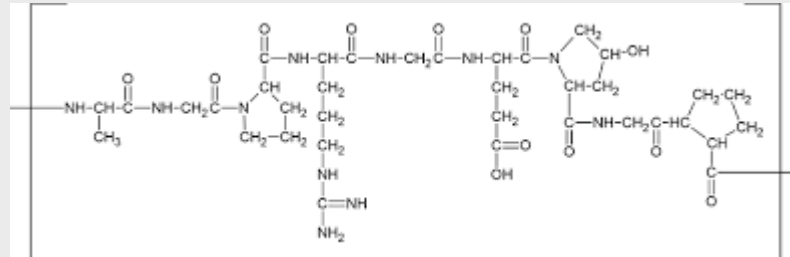
Revista galileu

Filmes proteicos

Colágeno

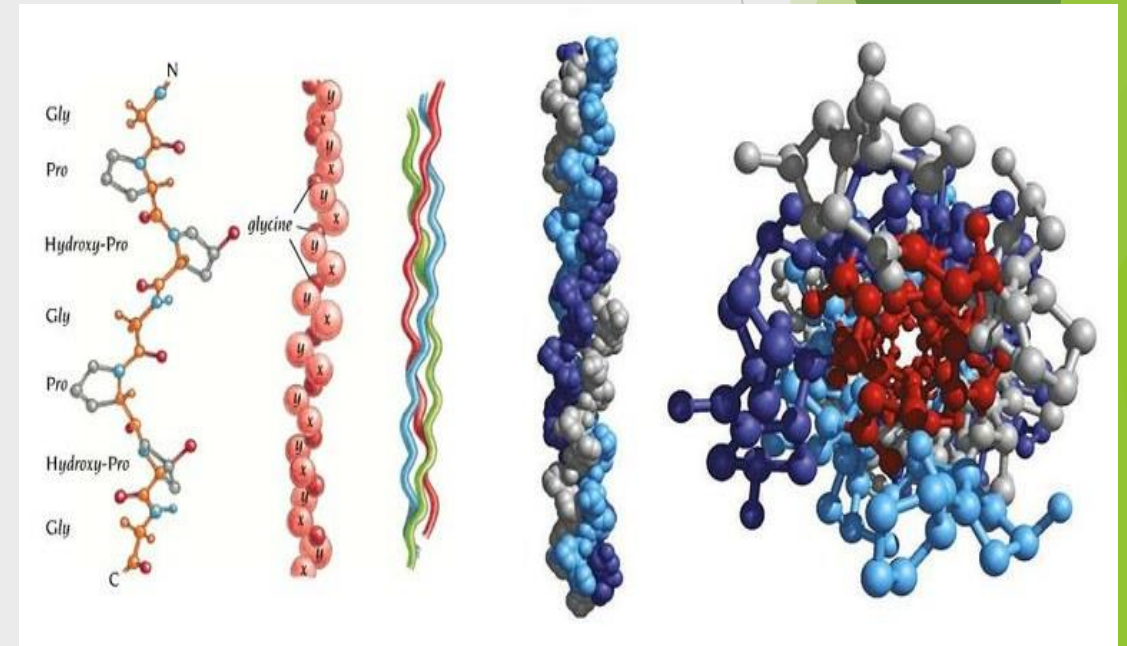
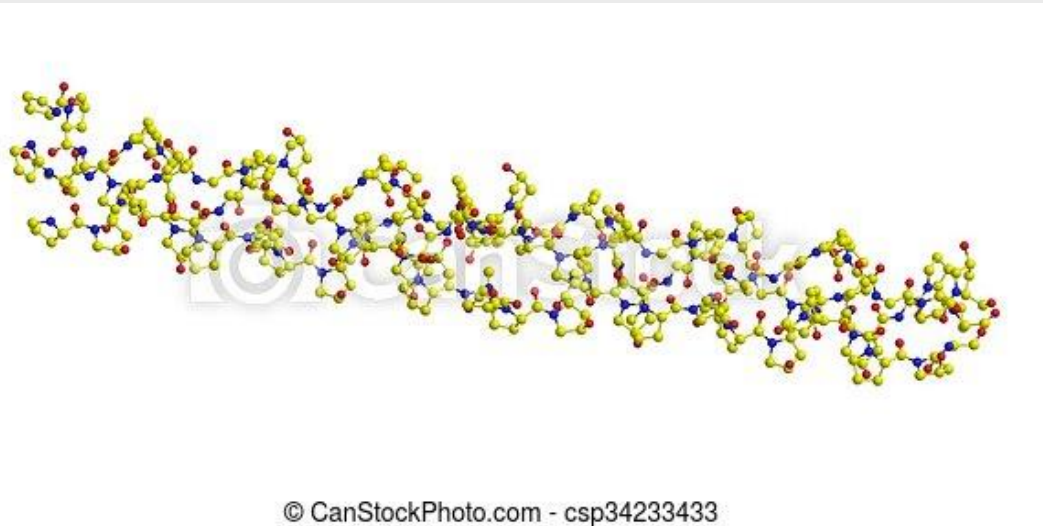


