



BioContal
Tecnologia em Bioprocesso

Uma análise das diferentes fontes de carboidratos para obtenção do bioetanol

Silvio Roberto Andrietta
BioContal



BioContal
Tecnologia em Bioprocesso

Matéria prima

- O etanol pode ser obtido de diferentes matérias primas:
 - Amido
 - Sacarose
 - Material Lignocelulósico



BioContal
Tecnologia em Bioprocesso

Amido

Amido

- Fontes:
 - Raízes e cereais
 - Milho
 - Mandioca
 - Trigo
 - Semente de sorgo
 - outros



BioContal
Tecnologia em Bioprocesso



BioContal
Tecnologia em Bioprocesso

Amido

- Composição
 - Amilose
 - Cadeia longa sem ramificação com ligações α 1-4 entre as moléculas de Glicose
 - Amilopectinas
 - Cadeias de 40 unidades de glicose com ligações α 1-4 com ramificações com ligações α 1-6.

Amido

- Unidade de processamento
 - Hidrólise enzimática (muito bem conhecida)
 - Amilase
 - DP4 – Polissacarídeo com 4 moléculas de glicose
 - DP3 – Polissacarídeo com 3 moléculas de glicose
 - DP2 – dissacarídeo com 2 moléculas de glicose
 - DP1 – glicose
 - Glucoamilase
 - Glicose



BioContal
Tecnologia em Bioprocesso



BioContal
Tecnologia em Bioprocesso

Amido

- Características do hidrolisado
 - Baixo nível de inibidores de crescimento da levedura
 - Quantidade nutricional razoável
 - Apresenta quantidade significativa de sólidos insolúveis

Amido

- Limitação da tecnologia
 - Baixa relação carbono renovável/carbono fóssil por utilizar combustíveis fósseis para gerar energia
 - Compete diretamente com alimentos
 - Geralmente necessita de grande volume de água no processamento exigindo recirculação de vinhaça



BioContal
Tecnologia em Bioprocesso

Sacarose



BioContal
Tecnologia em Bioprocesso

Sacarose

- Fontes:
 - Cana de açúcar
 - Caldo de cana
 - Melaço (subproduto da fábrica de açúcar)
 - Beterraba
 - Sorgo sacarídeo



BioContal
Tecnologia em Bioprocesso



BioContal
Tecnologia em Bioprocesso

Sacarose

- Características da matéria prima
 - Não é necessário adição de enzimas
 - As células de levedura possuem a enzima para hidrólise da sacarose (invertase)
 - Apresenta baixa concentração de sólidos insolúveis
 - Necessita de pouca água para o preparo de mosto e geralmente esta é oriunda do condensado de vapores obtidos da evaporação do próprio caldo

