

UNIVERSIDADE SAGRADO CORAÇÃO

PAOLA CUSTÓDIO GARCIA SAMPAIO

Dextrana: da cana-de-açúcar aos alimentos

BAURU

2010

PAOLA CUSTÓDIO GARCIA SAMPAIO

Dextrana: da cana-de-açúcar aos alimentos

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Química, sob a orientação da Prof^a. Ms. Beatriz Antoniassi Tavares.

BAURU

2010

S1921d	Sampaio, Paola Custódio Garcia
	Dextrana : da cana-de-açúcar aos alimentos / Paola Custódio Garcia Sampaio -- 2010. 27f
	Orientadora: Profa. Ms. Beatriz Antoniassi Tavares.
	Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química) - Universidade Sagrado Coração - Bauru - SP.
	1. Cana-de-açúcar. 2. Dextrana. 3. Alimentos. I. Tavares, Beatriz Antoniassi. II. Título.

PAOLA CUSTÓDIO GARCIA SAMPAIO

Dextrana: da cana-de-açúcar aos alimentos

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Química, sob a orientação da Profa. Ms. Beatriz Antoniassi Tavares.

Banca Examinadora:

Profa. Ms. Beatriz Antoniassi Tavares

Profa. Ms. Alessandra Bizan de Oliveira Stetner

Prof. Ms. Dorival Roberto Rodrigues

Bauru, dezembro de 2010.

Dedico este trabalho,

*Aos meus pais, ao meu irmão e a todos os
meus amigos que colaboraram para que o
mesmo fosse realizado.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por todas as oportunidades que Ele me deu, pelas pessoas incríveis que colocou no meu caminho ao longo dessa jornada e por me ajudar a passar por mais uma etapa maravilhosa da minha vida.

Aos meus pais, que sempre me incentivaram, nunca me deixaram desistir e por todo carinho que sempre dedicaram a mim.

Ao meu irmão Lucas que sempre me ajudou quando eu precisei e também nunca duvidou da minha capacidade.

Aos meus avôs e avós, que torcem por mim e pelos seus queridos netos e que sentem orgulho de nós.

À minha orientadora, Profa. Ms. Beatriz Antoniassi Tavares, por ter sido tão dedicada em atender minhas solicitações acadêmicas quando eu precisei e pela sua paciência durante esse trabalho.

Ao meu namorado Guilherme, pela sua paciência, por aguentar minhas alterações de humor, por me ajudar com suas idéias maravilhosas, pela força, pelo seu carinho e principalmente por sua atenção.

Ao Dr. Luciano, pela amizade, pelos conselhos, por me incentivar a estudar, por me dar oportunidades e por me transmitir alguns de seus conhecimentos.

Quero agradecer também aos meus amigos de estrada, com os quais estive todos os dias juntos para ir à faculdade, pelas brincadeiras e também a todos os meus amigos de trabalho que sempre me ajudaram e que estão comigo dia-a-dia.

Aos professores e aos meus amigos da faculdade que lutamos juntos para vencer os desafios e por sempre estarem juntos em todos os lugares.

Aos meus amigos e parentes que de um jeito ou de outro contribuíram com essa etapa da minha vida e me ajudaram a vencer.

Aos pesquisadores e químicos que contribuíram e tornaram possível a realização desse trabalho.

“Nas lembranças de cada homem há coisas que ele não revelará para todos, mas apenas para seus amigos. Há outras coisas que ele não revelará nem para seus amigos, mas apenas para si próprio, e ainda somente com a promessa de manter em segredo.”

