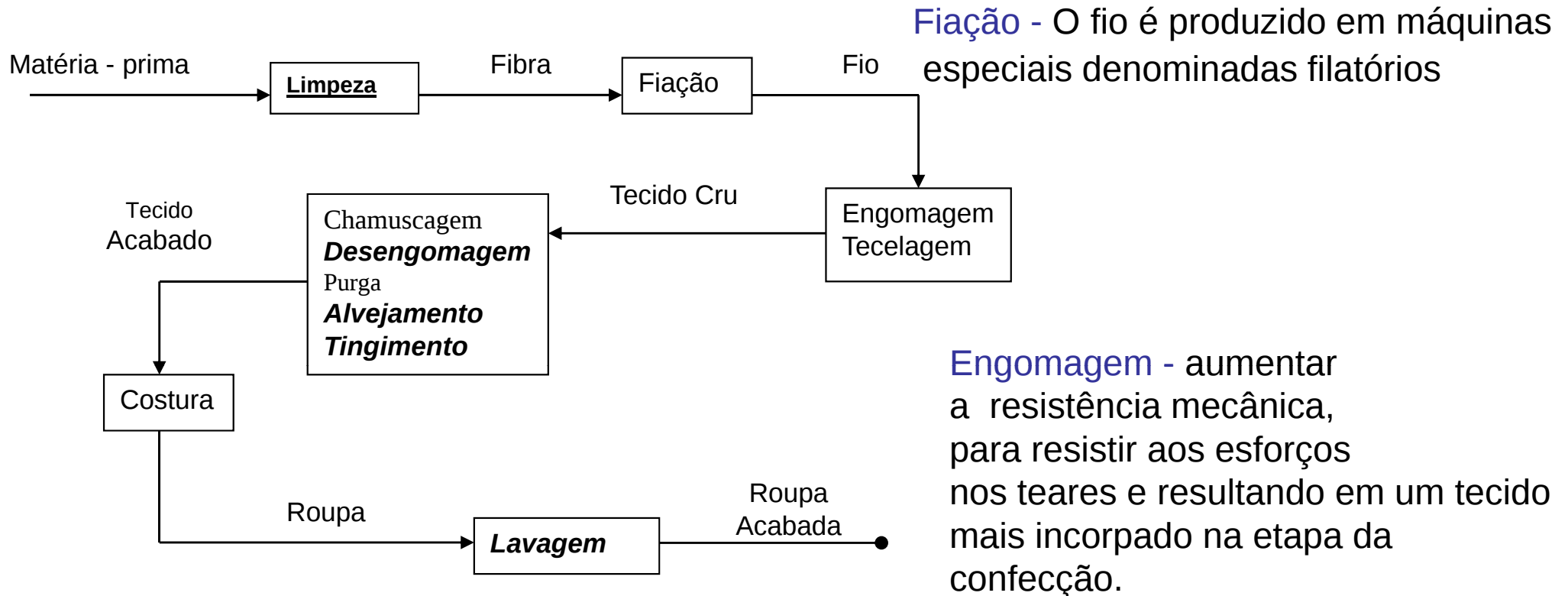


Enzimas Aplicadas na Industria Têxtil e de Curtumes



ETAPAS DO PROCESSAMENTO DE FIBRAS DE ALGODÃO



Alvejamento-branqueamento inicial da malha.
Tem a função de limpeza das impurezas das mesmas,

Chamuscagem - É a queima da penugem do pano

A **desengomagem** é a remoção, através do emprego de produtos químicos, da goma aplicada ao tecido antes da tecelagem

APLICAÇÃO ENZIMÁTICA

- **Limpeza** – uso de pectinases visando remoção de substâncias pecticas para produção de fibras têxteis naturais. Envolve a etapa de liberação das fibras celulósicas do caule das plantas, através da destruição total da parede secundária que é composta de substâncias pecticas em sua grande totalidade. Microrganismo (*Penicillium sp*) produtor de pectinases para a indústria têxtil - eficiência na produção de enzimas pectinolíticas, associada à baixa atividade de celulasas, pois estas enzimas atuam enfraquecendo as fibras naturais que são constituídas de celulose.
- **Desengomagem**- o uso das enzimas que hidrolisam o amido constitui o método preferido devido ao alto grau de eficiência e à sua ação específica. As *amilases* (α -amilases bacterianas e termotolerantes) eliminam completamente a goma sem causar estragos no tecido. Outra vantagem é o fato das enzimas serem inofensivas ao meio ambiente, de modo que os efluentes deste processo são mais aceitáveis do ponto de vista de proteção ambiental.
- **Alvejamento**- Tecidos naturais são normalmente alvejados com peróxido de hidrogênio antes do tingimento - método tradicional neutraliza-se o alvejante com um agente de redução. As enzimas apresentam uma alternativa mais conveniente uma pequena dose de *catalase* é capaz de decompor o peróxido de hidrogênio em água e oxigênio.
- **Tingimento** - tratamento enzimático com celulasas conhecido como biopolishing tem, até agora, principalmente sido usado para tecidos de algodão (tratamento confere ao tecido uma aparência mais regular e lustrosa- remove os fuzz – bolinhas). A lã é constituída de proteína e, por isso, o tratamento deve ser feito com *protease*.
- **Acabamento do jeans**- lavagens de jeans *celulase* especial para acelerar a abrasão. A celulase (são *celulasas* produzidas por *Trichoderma sp.* e *Humicola sp.*, que atuam a pH 4 a 7) trabalha na dissolução da tinta azul-índigo do brim em um processo conhecido como bio-lavagem (*biostoning*).

Enzimas comerciais utilizadas em remoção de adesivos à base de amido de tecidos

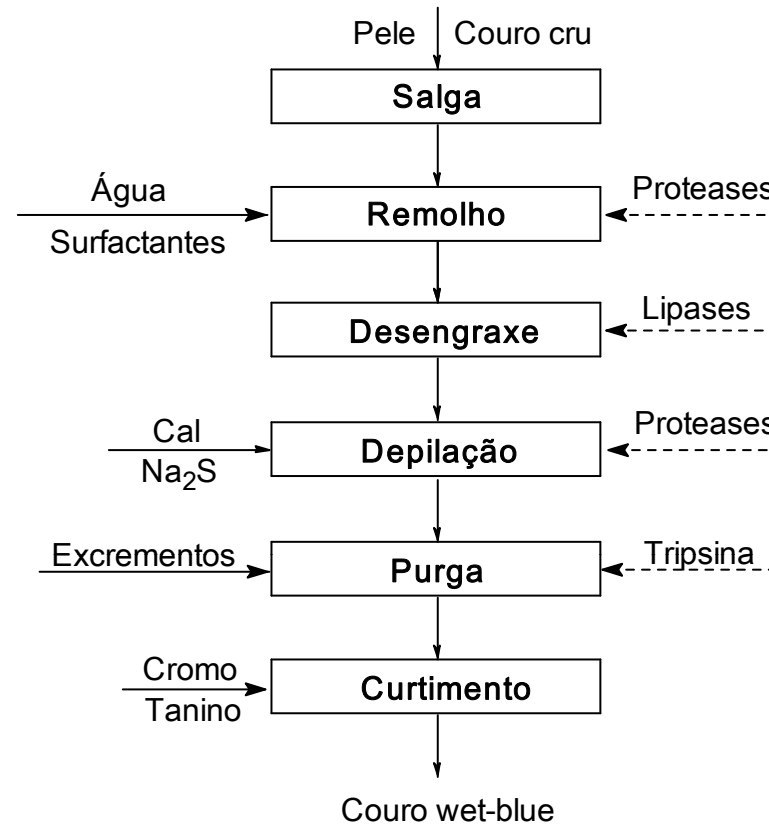
Tipo de enzima	temperatura de operação (°C)	pH	inibidores	ativadores
Amilase de malte	55-65	4,5-5,5	íons metálicos, alcali, contaminantes do amido	íons cálcio
Amilase de pâncreas	40-55	6,5-7,0	íons metálicos, ácidos	-
Amilase fúngica	50-55	4,5-5,5	íons metálicos, alcali, sequestrantes	íons cálcio
Amilase bacteriana	60-75	5,5-7,0	sequestrantes, surfactantes aniônicos	íons cálcio
Amilase bacteriana termoestável	85-110	5,0-7,5	surfactantes aniônicos	íons cálcio

ETAPAS DO PROCESSAMENTO E APLICAÇÃO ENZIMÁTICA NO COURO

- **Salga-** Para preservar peles e couros crus antes do processamento, eles são desidratados e acondicionados com sal anidro, ou então imersos em uma salmoura e secos ao sol - evitar a contaminação microbiológica, que poderia prejudicar o tratamento enzimático nas outras etapas.
- **Remolho** - Nas curtidoras, as peles e couros crus são reidratadas para remoção de sal, impurezas, sangue e resíduos gordurosos, em uma etapa chamada de pré-molho. Depois na etapa de remolho, as proteínas não-fibrilares, como albuminas e globulinas são removidas para facilitar este processo, proteases alcalinas são usadas para remover estas proteínas não-fibrilares, facilitando a absorção da água pelo couro e diminuindo o tempo de remolho. As enzimas podem ser utilizadas conjuntamente com surfactantes aniônicos e não-íonicos.
- **Desengraxe** - O desengraxe com lipases está associado a etapa de remolho e tem sido usado como alternativa aos tensoativos e solventes. As lipases hidrolisam não apenas a gordura da superfície dos couros crus e peles, mas também a gordura interna da estrutura do couro. A vantagem de se usar as lipases está em que elas não interferem na estrutura, apenas hidrolisam a gordura.