Gelatina



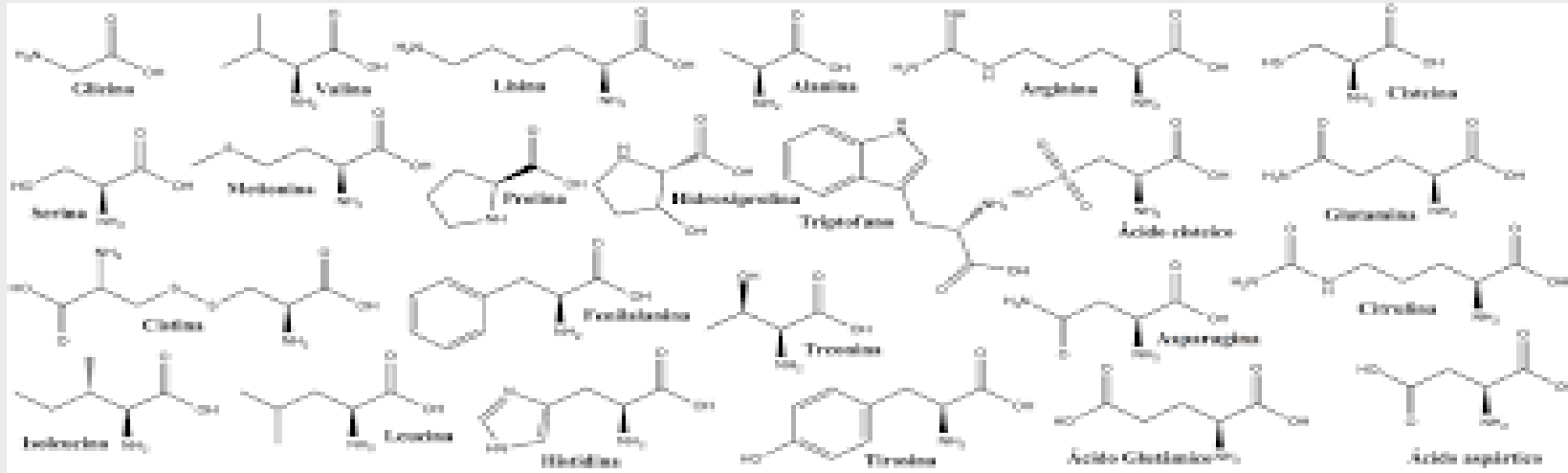
Aquecimento em meio ácido

Prolina aminoácido elementar