(Fiodor Dostoievski)

RESUMO

O Brasil é um país que produz açúcar a partir da beterraba, do milho e de outros produtos agrícolas, entretanto, a maior parte da produção se dá a partir da cana-de-açúcar devido às condições climáticas favoráveis ao seu plantio. No ano de 2009 a produção de cana-de-açúcar foi de 563.638.524 toneladas. Com o crescimento desse setor agrícola faz-se necessário investigar o estado de desenvolvimento das pesquisas na área, visto que na obtenção do açúcar, desde a plantação até o processo de produção temos a presença da molécula da dextrana. A dextrana é produzida a partir de uma bactéria (*L. mesenteroides*), onipresente no solo, e sua presença interfere principalmente nas etapas de refino. Na produção de açúcar, a presença da dextrana provoca perda de rendimento, consumindo até 5% da sacarose da cana por dia, além de ocasionar alterações dos cristais, aumento da viscosidade nos xaropes e dificuldade na cristalização da sacarose. Os açúcares e xaropes que contém excessiva quantidade de dextrana são impróprios para a produção de alimentos, sendo assim, há a necessidade de se encontrar soluções para minimizar os problemas causados por esta substância nas indústrias de alimentos durante o processamento dos mesmos. Dentre as possibilidades está o aperfeiçoamento do processo de produção para garantir um alto nível de qualidade do açúcar, pois açúcar é alimento.

Palavras-chave: Cana-de-açúcar. Dextrana. Alimentos.

ABSTRACT

Brazil is a country that produces sugar from beetroots, corn and other agricultural products; however, most part of the production comes from sugar cane due to climatic conditions favorable to its growth. In 2009 the production of sugar cane was 563,638,524 tons. With the growth of this agricultural sector it is necessary to investigate the state of development of research in the area, since in extracting sugar, from the plantation to the production process, we have the presence of the dextran molecule. Dextran is produced from a bacterium (*L. mesenteroides*), present everywhere in the soil, and its presence interferes mainly in the refining stages. In sugar production, the presence of dextran causes loss of income, consuming up to 5% of sucrose from sugar cane by day, besides causing changes in the crystals, increase of the syrup viscosity, and difficulty in the sucrose crystallization. Sugars and syrups that contain excessive amount of dextran are unsuitable for food production, so there is a need to find solutions to minimize the problems caused by this substance in the food industry during its processing. Among the possibilities is the enhancement of the production process to ensure a high quality level sugar, since sugar is food.

Keywords: Sugar cane. Dextran. Food.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – O papel dos escravos na produção de açúcar.....	11
Figura 2 – Padrão normal dos cristais de açúcar.....	13
Figura 3 – Molécula de dextrana.....	14
Figura 4 – Cristais de açúcar alongados por conta da presença de dextranas.....	15

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 A CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL.....	10
1.1.1 ETANOL	12
1.1.2 AÇÚCAR.....	12
2 OBJETIVOS.....	16
2.1 OBJETIVO GERAL.....	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3 METODOLOGIA	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.7
4 DESENVOLVIMENTO	18
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.5
REFERÊNCIAS.....	26

1 INTRODUÇÃO

1.1 A CANA-DE-AÇUCAR NO BRASIL

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) chegou ao Brasil por volta do ano de 1530 e logo encontrou as condições propícias para o seu pleno desenvolvimento. A partir daí, surgiram os primeiros engenhos, primeiramente no estado de São Paulo e, depois, em Pernambuco, proliferando-se pelo nordeste (LIMA et al., 2001).

O engenho era constituído por dois grandes setores: o agrícola – formado pelos canaviais, e o de beneficiamento, chamado a “casa-do-engenho”, onde a cana era processada, transformando-se em açúcar e aguardente. Utilizando-se de mão-de-obra escrava, todos os processos do engenho de açúcar eram artesanais e as moendas de madeira eram movidas por animais ou rodas d’água. A produção aumentou gradativamente e, em torno de 1580 o Brasil já detinha o monopólio mundial de açúcar. Mas, a partir do século XVIII, o país começa a perder posição para a produção do Caribe e das Antilhas, dominada pelos holandeses, espanhóis e franceses e para as colônias inglesas na América do Norte. Com o bloqueio continental dos ingleses contra a França, em 1806, Napoleão Bonaparte deixa de receber o açúcar de suas colônias, estimulando então a produção de açúcar de beterraba na Europa. A partir deste período a produção de açúcar – tanto de beterraba quanto de cana – é beneficiada pelo avanço tecnológico. A Revolução Industrial promove a mecanização dos sistemas de produção, introduzindo o motor a vapor, que acionava as moendas construídas em aço, à evaporação múltiplo efeito, o cozedor a vácuo e as centrífugas para separação do açúcar. Embora em diversas partes do mundo as modernas fábricas se multiplicassem (como África do Sul, Ilhas Maurício e Austrália – colônias inglesas, francesas e holandesas), no Brasil os engenhos tradicionais persistiam, com seu processo inteiramente artesanal (LIMA et al., 2001).