- **Depilação (Calagem)** - No processo de depilação é removido tanto o pêlo quanto a epiderme do couro cru (proteínas residuais não-fibrilares com uma mistura de cal hidratada (CaO), soda (NaOH) e sulfeto de sódio (Na_2S) - gerar efluentes com necessidade de tratamento. O uso de proteases alcalinas, é diminuída em mais da metade a quantidade de cal e sulfetos requeridos - a qualidade final do couro é melhorada, menos efluente é produzido.
- **Purga** - Antes do curtimento, o couro precisa ser parcialmente neutralizado com ácidos orgânicos, para depois iniciar a etapa de purga para tornar o couro mais macio através de um tratamento enzimático que elimina as glicoproteínas e os resíduos das outras etapas, e relaxa as fibras de colágeno do couro. Tradicionalmente, se utiliza excremento de cães e pombos como agente de purga. Além de ser um processo de difícil controle, com resultados imprevisíveis, o excremento não contribuía exatamente para a criação de uma ambiente agradável de trabalho. Atualmente, as proteases pancreáticas, como a tripsina, e as fúngicas ácidas são usadas no processo de purga.
- **Curtimento** - os tratamentos enzimáticos anteriores influenciam na qualidade do curtimento. Já há tratamentos enzimático para couros curtidos com aplicação de protease, específica para degradação de elastina, o que gera um aumento na área de superfície do couro, resultando em um preço melhor também.

Etapas do processamento de couro wet-blue



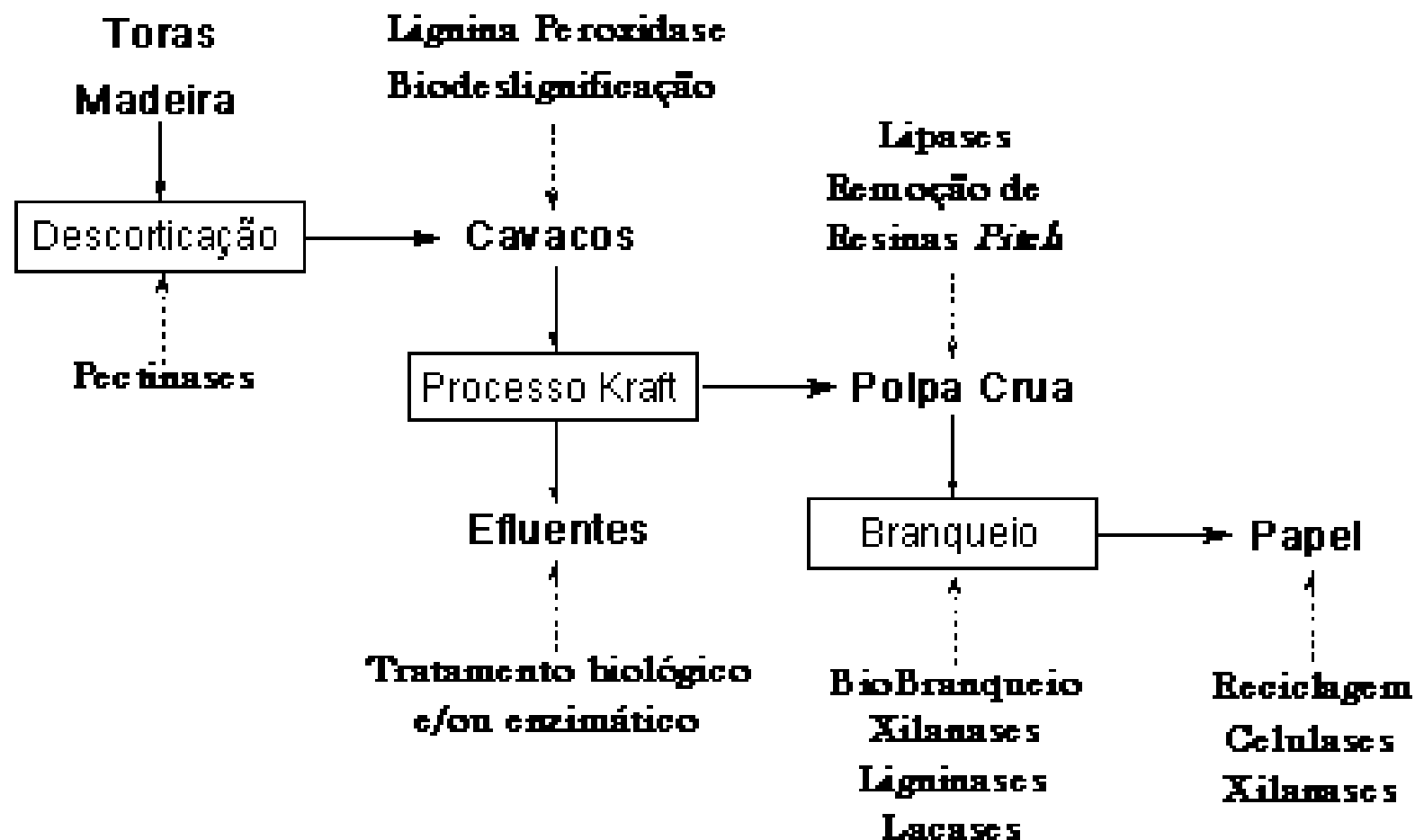
Processo Enzimático em 1 Etapa

Este processo foi criado para englobar as etapas de remolho, desengraxe, depilação e purga em uma só operação.

Em comparação com o processo convencional este consegue reduzir o tempo de tratamento e o consumo de água pela metade, ocorrendo no máximo em 24 horas e utilizando uma quantidade de proteases e lipases de 0,2 a 0,3%.

INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE





Alguns exemplos de aplicação podem ser concretizados em diferentes etapas do processamento industrial da madeira nas usinas papeleras:

- **utilização de pectinases no descascamento da madeira**

O efeito do pré-tratamento proporciona decréscimos de até 80% com os gastos de energia. Além da **poligalacturonase**, as enzimas **pectinoliase** e **xilanase** também se encontram presentes na maioria das preparações mais eficientes.

- **biodeslignificação dos cavacos por fungos lignolíticos.** Uma **lipase** comercial provou ser capaz de reduzir significativamente os depósitos de *pitch* sobre os cilindros e outros equipamentos.

- **biobranqueamento das polpas por xilanases.** As hemiceluloses são, em sua maior parte, polímeros de xilana que é grande inibidor do branqueamento da pasta de celulose, pois re-precipita sobre as fibras: aumento da utilização de agentes oxidantes.

Com o tratamento enzimático (através do uso de **xilanases**) da polpa KRAFT antes do branqueamento, é possível obter uma hidrólise parcial muito seletiva da hemicelulose. A enzima traz dois efeitos indiretos:

Possibilita retirar mais lignina da celulose e;

Torna a celulose mais susceptível aos branqueadores químicos.

Alguns exemplos de aplicação podem ser concretizados em diferentes etapas do processamento industrial da madeira nas usinas papeleras:

- **destingimento de papéis por celulases na reciclagem.** Uma mistura de enzimas composta de **celulases e hemicelulases** apresenta um efeito notável sobre o processamento das fibras secundárias. As *celulases* alcalinas são as mais adequadas para destingir o papel misto.
- **tratamento de efluentes por enzimas lignolíticas ou por seus fungos produtores.** Os produtos à base de enzimas (**lacases, peroxidases (fenol) e ligninases**) atuam diretamente na quebra de cadeias carbônicas das sujeiras, promovendo assim a limpeza dos equipamentos e o aumento da sua vida útil. O processo faz com que a sujeira se desprenda da superfície com mais facilidade, e inclusive contribui com o tratamento do efluente gerado dentro do próprio processo produtivo.