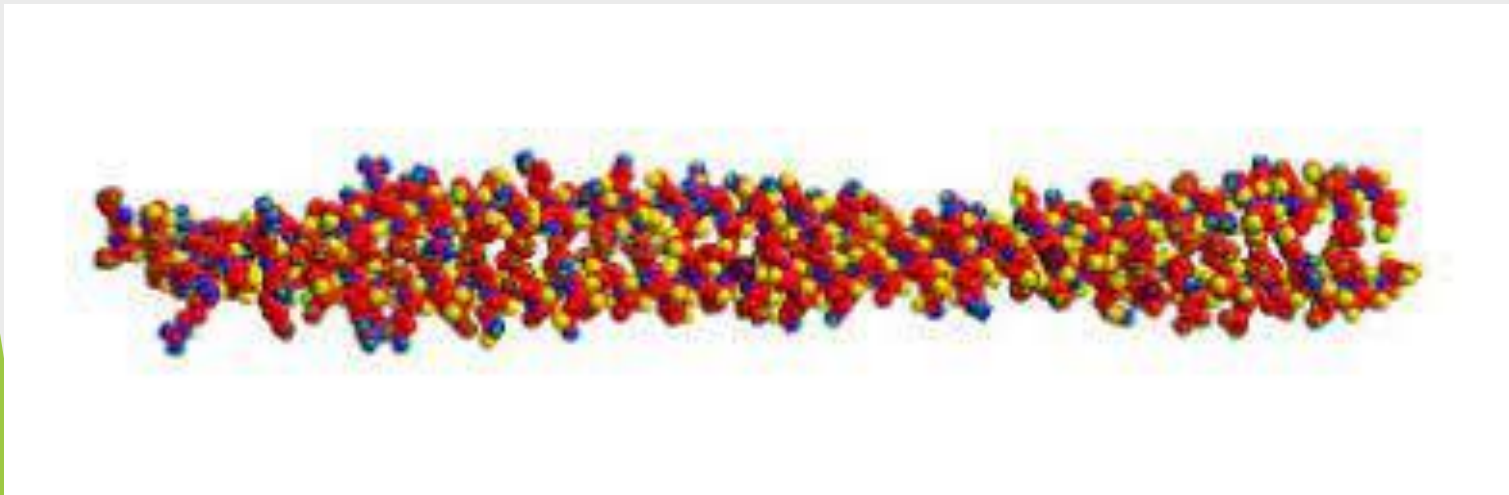


34

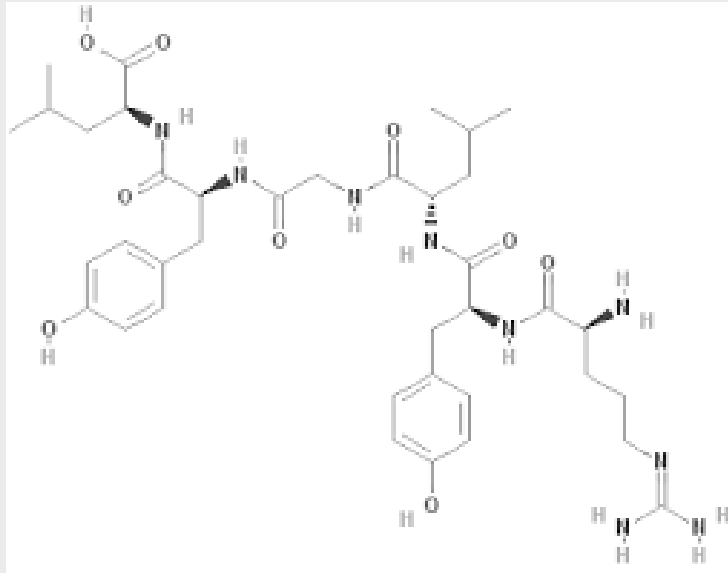
Filmes proteicos: pectina, pelos e cabelos