O imperador D. Pedro II, através de uma Lei de 1875, propõe então um programa de modernização da produção de açúcar, surgindo assim os Engenhos Centrais, que depois seriam chamados de “usinas de açúcar”. Neste período, o trabalho escravo estava sendo substituído pelas máquinas. A produção mundial de açúcar a partir da cana, nesta época, era liderada por Cuba, com 25% do total. O açúcar de beterraba produzido na Europa e EUA eram responsáveis por 36% da

produção. O Brasil participava com apenas 5% do total de 2.640.000 toneladas, em 1874.

No entanto, a produção de açúcar no Brasil passa a se tornar vantajosa novamente a partir de 1914, em razão da 1ª Guerra Mundial. A indústria açucareira européia é arruinada e os preços do produto no mercado mundial sofrem alta de preços. Surgem assim novas usinas, sobretudo em São Paulo, onde fazendeiros de café mostram-se interessados em diversificar sua produção e o setor expande-se também para o Nordeste (LIMA et al., 2001).

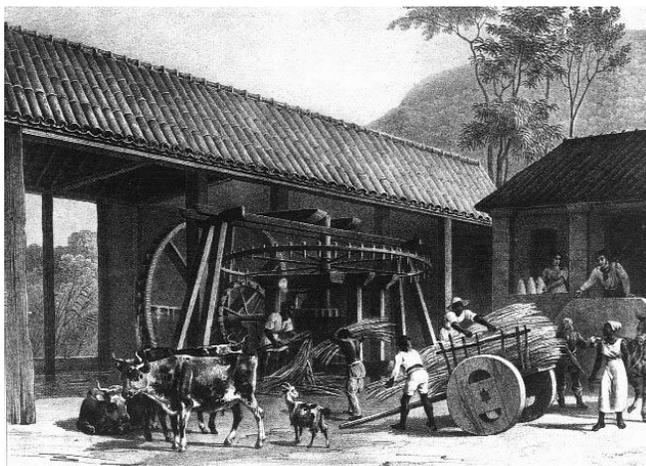


Figura 1: O papel do escravos na produção de açúcar.

Fonte: TRABALHO escravo na américa portuguesa, 2010. Disponível em:
<<http://trabalhoescravonaamericaportuguesa.blogspot.com>> Acesso em 02/11/2010.

O açúcar predominante é a sacarose. Os açúcares redutores compõem-se primordialmente de glicose e frutose. Esses açúcares se encontram em proporções quase iguais nas canas imperfeitamente maduras. À medida que avança o amadurecimento, seus teores diminuem, podendo não ser detectados nas canas perfeitamente maduras. O teor de frutose diminui primeiro, até desaparecer. Por influência dos fatores que influem na composição da matéria-prima, a cana-de-açúcar pode conter: 74,5% de água, 14% de açúcares (12,5% de sacarose, 0,9 de dextrose e 0,6 de frutose) 10% de fibras e o restante dividido entre matérias minerais, compostos nitrogenados, ceras, pectinas e ácidos. A proporção do caldo produzido pela moagem varia de 50 a 100% do peso da cana, isto é, uma tonelada produz de 500 a 1000 litros de caldo. A extração em caldo depende do preparo da cana para moagem, número de esmagamentos e porcentagem de embebição

usada. Primordialmente depende do processamento, se para produzir açúcar ou álcool, e do custo do balanço térmico (LIMA et al., 2001).