Detergentes

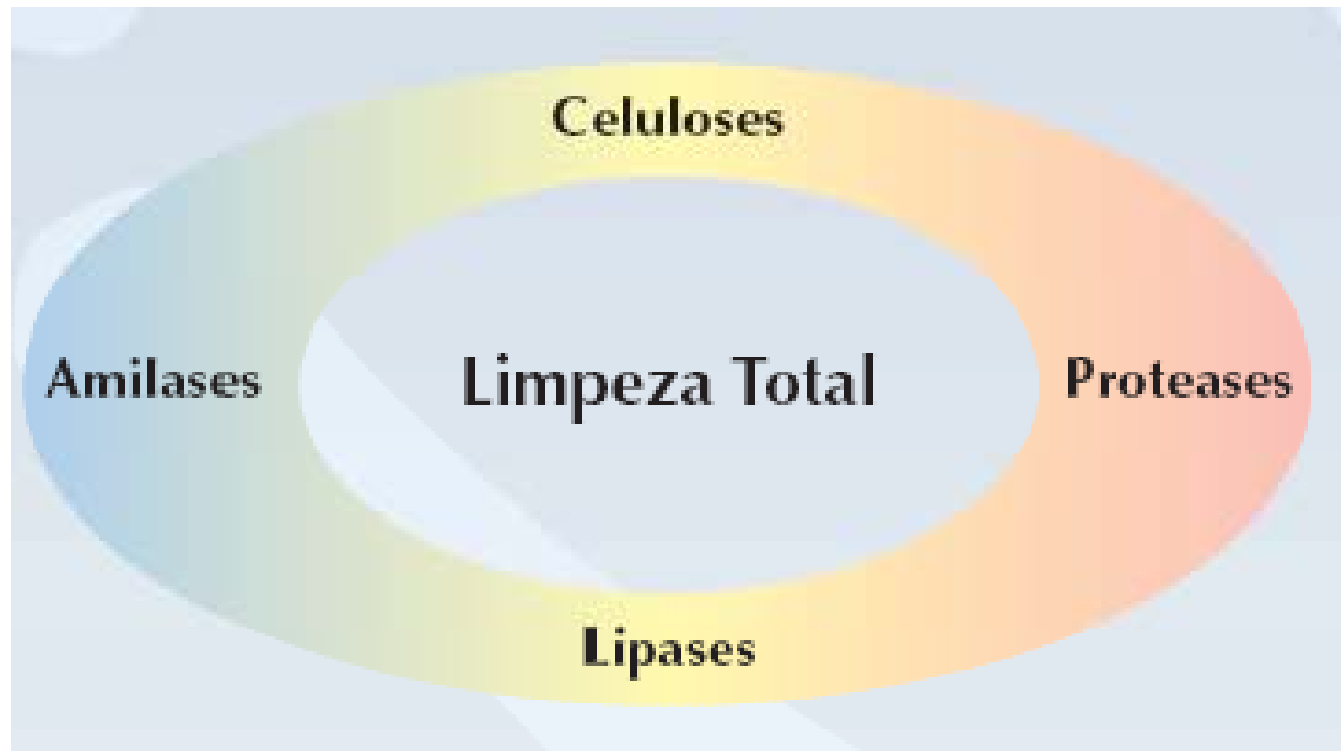


Detergentes “biológicos”

Agentes Auxiliares vs Produto Final

Composição

- Enzimas devem atuar em condições geralmente drásticas (pH, tensoativos, elevadas temperaturas)



Proteases

Mais utilizadas em detergentes

Capim, sangue, ovo e suor humano



Detergentes não enzimáticos → manchas permanentes
sangue = mancha cor de ferrugem durante alvejamento

Proteases comerciais: *Bacillus sp* em fermentação submersa

SAVINASE, ALCALASE, SUBTILISIN NOVO...

Proteases

Início: proteases Alcalinas → Altas temperaturas e pH elevado

Lavagens a temperaturas mais baixas (EUA e Japão)

Proteases de efeito sinérgico

- Hidrólise limitada
- Facilitar a ação dos detergentes

Lipases

Difícil aplicação de enzimas, principalmente em baixas temperaturas

LIPOLASE (Novo Nordisk, 1988) – eng. genética
batom, frituras, manteiga, azeite, molhos
manchas nos colarinhos e punhos.



LIPOLASE ULTRA (Novo Nordisk, 1995) baixas temperaturas
10 °C, $\frac{1}{4}$ [lipolase]

Amilases

Purê de batata, macarrão, mingau, pudim, molho de carne, chocolate.

Amido atua como “cola”, “selante”.

Amido → Oligômeros de cadeia curta, s. em água.

Lava roupas e louças

- Fabricação dos tecidos
- Manchas de alimentos
- Produtos que auxiliam na passagem da roupa



Celulases

Degradam o tecido

Modificação da estrutura das fibrilas celulósicas

Remoção de microfibrilas

Intensificação da cor

Amaciamento

Remoção de partículas de sujeira



Detergentes em pó

1960 Proteases alcalinas $\Rightarrow$ reações alérgicas

1970 T – granulado: enzima revestida com uma substância inerte resistente a abrasão e ao impacto

Formulação:

Recheios ou agentes ligantes em pequenos grânulos

Revestimento com cera ou outro material inerte



Detergentes líquidos

Estabilidade da enzima

→ AW

→ pH alcalino

→ Compostos iônicos desnaturantes
autodigestão de proteases (exceto a pH 7-8)



Lava louças

Metasilicato, fosfatos e cloro alvejante

abandonados por razões ambientais

→ disilicato (redução do pH)

Adição de enzimas

remoção de amido
e manchas de proteínas





Limpeza de Membranas

Ultrafiltração, Microfiltração e Osmose Reversa

Limpeza regular: agentes químicos (soda cáustica, ácidos)

Processamento de frutas: resíduos de *pectina* e *polissacarídeos*

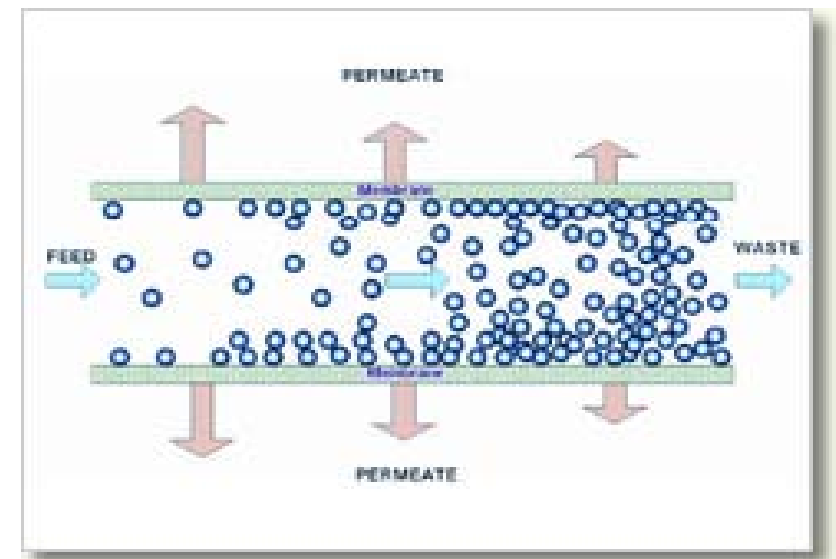
→ Complexo enzimático para remover camada orgânica.

1° pectinase

2° amilase, protease, celulase

hemicelulase

Laticínios: proteases

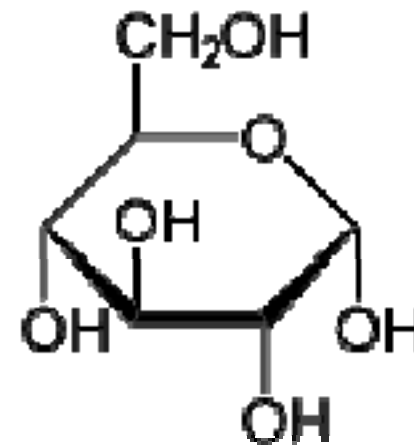




Amido

Sacarídeos

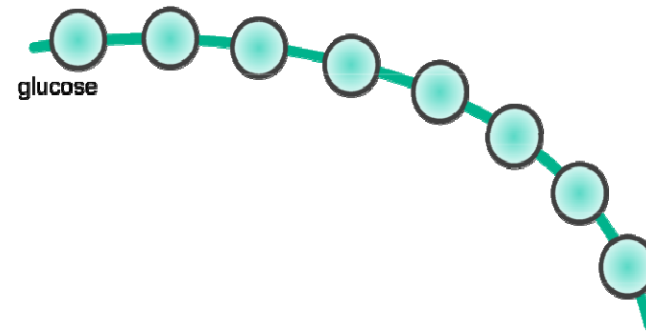
- Monossacarídeos → Glicose, Frutose
- Dissacarídeos → Sacarose, Maltose
- Oligossacarídeos → 2 a 6 mono
- Polissacarídeos → Amido