<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fcampusvirtual.ufsj.>

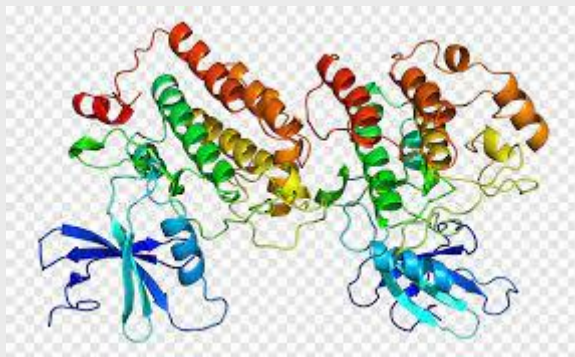


Filmes proteicos



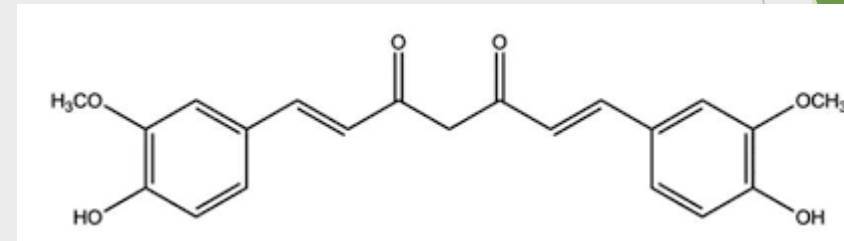
Caseína

Leite

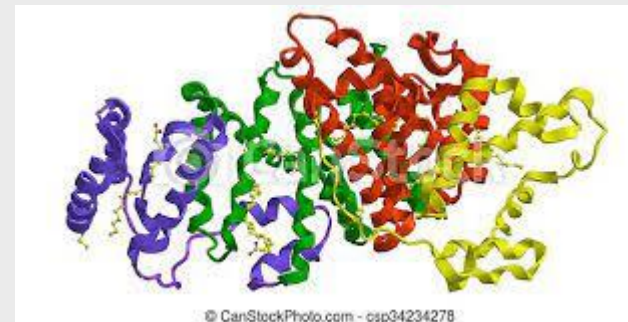


PNGWing

Ovo

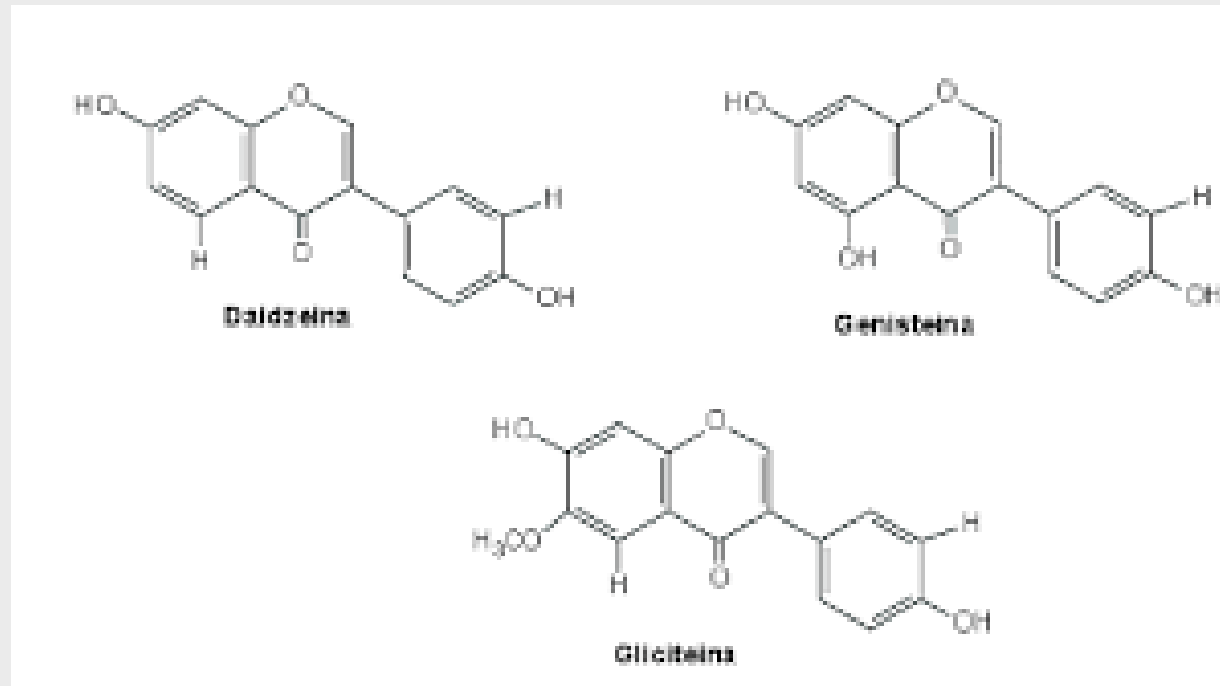


Proteína de soro albumina



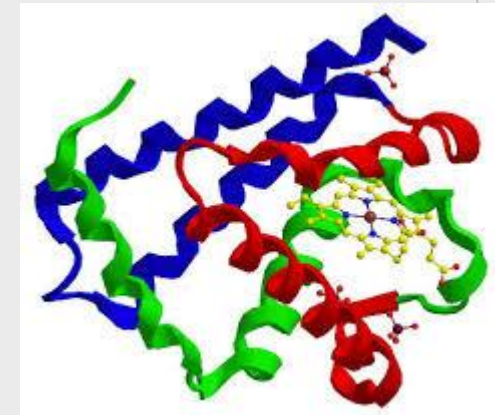