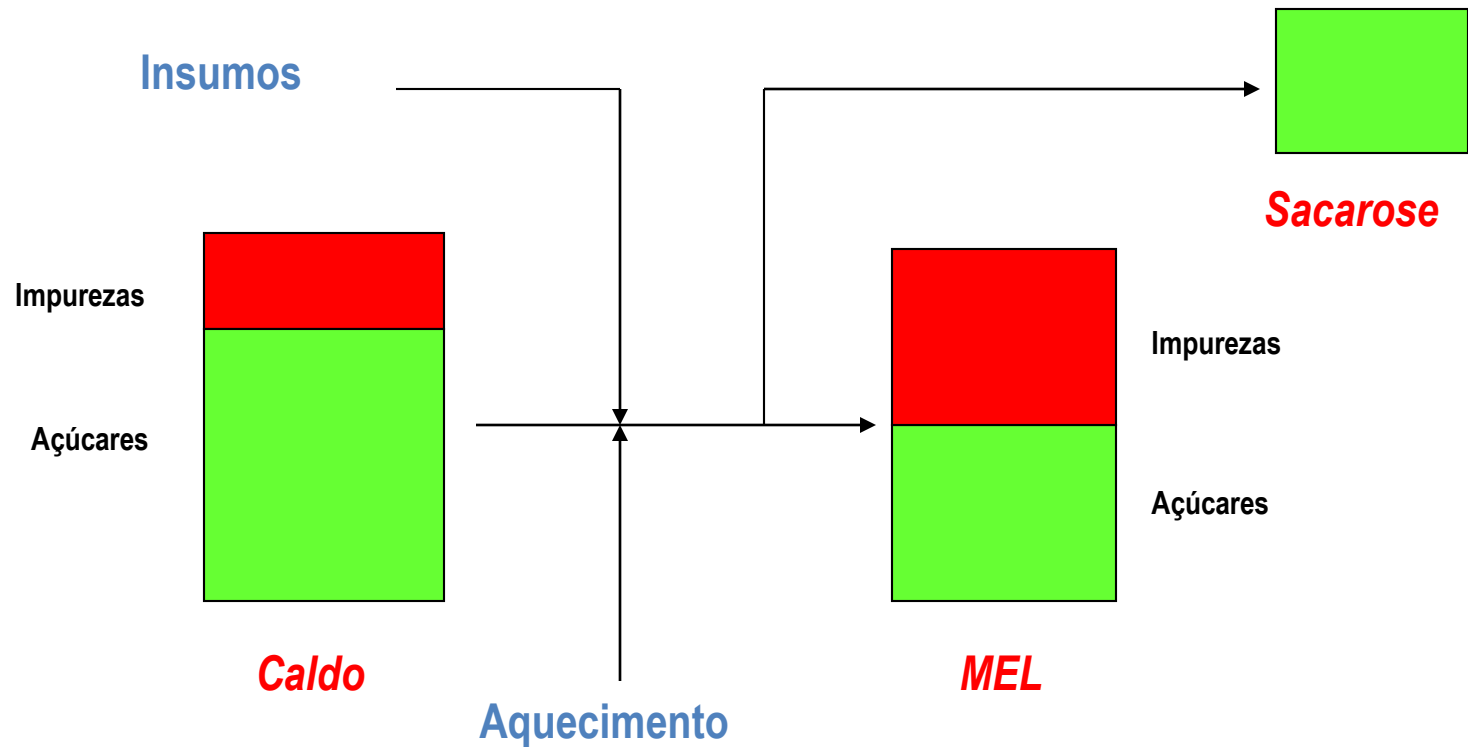


BioContal
Tecnologia em Bioprocesso

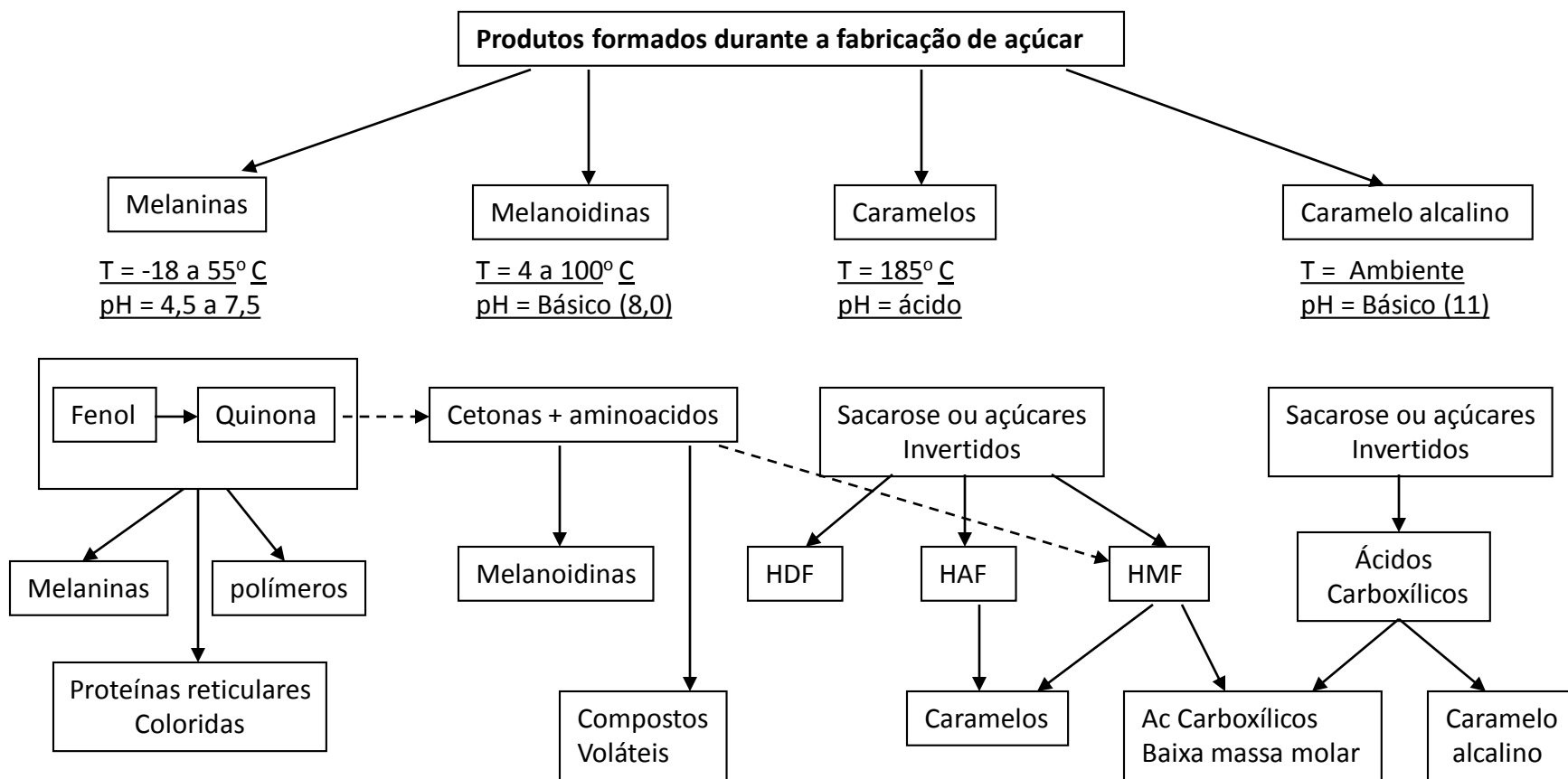
Sacarose

- Diferença entre caldo e melaço
 - Caldo
 - Menor nível de nutrientes
 - Menor nível de inibidores
 - Melaço
 - Mais nutrientes em relação ao açúcar
 - Maior nível de inidores

Diferenças entre mel e caldo



Decomposição de glicose e frutose







Material
Lignocelulósico



BioContal
Tecnologia em Bioprocesso



BioContal
Tecnologia em Bioprocesso

Material Lignocelulosico

- Fontes:
 - Qualquer material vegetal
 - Celulose ----- Glicose (hexose)
 - Hemicelulose ---- Xilose (pentose)
 - COALBRA - pinos e eucaliptos
 - Granbio - Palha de cana
 - Raizen – Bagaço de cana
 - BlueFire – Grama e restos vegetais Los Angeles

Material lignocelulosico

- Processamento
 - Pré-tratamento
 - Cozimento
 - Explosão da estrutura
 - Hidrólise
 - Celulase



BioContal
Tecnologia em Bioprocesso



BioContal
Tecnologia em Bioprocesso

Material lignocelulósico

- Características do hidrolisado
 - Alto nível de inibidores de crescimento da levedura
 - Pobre em nutrientes
 - Contém grande quantidade de sólidos insolúveis
 - Baixa concentração de açúcares fermentescíveis
 - Contém pentose exigindo leveduras GMO



BioContal
Tecnologia em Bioprocesso

Material lignoceluloseico

- Limitação da tecnologia