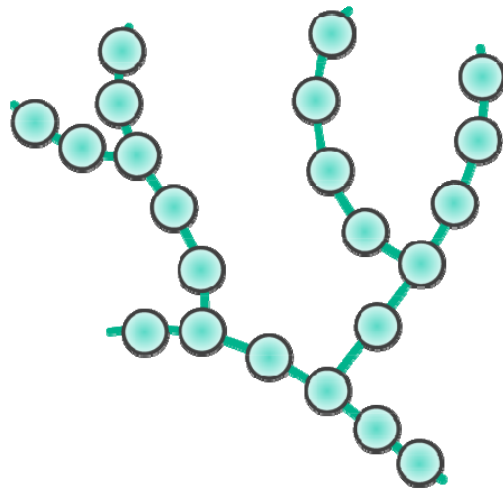


AMIDO

AMILOSE: LIGAÇÕES GLICOSÍDICAS $\alpha(1-4)$
(gelatinização e retrodegradação)



amilose



amilopectina

AMILOPECTINA: LIGAÇÕES $\alpha(1-4)$ E POR
LIGAÇÕES $\alpha(1-6)$ (cristalização)

LIGAÇÕES $\alpha(1-4)$

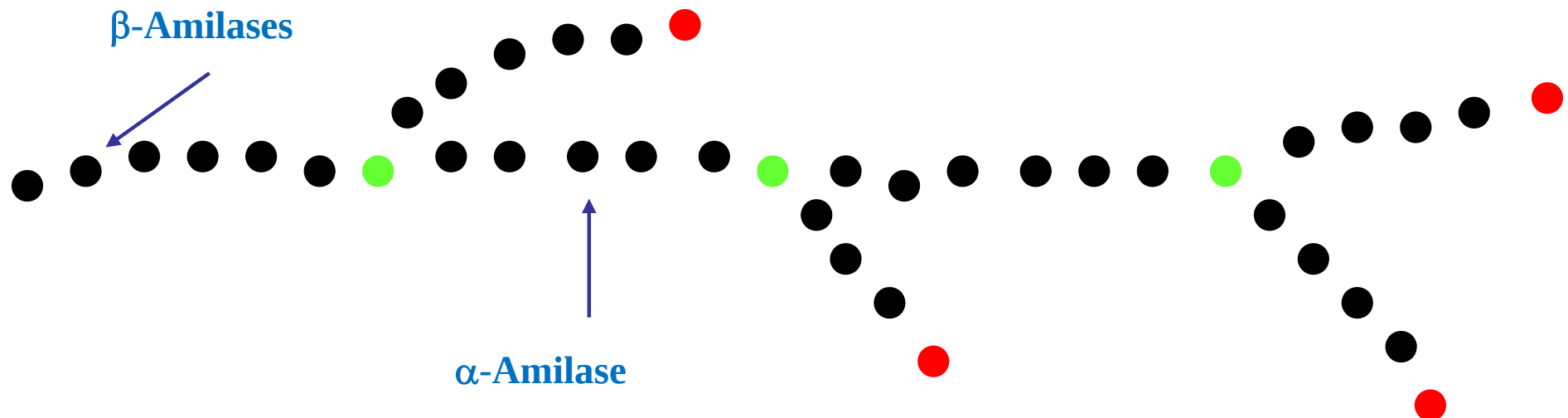
Endo $\alpha(1-4)$ glucanases (α -Amilases) $\rightarrow$ Dextrinas

- Suco pancreático, saliva, germinação de cereais, fungos e bactérias

Exo $\alpha(1-4)$ glucanases (β -Amilases) $\rightarrow$ Maltose

- Cereais, bactérias

- Parte não redutora

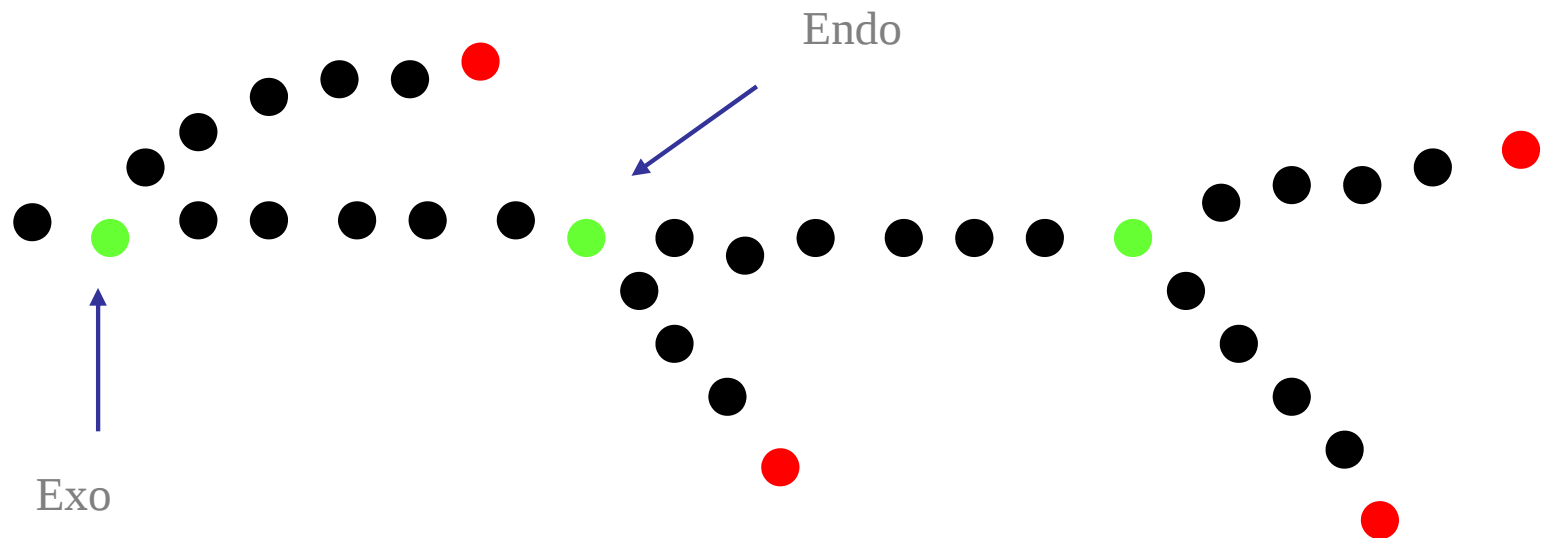


LIGAÇÕES $\alpha(1-6)$

- Desramificantes

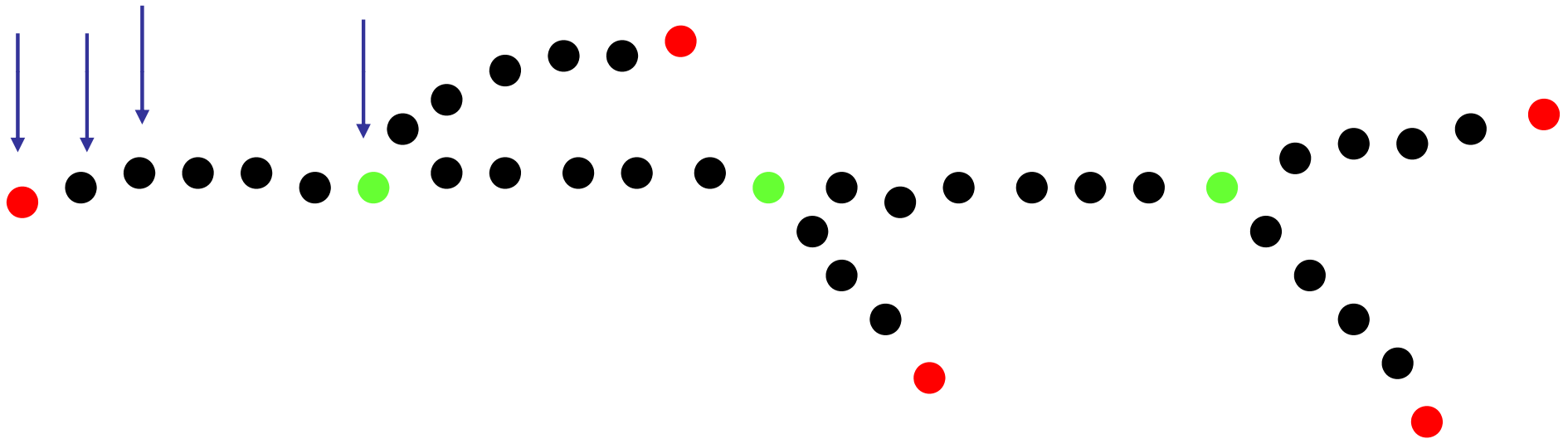
Endo $\alpha(1-6)$ glucanases (Pululanases e isoamilases) $\rightarrow$ Dextrinas