O caldo de cana-de-açúcar contém quantidades variáveis de nutrientes orgânicos e inorgânicos, alta atividade de água, pH e temperatura favoráveis que proporcionam o crescimento de uma grande flora microbiana. Este mesmo autor citou ainda que as próprias condições de cada etapa do processo de produção de álcool selecionam o desenvolvimento de microrganismos, sendo que todo o processo está sujeito à contaminação, desde a cana-de-açúcar no campo até a fermentação do seu caldo (GALLO, 1989).

1.1.1 Etanol

Deduz-se que a produção de álcool iniciou na Capitania de São Vicente, porque nela foi montado o primeiro engenho de açúcar do País, após a vinda das primeiras mudas de cana-de-açúcar, trazidas da Ilha da Madeira em 1532. Por séculos, as bebidas destiladas foram o único álcool produzido. A indústria de álcool industrial desenvolveu-se na Europa, nos meados do século 19; no último quarto desse século iniciou-se a produção de etanol no Brasil, com as sobras de melaço da indústria de açúcar, que ampliava sua capacidade produtiva. Qualquer produto que contenha açúcar ou outro carboidrato constitui-se de matéria prima para a obtenção de etanol. Entretanto, para que seja viável economicamente é preciso considerar o seu volume de produção, o rendimento industrial e o custo de fabricação. Para o Brasil são as matérias-primas são os melaços e a cana-de-açúcar para a preparação de bebidas destiladas.

1.1.2 Açúcar

Apesar de se ter notícia sobre culturas de cana-de-açúcar no Brasil desde 1521 ou mesmo sobre a presença de espécies nativas, a implantação na Colônia de uma empresa açucareira voltada à exportação só ocorreu em 1533, por obra de Martim Afonso de Souza. O donatário da Capitania de São Vicente trouxe sementes da Ilha da Madeira - uma das maiores produtoras - e criou em suas terras o Engenho do Governador. Anos depois, a propriedade foi adquirida pelo belga Jorge Erasmo Schetz, que a chamou de Engenho São Jorge dos Erasmos, sendo este

considerado o primeiro engenho do Brasil. Em 1550, Pernambuco tornou-se o maior produtor mundial de açúcar e, em 1570, dos cerca de 60 engenhos existentes na costa brasileira, 41 estavam entre os Estados de Pernambuco e da Bahia. O açúcar foi a base da economia colonial entre os séculos 16 e 19. Sua produção e comércio renderam duas vezes mais que o do ouro e cinco vezes mais do que todos os outros produtos agrícolas juntos (COPERSUCAR, 2010).

Na produção de açúcar, a presença da bactéria *L. mesenteroides* provoca perda de rendimento, consumindo até 5% da sacarose da cana por dia, entre a colheita e o processamento, além de ocasionar alterações dos cristais, aumento da viscosidade nos xaropes e dificuldade na cristalização da sacarose. Esta bactéria, onipresente no solo, que entra na cana em locais de tecidos expostos, causados por colheita mecânica, corte, queima, também é responsável pela produção da goma dextrana, que interfere nas etapas de refino (SILVA et al., 2007).



Figura 2 - Padrão normal dos cristais de açúcar.

Fonte: THE Dextran Story, [200-]. Disponível em:

<<http://www.opticalactivity.com/dextran/The%20Dextran%20Story.htm>>. Acesso em 23 ago. 2010.

O nome dextrana é um coletivo dado a uma larga classe de polissacarídeos bacterianos extracelulares compostos exclusivamente de unidade monoméricas de α -D-glicopiranosose ligadas por ligações α -(1-6). Representa um grupo de polímeros relacionados, polissacarídeo de alto peso molecular (40.000 a 2.000.000), cujas estruturas e propriedades podem variar muito, dependendo da fonte do organismo e do ambiente, fatores como a concentração de sacarose, pH, temperatura e aeração.

Esta família de moléculas é formada por cadeias de unidades de glucose, varia muito de tamanho e o grau de ramificação, normalmente é solúvel em água, mas insolúveis em álcool (IMRIE; TILBURY, 1972).