 - Enzima não trabalha bem em alta concentração de sólidos
 - Baixa concentração de açúcares no hidrolisado
 - Baixa concentração de etanol no vinho
 - Grande consumo de energia e água
 - Alto custo da enzima
 - Alto custo de manutenção do pré-tratamento

TIPOS DE PROCESSO DE FERMENTAÇÃO



BioContal
Tecnologia em Bioprocesso



BioContal
Tecnologia em Bioprocesso

Tipos de Processo

- Quanto a utilização das células de levedura
 - Processos com reciclo de células
 - Separação, regeneração e reutilização das células do ciclo anterior
 - Processos de um único ciclo
 - Propagação de um inóculo para cada ciclo

Tipos de Processo

- Quanto a forma de operação
 - Processos batelada alimentada
 - Fermentadores agitados
 - Carga do inóculo
 - Alimentação
 - Processos contínuos
 - Fermentadores agitados
 - Alimentação de mosto e inóculo de forma contínua



BioContal
Tecnologia em Bioprocesso



BioContal
Tecnologia em Bioprocesso

Tipo de processo – Quando utilizar

- Processo contínuos
 - Somente quando tem-se operação com pouca interrupção, utiliza matéria prima de boa qualidade, instalação sanitárias e massa celular em processo elevada
- Com reciclo de célula
 - Para mostos que apresentam baixa concentração de sólidos insolúveis na sua composição
 - Linhagens de levedura estáveis geneticamente e com grande capacidade de dominância.