Exo $\alpha(1-6)$ glucanases (exopululanases) $\rightarrow$ Glicose



AMILOGLUCOSIDASES

$\alpha(1-4)$ e $\alpha(1-6)$

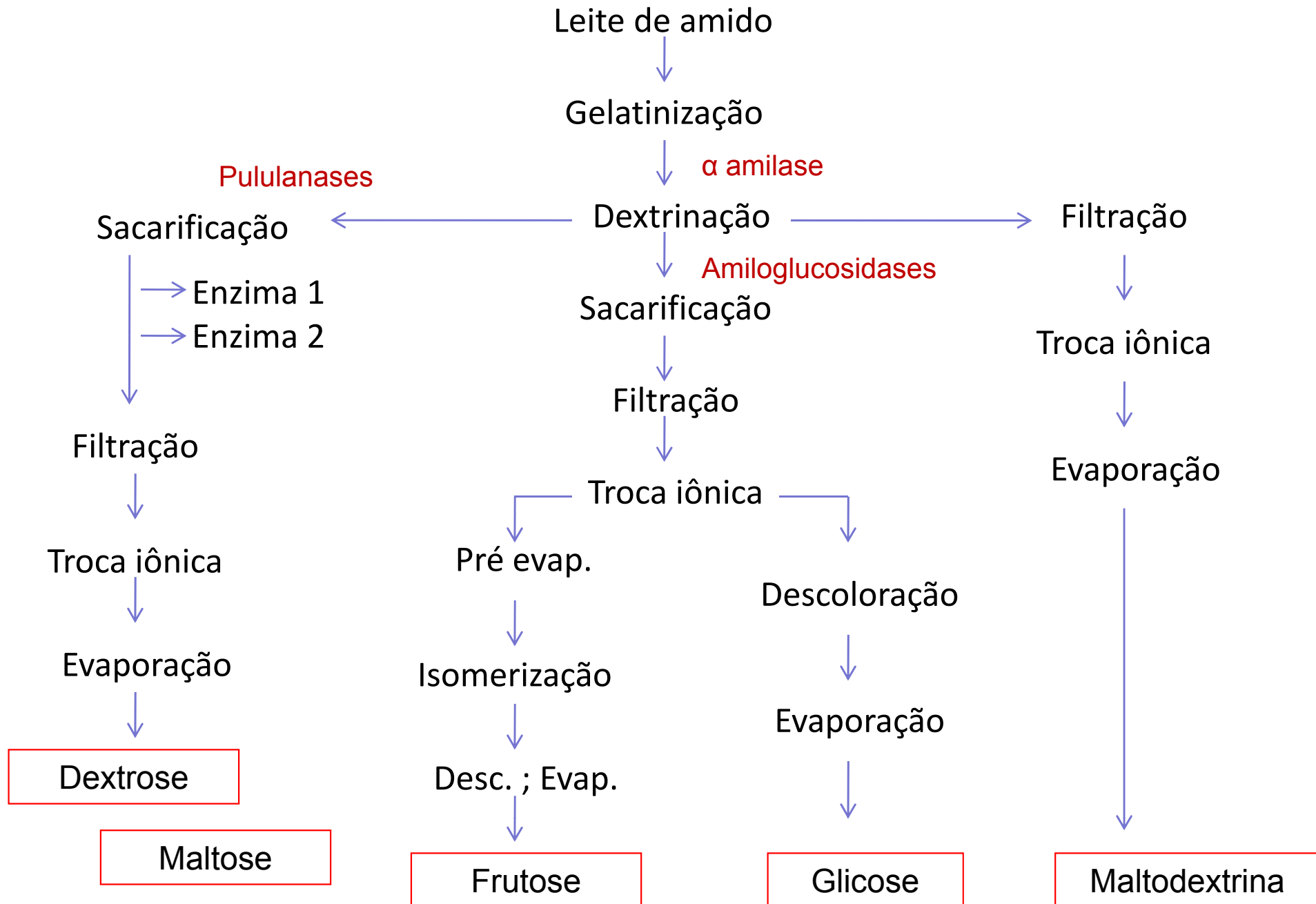


Tipo	Nome comum	Microrganismos produtores	Substrato	Ótimo	
				pH	°C
Endo-amilase	Amilase bacteriana	<i>B. subtilis</i>	α -1,4-glicosil	6.0	65-70
		<i>B. licheniformis</i>	α -1,4-glicosil	5.0-7.0	90
		<i>A. oryzae</i>	α -1,4-glicosil	4.5	50-60
Exo-amilase	Amilase fúngica	<i>A. niger</i>	α -1,4-glicosil	4.0-5.0	60
	Amiloglucosidase		α -1,6-glicosil		
	β -amilase bacter.		α -1,4-glicosil	5.0	55-60
α -1,6-amilase	Pululanase Isoamilase	<i>Bacillus sp.</i>	α -1,4-glicosil	5.5-6.0	75-85
		<i>Clostridium sp.</i>			
Isomerase	Glicose isomerase	<i>K. aerogenes</i>	α -1,6-Maltotriosil	5.0	60
		<i>Pseudomonas sp</i>	α -1,6-Heptasac.	4.0	50-55
Isomerase	Glicose isomerase	<i>B. circulans</i>	Aldo/ceto pentose	8.2	65
			Aldo/ceto hexose		

Figura 1 - Características das enzimas envolvidas na hidrólise do amido.

Fonte: Maldonado & Lopez (1995)

ÁRVORE DE PRODUTOS



PRODUTOS

Maltodextrinas (oligômeros) Espessante , não adocicado

3 glic. Unidas por ligações α (1-4)

Maltose (dímero) Cerveja, leite em pó, caramelo, creme, chocolate

2 glic. Unidas por ligações α (1-4)

Dextrinas

Várias glicoses unidas por ligações α (1-4) e α (1-6)

Glicose e frutose Diversas indústrias

Distribuição do tipo de açúcares e oligômeros obtidos a partir da dextrinização de amido liquefeito com amilases de distintas origens

Composto (%)	Tipo de amilase			
	bacteriana	Fúngica	malte	amiloglucosidase
Glicose	4	3	1	83
Maltose	10	50	60	7
Maltotriose	18	26	8	3
Dextrinas	68	21	31	7



Reação de isomerização da glicose catalisada por glicoisomerase. **55-61°C / pH 7,5 a 8,2 (Processo Contínuo com enzimas imobilizadas, em Leito fixo)**

Açúcar



O PROCESSO TRADICIONAL DE PRODUÇÃO DE AÇÚCAR REFINADO

FÁBRICA DE AÇÚCAR

REFINARIA

CANA DE AÇÚCAR

RECEPÇÃO
PREPARO
EXTRAÇÃO

CALDO

SULFITAÇÃO

CALEAGEM

AQUECIMENTO

DECANTAÇÃO

PENEIRA/FILT.

EVAPORAÇÃO

XAROPE

FLOTAÇÃO

COZIMENTO/
CRISTALIZAÇ./
CENTRIFUG.

SECAGEM
ENSAQUE

CRISTAL / VHP

DISSOLUÇÃO

CALDA/ LICOR

FLOTAÇÃO

FILTRAÇÃO

DESCOLOR.
TROCA IÔNICA

COZIMENTO/
CRISTALIZAÇ./
CENTRIFUG.

SEC./ACONDIC.
ENSAQUE

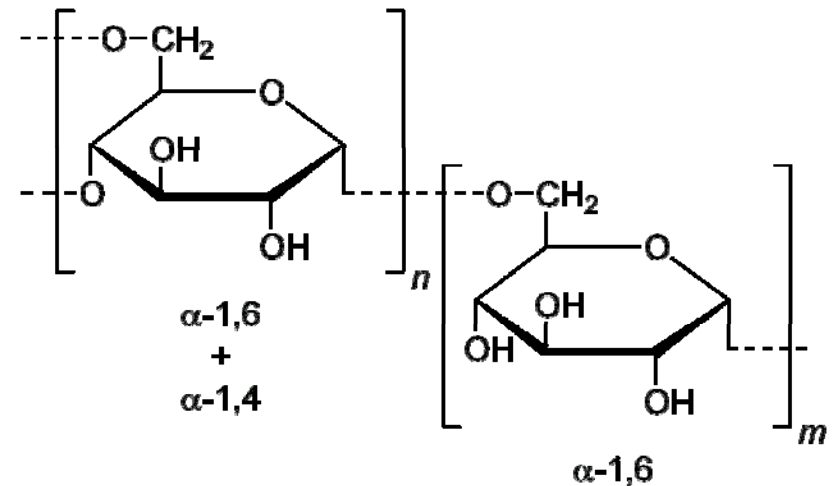
REFINADO



Dextrana

- Sintetizado por *Leuconostoc mesenteroides*

- Cristalização durante a filtração
- Aumento da viscosidade
- Reduz clarificação