Revestimento de pulverização e comprimidos

Filmes proteicos: Proteína de soja



Isoflavonas

Reserchgate



Brasil escola

Proteína de soja

Biofilmes de amido

- ▶ Revestimentos aspergidos geralmente em frutas
- ▶ Boa resistência às trocas gasosas
- ▶ Não alteram sabor e aroma



Biofilmes de amido

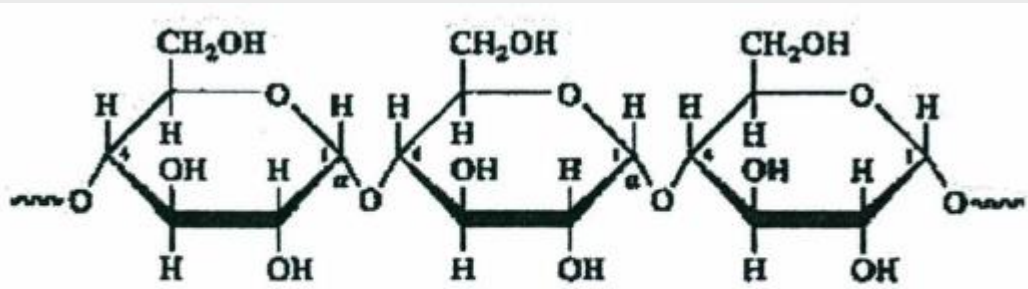


Figura 2.5 – Estrutura da Amilose.