Tipo de processo e matéria prima

- Amido (milho)
 - Possui sólidos insolúveis em sua composição
 - Processo com único ciclo
 - Baixa concentração de células no vinho
 - Processo batelada alimentada



BioContal
Tecnologia em Bioprocesso



BioContal
Tecnologia em Bioprocesso

Tipo de processo e matéria prima

- Sacarose (Caldo e melaço de cana de açúcar)
 - Possui baixa concentração de sólidos insolúveis
 - Processo com ou sem reciclo
 - Alta concentração de células no vinho
 - Processo batelada alimentada ou contínuo



BioContal
Tecnologia em Bioprocesso

Tipo de processo e matéria prima

- Material lignocelulósico
 - Possui alta concentração de sólidos insolúvel no hidrolisado e utiliza células geneticamente modificadas
 - Processo sem reciclo
 - Baixa concentração de células no vinho
 - Processo batelada alimentada

Tipos de processo consorciados



BioContal
Tecnologia em Bioprocesso



BioContal
Tecnologia em Bioprocesso

Tipo de processo consorciado

- Amido / sacarose
 - Durante a safra, pode-se utilizar excedente de células da fermentação de sacarose para inóculo de fermentação de milho
 - Dependendo da tecnologia de preparo de hidrolisado, a planta de etanol de sacarose pode ser utilizada na entressafra para fermentação de milho.

Tipo de processo consorciado

- É possível trabalhar com reciclo de célula para o processo de milho?
 - Mesmo com a tecnologia que permite diminuir a quantidade de sólidos no hidrolisado, o reciclo utilizando nossas centrífugas não.
 - Utilizando as decanters, talvez. Mas deve-se lembrar que a quantidade de sólido no hidrolisado é maior que a de células, então depois de alguns ciclos, toda a massa deve ser substituída.



BioContal
Tecnologia em Bioprocesso



BioContal
Tecnologia em Bioprocesso

Tipo de processo consorciado

- Para quem quer economizar na aquisição de levedura para a partida pode utilizar a estratégia de deixar 10% do vinho contido no fermentador e reutiliza-lo.
- Melhor do que tentar centrifugar

Tipo de processo consorciado

- Lignocelulósico / sacarose
 - Se as linhas de C5 e C6 forem separada, pode-se utilizar a fermentação de sacarose para consumo da linha C6, caso esta possua baixa concentração de sólidos insolúveis e baixa concentração de inibidores
 - No entanto, deve-se ter uma planta a parte para consumo de C5.



BioContal
Tecnologia em Bioprocesso



BioContal
Tecnologia em Bioprocesso

Tipo de processo consorciado

- Pode-se reciclar o fermento para material lignocelulósico
 - Sim se as células forem estáveis e com potencial de dominância elevado e o mosto não tenha concentração elevada de sólidos em suspensão