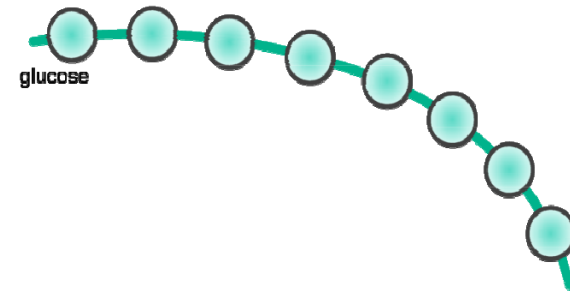


- Solução: hidrolise enzimática → dextranase
» *Penicillium funiculosum*

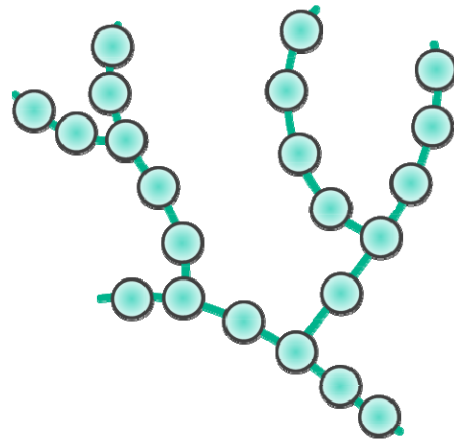


Amido

AMILOSE: LIGAÇÕES GLICOSÍDICAS $\alpha(1-4)$



amilose



amilopectina

AMILOPECTINA: LIGAÇÕES $\alpha(1-4)$ E POR
LIGAÇÕES $\alpha(1-6)$

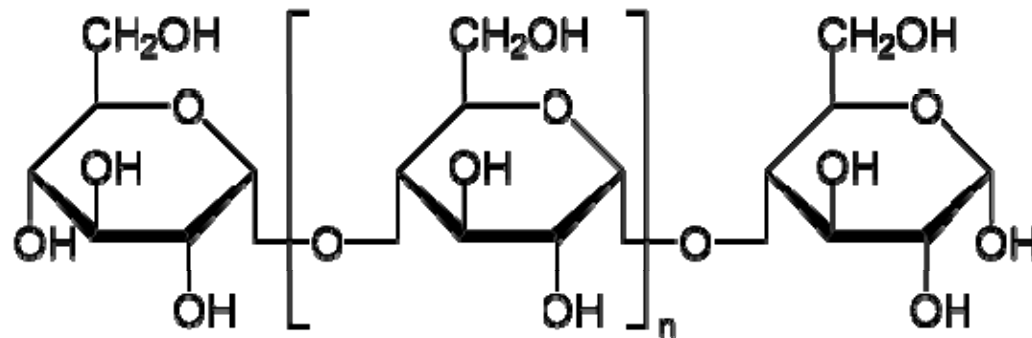
Naturalmente presente nas extremidades e folhas da
cana

Amido

- Problemas:

- Filtração
- Cristalização de baixa qualidade
- Turbidez na dissolução
- Baixo rendimento

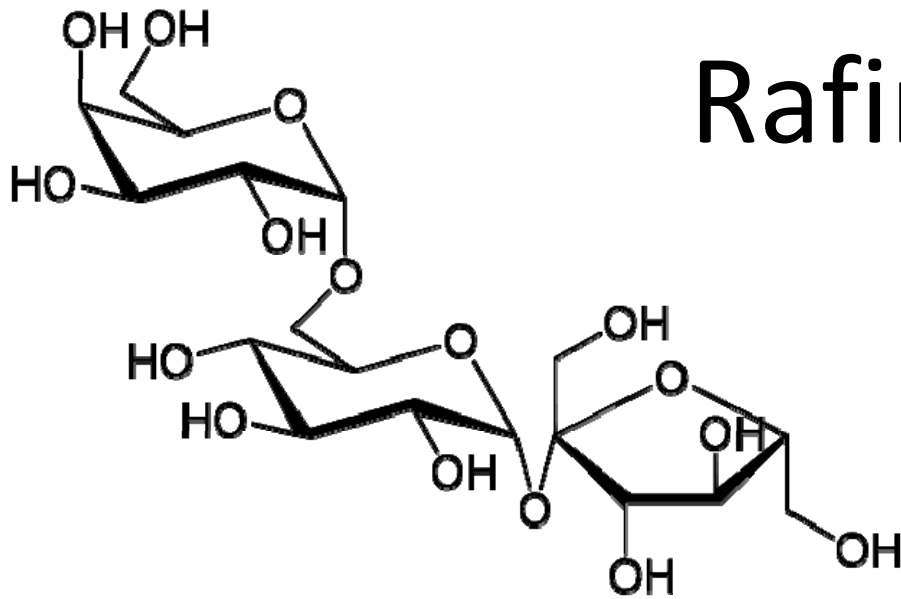
- Solução: Amilases → Dextrinas



Açúcar de Beterraba



Rafinose



- Limite de 8% - cristaliza e contamina açúcar final
- Solução: α -galactosidase (rafinase)- *Mortiella vinacea* $\rightarrow$ Galactose. 80% de hidrólise

Panificação



PANIFICAÇÃO



12 000 ac – Mesopotâmia → fermentação

7000 ac – Assado em forno

Pão branco apresenta alto valor energético,
cerca de 20 a 50% das necessidades diárias



Figura 1 – Consumo de pães no Brasil e na Europa, respectivamente (dado 1999)

Ingredientes

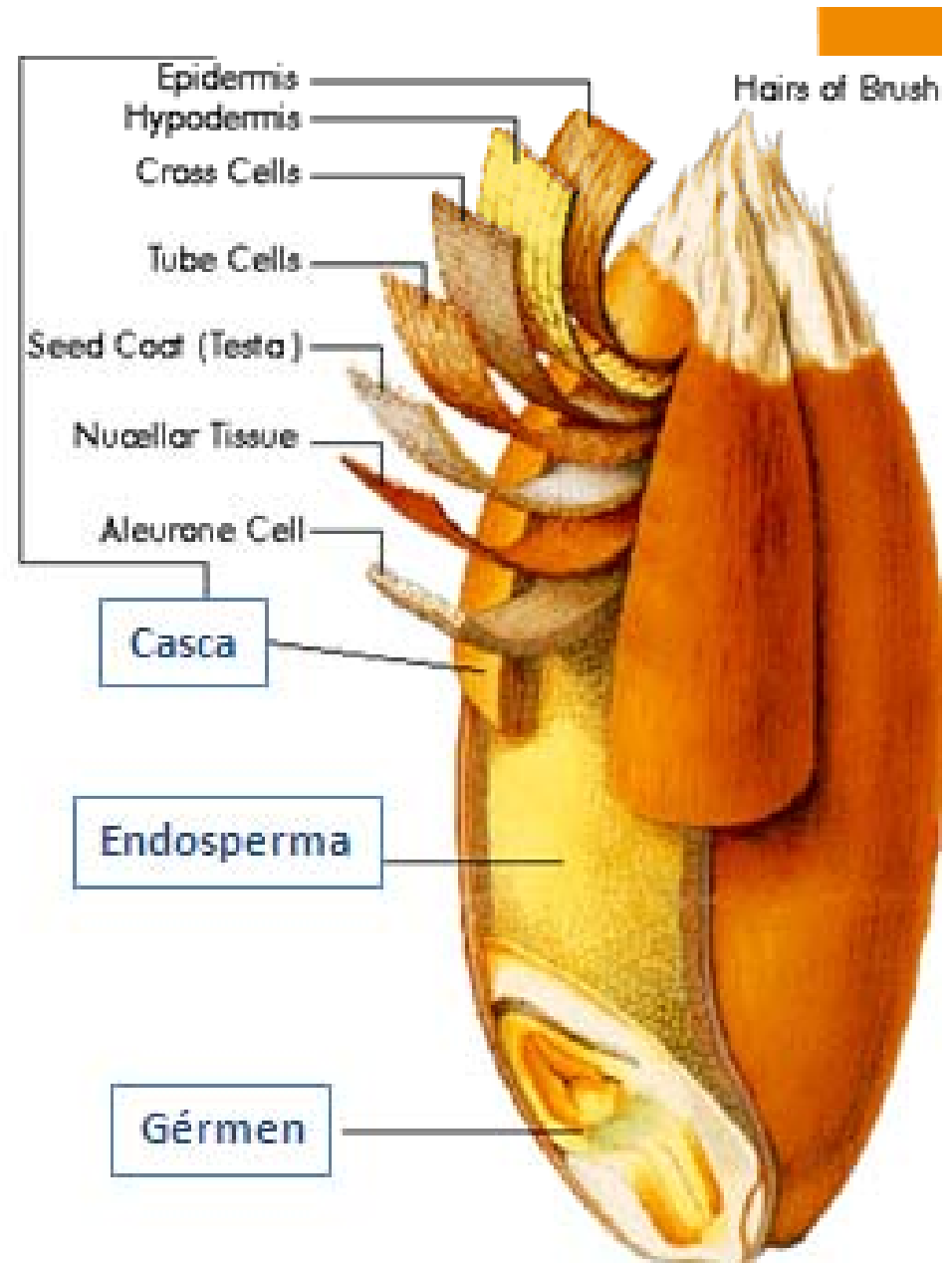
- Farinha, água, levedo, sal.
 - Amido (amilose e amilopectina) → Crocância
 - Glúten (glutelina e glutadina) → Volume e dureza
- Opcional: açúcar, gordura