Ao extrair a sacarose da cana-de-açúcar, obtém-se um líquido que recebe o nome de melaço, que possui de 30 a 40% de açúcar. O melaço na presença do levedo *Saccharomyces cerevisiar*, “produz” uma enzima denominada invertase, que catalisa a hidrólise da sacarose. A sacarose, na presença de ácidos minerais, sofre hidrólise. A hidrólise da sacarose é denominada inversão da sacarose. A sacarose é dextrógira e a resultante de glicose e a frutose são levógira. Moléculas que desviam a luz polarizada para a direita são chamadas dextrógiras e quando o desvio é para a esquerda, as moléculas são chamadas levógiras (COLÉGIO, 2010).

Formada pela deterioração microbiológica e enzimática da cana-de-açúcar ou do caldo de cana, a molécula de dextrana gira o plano da luz polarizada três vezes mais que a sacarose e, portanto, a sua presença no caldo de cana, mesmo em quantidades mínimas, leva à falsa leitura da polarização. Um agricultor pode entregar a cana contaminada com dextrana, pois a cana é avaliada com base na medição da polarização e, assim, receber pagamento mais elevado do que um agricultor que produz cana boa. Além disso, a cana contaminada vai continuar a causar problemas com mais perdas financeiras na fábrica, refinaria e durante a comercialização do produto em todas as fases (IMRIE; TILBURY, 1972).

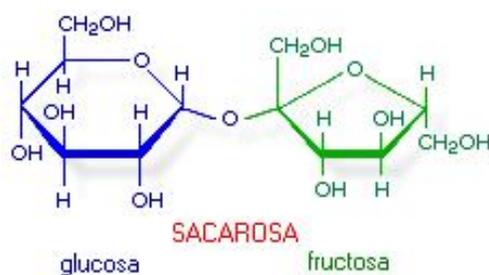


Figura 3: Molécula de dextrana.

Fonte: ZULOETA, 2004. Disponível em:<

<http://www.monografias.com/trabajos58/evaluacion-inversion-sacarosa/evaluacion-inversion-sacarosa4.shtml>> Acesso em: 17 nov. 2010.

Embora inócuas à saúde humana e com aplicações variadas, a presença das dextranas em açúcares está associada a problemas que conduzem a perdas na produção. Sua presença em açúcares utilizados na adoçagem de bebidas alcoólicas

é responsável pela formação de precipitados denominados flocos alcoólicos, os quais são considerados defeitos sensoriais (AQUINO, 2008).

O efeito da dextrana sobre o processo de cristalização pode ser dramático, impedindo a extensão das faces laterais, levando a agulha em forma de cristais (MULLER, 1981).



Figura 4: Cristais de açúcar alongados por conta da presença de dextrana.
Fonte: THE Dextran Story, [200-] Disponível em:
<<http://www.opticalactivity.com/dextran/The%20Dextran%20Story.htm>>. Acesso em 23 ago. 2010.

A insolubilidade da dextrana no álcool faz com que os açúcares e xaropes que a contêm se tornem impróprios para a produção de alimentos, sendo assim, há a necessidade de se encontrar soluções para minimizar os problemas causados pela dextrana nas indústrias de alimentos durante o processamento dos mesmos. A dextrana foi o primeiro polissacarídeo microbiano produzido em escala industrial e dentre as possibilidades de eliminação da dextrana estão o melhoramento genético da cana de açúcar, para produzir um açúcar com baixo teor de dextrana, até o aperfeiçoamento do processo de produção.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

- Investigar o estado atual de desenvolvimento dos estudos sobre a molécula da dextrana desde a produção do açúcar até a utilização do mesmo para a fabricação de alimentos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Descrever a origem da dextrana na cana-de-açúcar.
- Averiguar como e onde o açúcar contendo dextrana é utilizado.
- Relacionar o desenvolvimento científico com a busca pela diminuição do teor de dextrana.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho foi formulado pela pesquisa bibliográfica, buscamos a localização e consulta de fontes diversas de informação escrita visando a coleta de dados a respeito da substância dextrana. Buscamos, portanto, conhecer as diferentes formas de contribuição científica que se realizaram sobre este composto, buscando aprofundar o conhecimento sobre o mesmo em diferentes fontes de informação como: livros, periódicos impressos ou *on-line*, documentos, etc. Através da identificação de fontes seguras, localização e compilação das mesmas, além de posterior discussão, proposição e utilização da mesma.