Observações
importantes



BioContal
Tecnologia em Bioprocesso

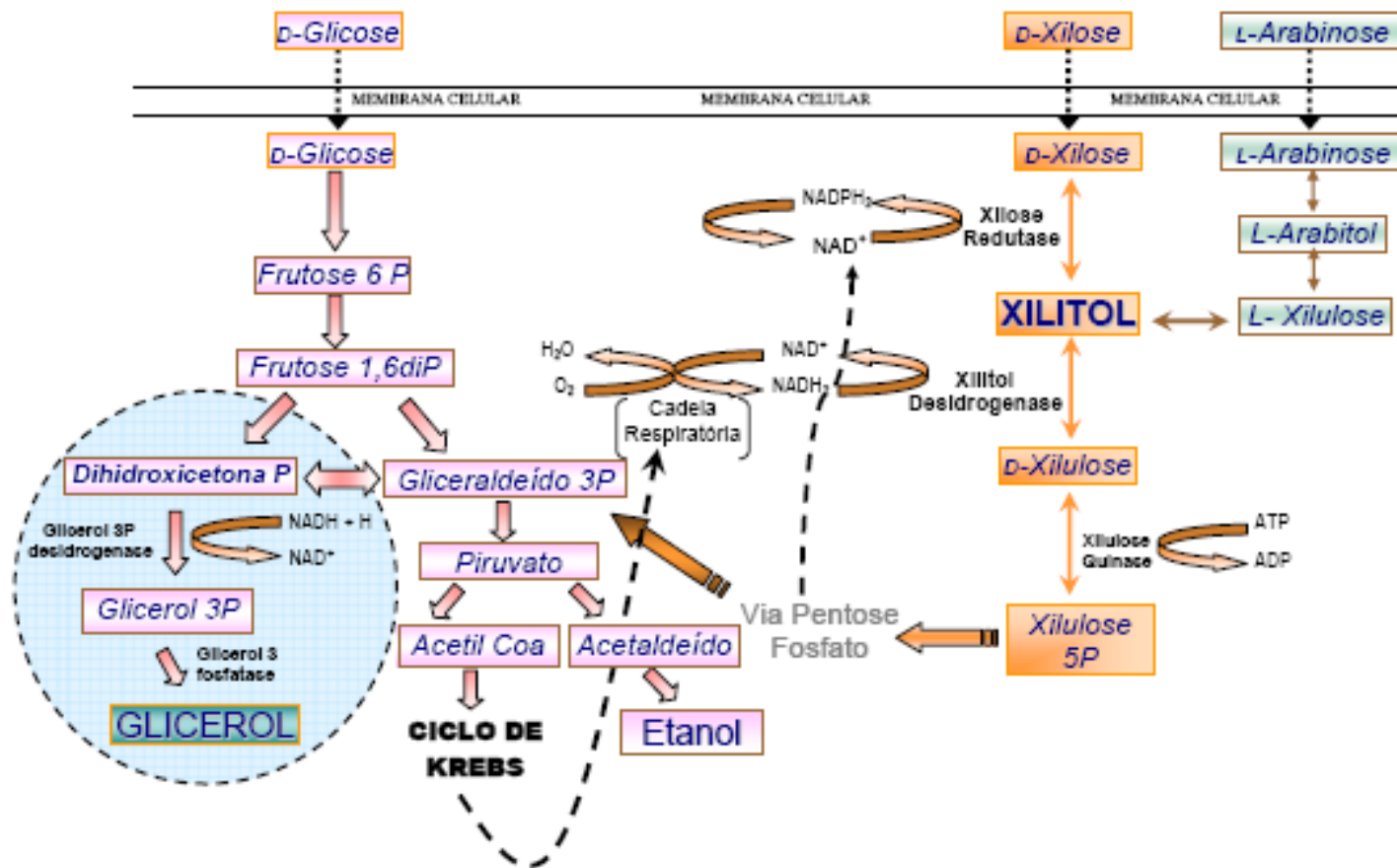
Produção de biomassa

- Aerobiose com processo puramente oxidativo
 - Energia – 38 ATP
 - Rendimento em massa – 0,5 g MS/gART
 - Rendimento em etanol – 0 gEtOH/gART
- Aeróbico reprimido
 - Energia – entre 2 e 38 ATP
 - Rendimento em Massa – 0,1 a 0,12 gMS/gART
 - Rendimento em etanol – 0,38 gEtOH/gART
- Anaeróbico – Processo oxido-redutivo
 - Energia – 2 ATP
 - Rendimento em massa – 0,03 a 0,05 g MS/g ART
 - Rendimento em etanol – 0,46 gEtOH/gART



BioContal
Tecnologia em Bioprocesso

Caminho metabólico consumo de xilose



Estequiometria da reação

- Hexose (glicose e Frutose)
 - Glicose ---- 2 Etanol + 2 CO₂
 - 180 g hexose = 92 g Etanol
 - $Y_p = 0,511$
- Xilose
 - 3 Xilose ----- 5 Etanol + 5 CO₂
 - 450 g pentose = 230 g Etanol
 - $Y_p = 0,511$



BioContal
Tecnologia em Bioprocesso