Casca: fibras, proteínas,
vitaminas , minerais.
Camada mais interna
- enzimas

Endosperma: amido,
proteína e água (83%)

Gérmen: gordura e
vitamina (3%)



Extensão,
viscosidade

Elasticidade



GLÚTEN

GLIADINA

GLUTENINA

Trigo duro (*Triticum durum*) → + glúten → massas
Trigo mole (*Triticum aestivum*) + amido → pães, bolos

Mistura



Amassamento



Descanso



Cilindragem



Moldagem e divisão

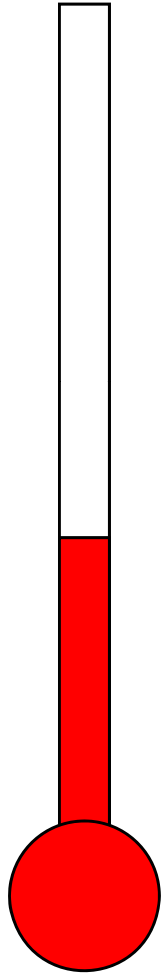


Forneamento

Formação da rede de glúten, incorporação
de ar, 25°C – fermentação controlada
Açúcar → CO₂ e álcool

Maior formação e liberação de CO₂ e
álcool, massa cresce!

Forneamento



50°C Alta atividade da enzima

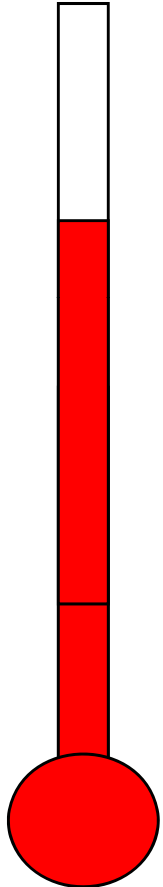
40°C Alta atividade da levedura

30°C Temperatura de fermentação

25°C Multiplicação de leveduras



Forneamento



75 °C : Máximo pico de gelatinização:

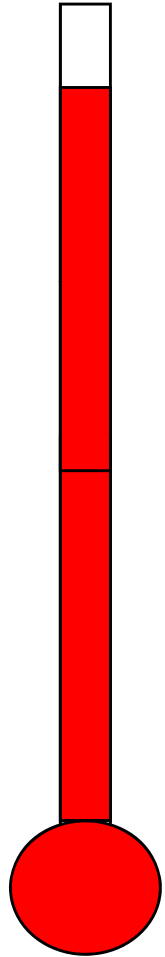
Desnaturação de glúten

65 °C : Inativação de enzimas

55 - 60 °C : Morte de levedura:

início de gelatinização do amido

Forneamento

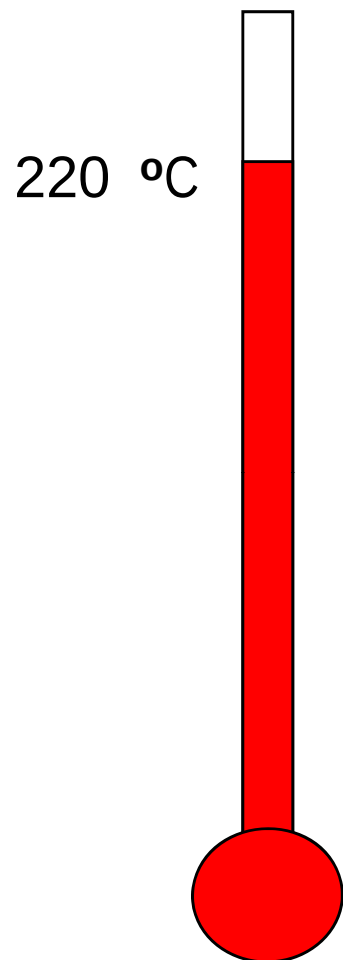


100 °C Grande quantidade da formação de vapor

79 °C : Vaporização de álcool

75 °C : Máximo pico de gelatinização :

Desnaturação de glúten



Expansão de gás ⇔ Aumento de volume

- Aumento de volume de gás já presente nas vesículas da massa;
- Aumento de pressão de vapor de água
- Volatilização de etanol-água
- Bromato de potássio = proibido!

- Amilases

Transforma amido em açúcar fermentescível – maior volume e cor.

Quantidade controlada para não ficar com miolo pastoso

Retardam envelhecimento do pão

- Já estão presentes em quantidades suficientes em farinhas de boa qualidade (mix)



- Amilases

Adição de extrato de malte: muita α amilase, falta de padronização

Amilases industriais:
maior controle



Amilase fúngica: não estável acima de 50°C
(mesofílicas, pH 4,5 – 5,5) → mais usada pois não
produz dextrina em excesso

- Proteases

Quebram a rede de glúten

Massa mais extensível (volume)

Protease ou fermentação em excesso: rede de glúten não sustenta o CO_2 → pão “sola”



- Amiloglucosidase

Formação de glicose – substrato para a reação de Maillard (escurecimento da casca)



- Massas congeladas ou refrigeradas



Adição de amilases para assegurar quantidade de açúcares fermentescíveis suficientes no forneamento.

- Retardando o envelhecimento

Retrogradação do amido – endurece e esfarela
Uso de alfa-amilase correta



Exoamilase maltogênica bacteriana termoestável,
que atue após a gelatinização e inative antes de
acabar → retendo sabor e aroma de recém- assado

- **Melhoramento da massa**

Presença de pentanonas impedem a formação do glútem

Uso de hidrolases

- **Biscoitos**

Baixo teor de proteínas

Aditivos que enfraquecem o glútem – bissulfito de sódio

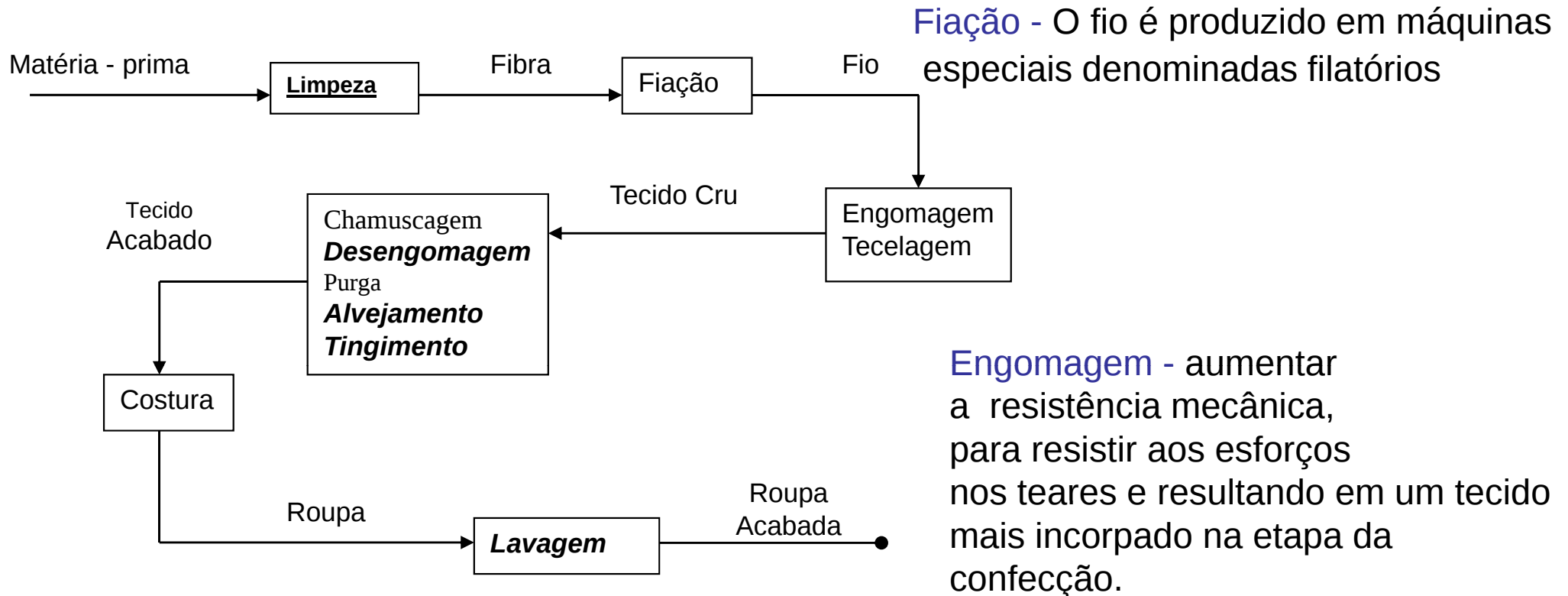
Alternativa: proteases fúngicas e bacterianas