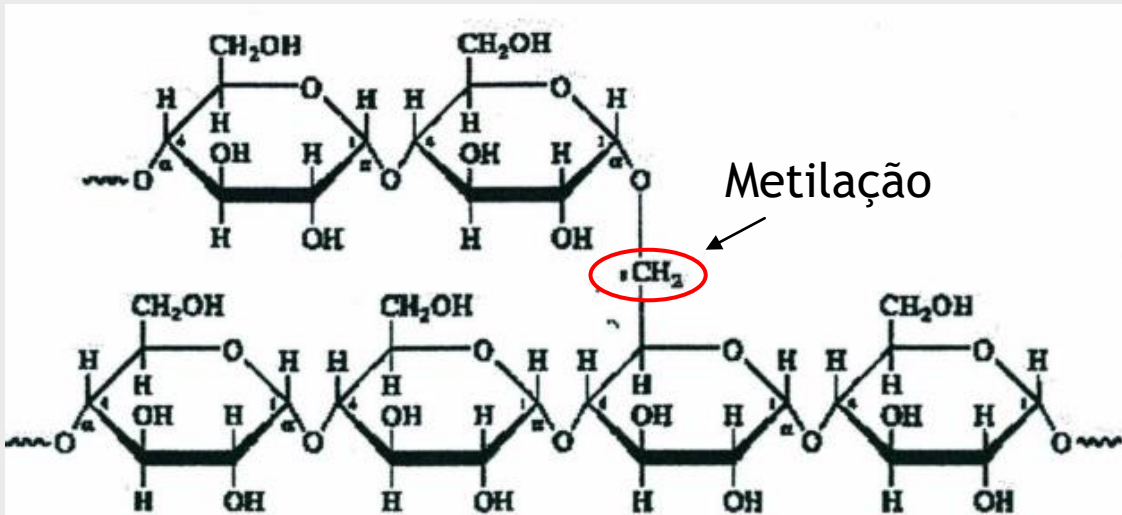


Figura 2.6 – Estrutura da Amilopectina.



Modelo de estrutura cristalina-amorfa de polímeros parcialmente cristalinos

Biofilmes de amido

Fonte de Amido	% Amilose	% Amilopectina
Arroz	30	70
Batata	20	80
Mandioca	17	83
Milho	27	73
Trigo	25	75
Waxy	0 - 1	99 - 100
Alta amilose	70	30

Fonte: IQSC, 2001

Biofilmes de amido

- ▶ Fécula de mandioca usada por sua transparência, boa resistência às trocas gasosas e baixo custo



Biofilmes de amido



Biofilmes de amido

- ▶ Limitações propriedades mecânicas necessitando de aditivos e compósitos (plastificantes)
- ▶ Preço R\$ 130 cada 25 kg (Mercado Livre)
- ▶ R\$ 2600 por tonelada (Cianorte)



Brasilian Journals

Filmes propriedades mecânicas

Material	Módulo de elasticidade
Peixe sem miofibrina, 2% alongação	3,50 – 4,60 Mpa
Peixe com 5% miofibrina	5,70 Mpa
Filme de colágeno (gelatina) Tilápia	755,00 MPa
Filme de pectina pura	25,00 MPa
Filme soro de leite (3% óleo de coco)	7,00 Mpa
Filme proteína de soja (5% glicerol)	15,00 Mpa
Filme proteína de soja (20% glicerol)	67,00 Mpa
Filme proteína glúten	10,5 Mpa
Fibra vegetal (papel/celulose)	2,60 - 20,00 GPa (em função da trama)

Material sintético	Módulo de elasticidade
PVC (Cloro de polivinila)	2,41-4,14 GPa
Epóxi	2,41 GPa
Fenólico	2,76-4,83 GPa
Náilon 6,6	1,59-3,79 GPa
Polibutireno tereftalato (PBT)	1,93-3,00 GPa
Policarbonato (PC)	2,38 GPa
Poliéster (termofixo)	2,06-4,41 GPa
Poliestireno (PS)	2,28-3,28 GPa
Poliéter-éter-cetona (PEEK)	1,10 GPa
Poliétileno Alta densidade (HDPE)	1,08 GPa
Poliétileno tereftalato (PET)	2,76-4,14 GPa
Polimetil metacrilato (PMMA)	2,24-3,24 GPa
Polipropileno (PP):	1,14-1,55 GPa

COMESTÍVEIS DE ZEÍNA Tese de Doutorado Programa de Pós-Graduação
em Engenharia Química, da Universidade Federal do Ceará Fortaleza 2016 TALITA
MACEDO DOS SANTOS; MELHORIA DE PROPRIEDADES FÍSICAS DE FILMES E REVESTIMENTOS
Gabriel Augusto Ampessan, Danilo Antonio Giarola; Estudo das propriedades mecânicas de filmes de
proteína de
soro de leite modificados com óleo de coco RECEN 18(2) p.232-243 jul/dez 2016
DOI:10.5935/RECEN.2016.02.03

Inovações: biofilmes ativos

- ▶ 1) Bioxina, um antioxidante natural em embalagens de alimentos ativos para a proteção de alimentos sensíveis à oxidação. Liana Stoll ^a, Marie-Noelle Maillard ^b, Even Le Roux ^b, Simone Hickmann Flores ^{^ a}, Sonia Marli B. Nachtigall ^c, Alessandro Rios ^a, Sandra Domenek ^b, 2023
- ▶ Bioxina carotenoide antioxidante natural colorido (laranja) aumenta vida de prateleira de alimento susceptíveis de oxidação química e por UV.