A pesquisa implicou no levantamento de dados de variadas fontes. Esse material-fonte foi útil não só por trazer conhecimentos que servem de *background* ao campo de interesse, como também para evitar possíveis duplicações e/ou esforços desnecessários (LAKATOS; MARCONI, 1985).

Lakatos e Marconi (1985) afirmam que documentos são, de modo geral, todos os materiais escritos que podem servir como fonte de informação para a pesquisa científica e que ainda não formalmente elaborados. Nesta pesquisa foram usados os arquivos particulares, que pertencem a instituições de ordem privada ou a domicílios particulares como, por exemplo, indústrias.

O levantamento da bibliografia já publicada e que tinha relação com o tema em estudo, teve como finalidade colocar o pesquisador em contato direto com tudo aquilo que foi escrito sobre o assunto (LAKATOS; MARCONI, 1985). Esses documentos permitiram ao cientista o esforço paralelo na análise de suas pesquisas ou na manipulação de suas informações (TRUJILLO, 1974).

A bibliografia pertinente ofereceu meios para definir, resolver, não somente problemas mais conhecidos, como também explorou novas áreas, onde os problemas ainda não se cristalizaram suficientemente (MANZO, 1971).

A habilidade para identificar, localizar e aproveitar a documentação, em determinado campo da pesquisa científica, colaborou para a economia de tempo e esforço (LAKATOS; MARCONI, 1985).

4 DESENVOLVIMENTO

No Brasil, apesar de ter a produção de açúcar a partir da beterraba, do milho e de outros produtos agrícolas a maior parte da produção de açúcar se dá através da cana-de-açúcar devido às condições climáticas favoráveis ao seu plantio, um lugar quente, úmido que favorece o armazenamento do açúcar em seus talos.

O atual desenvolvimento da agricultura no Brasil leva a busca do melhoramento genético das plantas em termos de produtividade. No ano de 2009 a produção de cana foi de 563.638.524 (BRASIL, 2009).

Segundo Ventura (informação verbal)¹ a dextrana poderia ser eliminada apenas com a melhoria genética da cana-de-açúcar:

Pelo que conhecemos a dextrana e outros polissacarídeos provem basicamente da parte superior da planta, o que chamamos de "palmito". Quando temos um tipo de corte chamado "pé e ponta" no qual o cortador corta a cana crua, e em alguns casos de corte da cana mecanizado, os índices de dextrana se elevam. Essa dextrana e outros polissacarídeos trazem diversos problemas para o processo produtivo porque aumentam significativamente a viscosidade do caldo, prejudicando os processos de clarificação porque funcionam como colóides sem carga ou neutros, bloqueando a agregação de partículas. Como estamos falando em polissacarídeos acredito que com processo de modificação genética seja possível transformar durante a etapa de maturação da planta grande parte da dextrana em sacarose.

Oliveira et al. (2002) visando melhorar a qualidade de açúcar e a eficiência industrial isolaram cepas produtoras de dextrana e correlacionaram o tempo de queima da cana com o índice de infecção e a concentração de dextrana no caldo de cana. Verificaram assim, que o tempo médio de queima acima de 72 horas, temperatura elevada e elevados índices de umidade propiciaram uma maior contaminação e conseqüentemente, aumento da produção de dextrana, implicando a diminuição da eficiência industrial da produção de açúcar. Portanto, existe correlação direta entre o tempo de queima; índice de contaminação e produção de dextrana e correlação inversa com a eficiência industrial. Esses parâmetros são influenciados pelas variações climáticas durante a safra (umidade e temperatura) e outros fatores como: impureza da cana, danos mecânicos, incidências de pragas (como broca da cana) que devem ser considerados durante a avaliação da eficiência industrial.