Enzimas Aplicadas na Industria Têxtil e de Curtumes



ETAPAS DO PROCESSAMENTO DE FIBRAS DE ALGODÃO



Alvejamento-branqueamento inicial da malha.
Tem a função de limpeza das impurezas das mesmas,

Chamuscagem - É a queima da penugem do pano

A **desengomagem** é a remoção, através do emprego de produtos químicos, da goma aplicada ao tecido antes da tecelagem

APLICAÇÃO ENZIMÁTICA

- **Limpeza** – uso de pectinases visando remoção de substâncias pecticas para produção de fibras têxteis naturais. Envolve a etapa de liberação das fibras celulósicas do caule das plantas, através da destruição total da parede secundária que é composta de substâncias pecticas em sua grande totalidade. Microrganismo (*Penicillium sp*) produtor de pectinases para a indústria têxtil - eficiência na produção de enzimas pectinolíticas, associada à baixa atividade de celulasas, pois estas enzimas atuam enfraquecendo as fibras naturais que são constituídas de celulose.
- **Desengomagem**- o uso das enzimas que hidrolisam o amido constitui o método preferido devido ao alto grau de eficiência e à sua ação específica. As *amilases* (α -amilases bacterianas e termotolerantes) eliminam completamente a goma sem causar estragos no tecido. Outra vantagem é o fato das enzimas serem inofensivas ao meio ambiente, de modo que os efluentes deste processo são mais aceitáveis do ponto de vista de proteção ambiental.
- **Alvejamento**- Tecidos naturais são normalmente alvejados com peróxido de hidrogênio antes do tingimento - método tradicional neutraliza-se o alvejante com um agente de redução. As enzimas apresentam uma alternativa mais conveniente uma pequena dose de *catalase* é capaz de decompor o peróxido de hidrogênio em água e oxigênio.
- **Tingimento** - tratamento enzimático com celulasas conhecido como biopolishing tem, até agora, principalmente sido usado para tecidos de algodão (tratamento confere ao tecido uma aparência mais regular e lustrosa- remove os fuzz – bolinhas). A lã é constituída de proteína e, por isso, o tratamento deve ser feito com *protease*.
- **Acabamento do jeans**- lavagens de jeans *celulase* especial para acelerar a abrasão. A celulase (são *celulasas* produzidas por *Trichoderma sp.* e *Humicola sp.*, que atuam a pH 4 a 7) trabalha na dissolução da tinta azul-índigo do brim em um processo conhecido como bio-lavagem (*biostoning*).

Enzimas comerciais utilizadas em remoção de adesivos à base de amido de tecidos

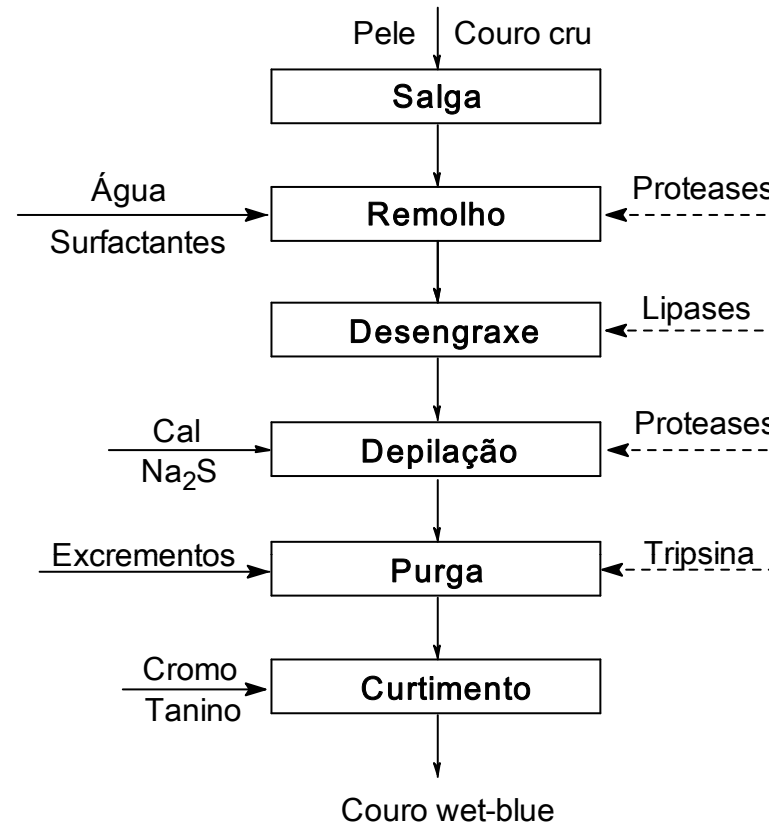
Tipo de enzima	temperatura de operação (°C)	pH	inibidores	ativadores
Amilase de malte	55-65	4,5-5,5	íons metálicos, alcali, contaminantes do amido	íons cálcio
Amilase de pâncreas	40-55	6,5-7,0	íons metálicos, ácidos	-
Amilase fúngica	50-55	4,5-5,5	íons metálicos, alcali, sequestrantes	íons cálcio
Amilase bacteriana	60-75	5,5-7,0	sequestrantes, surfactantes aniônicos	íons cálcio
Amilase bacteriana termoestável	85-110	5,0-7,5	surfactantes aniônicos	íons cálcio

ETAPAS DO PROCESSAMENTO E APLICAÇÃO ENZIMÁTICA NO COURO

- **Salga-** Para preservar peles e couros crus antes do processamento, eles são desidratados e acondicionados com sal anidro, ou então imersos em uma salmoura e secos ao sol - evitar a contaminação microbiológica, que poderia prejudicar o tratamento enzimático nas outras etapas.
- **Remolho** - Nas curtidoras, as peles e couros crus são reidratadas para remoção de sal, impurezas, sangue e resíduos gordurosos, em uma etapa chamada de pré-molho. Depois na etapa de remolho, as proteínas não-fibrilares, como albuminas e globulinas são removidas para facilitar este processo, proteases alcalinas são usadas para remover estas proteínas não-fibrilares, facilitando a absorção da água pelo couro e diminuindo o tempo de remolho. As enzimas podem ser utilizadas conjuntamente com surfactantes aniônicos e não-íonicos.
- **Desengraxe** - O desengraxe com lipases está associado a etapa de remolho e tem sido usado como alternativa aos tensoativos e solventes. As lipases hidrolisam não apenas a gordura da superfície dos couros crus e peles, mas também a gordura interna da estrutura do couro. A vantagem de se usar as lipases está em que elas não interferem na estrutura, apenas hidrolisam a gordura.

- **Depilação (Calagem)** - No processo de depilação é removido tanto o pêlo quanto a epiderme do couro cru (proteínas residuais não-fibrilares com uma mistura de cal hidratada (CaO), soda (NaOH) e sulfeto de sódio (Na_2S) - gerar efluentes com necessidade de tratamento. O uso de proteases alcalinas, é diminuída em mais da metade a quantidade de cal e sulfetos requeridos - a qualidade final do couro é melhorada, menos efluente é produzido.
- **Purga** - Antes do curtimento, o couro precisa ser parcialmente neutralizado com ácidos orgânicos, para depois iniciar a etapa de purga para tornar o couro mais macio através de um tratamento enzimático que elimina as glicoproteínas e os resíduos das outras etapas, e relaxa as fibras de colágeno do couro. Tradicionalmente, se utiliza excremento de cães e pombos como agente de purga. Além de ser um processo de difícil controle, com resultados imprevisíveis, o excremento não contribuía exatamente para a criação de uma ambiente agradável de trabalho. Atualmente, as proteases pancreáticas, como a tripsina, e as fúngicas ácidas são usadas no processo de purga.
- **Curtimento** - os tratamentos enzimáticos anteriores influenciam na qualidade do curtimento. Já há tratamentos enzimático para couros curtidos com aplicação de protease, específica para degradação de elastina, o que gera um aumento na área de superfície do couro, resultando em um preço melhor também.

Etapas do processamento de couro wet-blue



Processo Enzimático em 1 Etapa

Este processo foi criado para englobar as etapas de remolho, desengraxe, depilação e purga em uma só operação.

Em comparação com o processo convencional este consegue reduzir o tempo de tratamento e o consumo de água pela metade, ocorrendo no máximo em 24 horas e utilizando uma quantidade de proteases e lipases de 0,2 a 0,3%.