Inovações: biofilmes ativos

- ▶ 2) Canela: Um ingrediente antimicrobiano para embalagens ativas. Raquel Lucas-Gonzalez ^{a,b}, Birsen Yilmaz ^c, Amin Mousavi Khaneghah ^{d,k}, Christophe Hano ^e, Mohammad Ali Shariati ^{f,l}, Sneha Punia Bangar ^g, Gulden Goksen ^h, Kuldeep Dhama ⁱ, Jos´e Manuel Lorenzo ^{a,j}, 2023
- ▶ Cinnamon ou canela responsável por atividade antibiótica. Protege contra atividade microbiana aumentando tempo de comercio dos produtos

Inovações: biofilmes ativos

- ▶ 3) Quitosana bioativa e óleos essenciais em embalagens de alimentos ativos sustentáveis: tendências, mecanismos e aplicações recentes Shuva Bhowmik, Dominic Agyei, Azan Ali 12/2022
- ▶ Quitosana amido vegetal
- ▶ Óleos essenciais controlam o crescimento de microrganismos patogênicos e a oxidação de lipídios em produto muito perecíveis

Inovações: biofilmes ativos

- ▶ 4) Desenvolvimento de filmes ativos de embalagem à base de quitosana enxertada com colágeno/ácido gálico incorporando com ϵ -polilisina para preservação de carne suína. Tingting Zheng, Pingping Teng, Changtai Yang 2023
- ▶ Atuação antimicrobiana, anti UV (filtro de cor), retarda a oxidação lipídica, efeito antioxidante.

Bibliografia

- ▶ Felipe Melo Costa Silva, Kauan Regis Santana Conceição, Francisco de Assis dos Santos Silva, Instituto Federal de Ciências e Tecnologia SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE POLÍMEROS E ÓLEOS NATURAIS E SUA APLICAÇÃO NA CONSERVAÇÃO DE FRUTAS Latin American Journal of Energy Research – Lajer (2017) v. 4, n. 1, p. 41 – 51 DOI: <http://dx.doi.org/10.21712/lajer.2017.v4.n1.p41-51>
- ▶ Cardoso Oldemar Ribeiro, Rosângela de Carvalho Balaban Laboratório de Pesquisa em Petróleo, LAPET, Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN Preparação de Resinas de Poliuretana à Base de Óleo de Mamona e Dietanolamina e sua Aplicação em Circuitos Eletroeletrônicos; Polímeros, vol. 23, n. 4, p. 552-558, 2013
- ▶ João Ricardo Afonso Pires Desenvolvimento de biofilmes para a indústria alimentar Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Tecnologia e Segurança Alimentar 2017
- ▶ Rodrigues, L. O., de Freitas, N. M., Barbosa, P. da S., Azevedo, O. de A., Fiorese, C. H. U., & Silva-Filho, G. (2020). Produção de biofilme de quitosana, reduzida da quitina, extraída de exoesqueleto de crustáceos: proposta e disponibilização sustentável / Chitosan biofilm production, reduced from chitin, extracted from exoskeleton of crustaceans: proposal and sustainable availability. *Brazilian Applied Science Review*, 4(1), 218–239. <https://doi.org/10.34115/basrv4n1-01>
- ▶ R. C. ALVES, P. B. RIBEIRO¹, L. P. RICARDO¹, M. M. MORAIS¹ e G. S. ROSA¹ CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-MECÂNICA DE BIOFILMES COMESTÍVEIS À BASE DE GELATINA E DE AMIDOS DE MILHO E MANDIOCA ; congresso Brasileiro de engenharia química e iniciação científica Unicamp julho 2015