¹ Rogério Ventura, Engenheiro Químico.

Faria et al. (2000), avaliando alterações em características bromatológicas de duas variedades de cana-de-açúcar sob condições de armazenamento, abrigo e campo no período de 0, 2, 4 e 6 dias pós corte, observou que não houve interação entre as variedades de cana-de-açúcar, as condições e os períodos de tempo de armazenamento e que as características bromatológicas de ambas as variedades não foram afetadas, ou seja, não há um aumento nem uma diminuição da produção da dextrana. Pelos resultados das análises químicas, sugeriram que a cana-de-açúcar pode ser armazenada no campo, na ausência de chuvas, até por 6 dias e que essa condição pode reduzir o custo com a armazenagem e transporte.

A colheita da cana picada provoca perdas consideráveis de matéria prima, além disso, propicia aumento da exposição do colmo (tipo de caule encontrado nas gramíneas. É um tipo de caule em que nós e entrenós são bem visíveis, e podem ser ocos (bambu) ou cheios (cana-de-açúcar)), por estar picado, ao ataque de microrganismos, como os fungos, que aceleram o seu processo de deterioração (KROES; HARRIS, 1994). Estes agentes transformam o açúcar em ácidos (lático e acético) e em gomas (dextrana); os quais interferem no processo industrial. Os ácidos são inibidores do processo de fermentação na matéria-prima e as gomas acarretam problemas nas operações de clarificação, cristalização e centrifugação, comprometendo a qualidade e a estocagem do açúcar. Várias pesquisas comprovam esse problema. Ivin (1972) determinou a perda de açúcar e a formação de dextrana na matéria-prima para fabricação do açúcar, em função do tempo de armazenagem, tamanho e lesões existentes nos rebolos (ou colmos). Os resultados evidenciaram a deterioração da cana somente após 24 h, e o aumento de sua taxa com a diminuição do tamanho dos rebolos e acréscimo do grau de lesões. Quanto à concentração de dextrana, os níveis avaliados a 18 h nos rebolos com lesões, e a 36 h em rebolos pequenos podem causar dificuldades nos procedimentos industriais.

O processo de deterioração da cana-de-açúcar ocorre no período de pós-colheita, por ação das enzimas invertases, que degradam a sacarose em monossacarídeos e outros compostos, ou por microrganismos presentes na matéria-prima, *Leuconostoc spp.*, que utilizam e transformam a sacarose, produzindo metabólitos de alto peso molecular, como a dextrana, aumentando a acidez e produção de goma, com resultado de um aumento do número de pontos de entrada de bactérias e fungos (área exposta), juntamente com as condições úmidas de armazenamento (MUTTON, 1984; EGAN, 1966).

Verifica-se, portanto, através desses estudos, que a formação de dextrana ocorre principalmente em períodos de chuva, em canas que demoram em ser moídas após sua queima, em canas com brocas e com maturador. Sua ocorrência é função da contaminação da cana por bactérias formadoras de dextrana, como por exemplo, a *Leuconostoc mesenteroides*, e do tempo que essas bactérias têm de contato com as superfícies internas da planta. Por isso, que sua incidência é maior em períodos de chuva.

O caldo a temperatura ambiente, e pH próximo a 8,0 também favorecem a produção de dextrana. São recomendados valores menores que 50 mg.kg^{-1} de dextrana para que não haja prejuízo no cozimento do xarope e na centrifugação. Os valores obtidos para a dextrana precisam estar dentro do recomendado, visto a maior exigência da indústria em relação a esse parâmetro, pois quanto maior o valor da dextrana mais velha é a cana, podendo acarretar menor rendimento para a usina no produto final.

Elevados teores de dextrana no processo podem ser muito prejudiciais. Os principais problemas de um açúcar com alto teor de dextrana estão relacionados a seguir.