Bibliografia

- ▶ Costa Maria Clara Caldas , Camila Rodrigues Azevedo, Rosângela Maria Lopes de Sousa Alexandro Ferreira dos Santos , Ângela Tâmara Souza Barroqueiro; EMBALAGENS DE ALIMENTOS À BASE DE BIOFILMES COMESTÍVEIS: uma revisão de literatura Revista Ceuma Perspectivas, Edição Especial, V Congresso de Saúde e Bem Estar Ceuma. Vol. 30, nº02, 2017. ISSN Eletrônico: 2525-5576
- ▶ Gabriel Augusto Ampessan, Danilo Antonio Giarola; Estudo das propriedades mecânicas de filmes de proteína de soro de leite modificados com óleo de coco RECEN 18(2) p.232-243 jul/dez 2016 DOI:10.5935/RECEN.2016.02.03
- ▶ HALAL, Shanise Lisie Mello el ; ROCHA, Meritaine da; RIOS, Dennis Gomes; TELLES, Annie Campello; PRENTICE, Carlos PROPRIEDADES FÍSICAS, MECÂNICA E DE BARREIRA DE FILMES BIODEGRADÁVEIS DE ISOLADO PROTÉICO DE CORVINA (*Micropogonias furnieri*) COM METILCELULOSE E ÓLEO DE PALMA XII EMPOS 2007
- ▶ . Vanderléia Assmann* (IC), Aline Fernandes de Oliveira (PG) e Valdir Soldi (PQ) Propriedades mecânicas e morfológicas de filmes desenvolvidos a partir de proteína isolada de soja/CTAB/plastificantes Sociedade Brasileira de Química (SBQ) 29a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química 2006
- ▶ TALITA MACEDO DOS SANTOS; MELHORIA DE PROPRIEDADES FÍSICAS DE FILMES E REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS DE ZEÍNA Tese de Doutorado Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, da Universidade Federal do Ceará fortaleza 2016

Bibliografia:

- ▶ Andreani Larissa PROPRIEDADES TÉRMICAS, MECÂNICAS E ESTABILIDADE DE FILMES DE PECTINA CÍTRICA E POLI(4-ESTIRENOSSULFONATO DE SÓDIO) Florianópolis, https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/105223/Larissa_Andreani.pdf?sequence=1 Novembro de 2005
- ▶ Coutinho Matheus Fontes; Gustavo de Souza dos Santos PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES FLEXÍVEIS DE COLÁGENO DE TILÁPIA-DO-NILO COM ADIÇÃO DE PLASTIFICANTE E ÓLEO ESSENCIAL DE CRAVO-DA-ÍNDIA 2018 ISSN: 2447-4215 https://doity.com.br/media/doity/submissoes/artigo-304f55c4788440d6dc935f05704d0cd584bfc6d7-arquivo_revisado.pdf
- ▶ Pereira Fabiano Vargas, Everton Luiz de Paula , João Paulo de Mesquita , Alessandra de Almeida Lucasc e Valdir Manod BIONANOCOMPÓSITOS PREPARADOS POR INCORPORAÇÃO DE NANOCRISTAIS DE CELULOSE EM POLÍMEROS BIODEGRADÁVEIS POR MEIO DE EVAPORAÇÃO DE SOLVENTE, AUTOMONTAGEM OU ELETROFIAÇÃO Quim. Nova, Vol. 37, No. 7, 1209-1219, 2014 <https://s3.sa-east-1.amazonaws.com/static.sites.s bq.org.br/quimicanova.s bq.org.br/pdf/v37n7a17.pdf>
- ▶ Bibliografia coletada entre 1/05 2023 e 14/05/2023

Perguntas?

53

Gratos!

Fim

54