- Retarda muito a cristalização no vácuo;
- Dificulta a centrifugação;
- Sua formação é à custa de perdas de sacarose;
- Desvia a análise polarimétrica;
- Dá origem a cristais de açúcar alongados.
- Causam deformações em balas;

A análise da dextrana é feita em duas etapas: Na entrada da cana e no produto final, ou seja, o açúcar pronto.

O estágio de maturação é verificado principalmente pelos teores de sacarose, de açúcares redutores e umidade que os colmos apresentam no decorrer do período da safra. A porcentagem de pureza é a relação entre o teor de pol e brix, ou seja, a porcentagem dos açúcares presentes no caldo, que é realmente a sacarose, e não glicose, frutose e dextrana. O brix é o teor de sólidos solúveis totais presentes no caldo da cana e é o atributo primordial quando se pretende acompanhar o estágio de

maturação da matéria-prima e a pol (polarização) é a porcentagem em peso de sacarose aparente na solução (STUPIELLO, 1987).

Segundo Ventura (informação verbal)²:

Há limites aceitáveis de dextrana no processo de açúcar, pois a dextrana é um dos itens classificatórios para o açúcar, assim como cor, ou seja, existem diversas classificações de açúcar branco e bruto. De maneira geral, no açúcar branco a dextrana varia entre 50 e 150 mg/Kg. Já o açúcar bruto tem-se valores superiores a 150 mg/Kg. Quando esse limite é ultrapassado, há a classificação ou a desclassificação automática do açúcar produzido.

Pesquisas têm mostrado que, uma vez presente, a melhor forma de eliminação da dextrana é a aplicação, durante a fabricação do açúcar, de enzimas tipo dextranase. O uso de enzimas na produção de açúcar vem ao encontro de um setor que busca modernização e desenvolvimento de melhorias, através de auxiliares de processo, que possam agregar valor ao produto final, além de promover diferenciação, num mercado cada vez mais competitivo. Este é o motivo que está levando as usinas a agregarem enzimas ao processo de fabricação de açúcar, tendo em vista a otimização do processo e a garantia de um produto final de alta qualidade, capaz de satisfazer a demanda dos principais mercados nacionais e internacionais.

O mecanismo de ação da enzima dextranase é a hidrólise das ligações alfa-1,6-glucosídicas nas moléculas de dextrana, reduzindo o tamanho da molécula. O resultado é a diminuição significativa dos efeitos da dextrana sobre a viscosidade do caldo e do xarope, além de estar diretamente relacionado ao rendimento do processo de fabricação e à qualidade do produto final, prevenindo problemas como, paradas de processo, devido à cristalização ou separação do açúcar.

Para Oliveira (2005) as enzimas são basicamente utilizadas no processo de produção de açúcar para solucionar os problemas oriundos da presença de dextranas durante o processo de fabricação. A presença de altos níveis de dextrana durante o processo de fabricação de açúcar pode ocasionar problemas em determinadas variáveis de processo.

Se durante o processo de fabricação de açúcar, o conteúdo de dextrana for superior a 1000ppm, num substrato seco (Brix), podem ocorrer problemas operacionais no processamento do açúcar como, por exemplo, um aumento

² Rogério Ventura, Engenheiro Químico.

significativo da viscosidade do xarope. Além disso, as grandes moléculas de dextrana aumentam, interferem no processo de filtração e evaporação e interferem também na cristalização e purificação do açúcar (sacarose).

Nos últimos anos, as unidades produtoras de açúcar iniciaram um esforço para minimizar as perdas e maximizar a qualidade dos produtos fabricados. Simultaneamente as indústrias consumidoras de açúcar (produtoras de alimentos) começaram a se adaptar a normas que exigem determinados padrões de qualidade para todas as matérias-primas utilizadas.

Esquiaveto et al. (2007) demonstram que a melhor forma de eliminação da dextrana é a aplicação, durante a fabricação do açúcar, de enzimas tipo dextranase, que atuam no rompimento da elevada cadeia carbônica em compostos de menor peso molecular. Como um dos principais efeitos na indústria, este polissacarídeo contribui para aumentar a viscosidade das soluções açucaradas, ou ainda pela alteração da viscosidade impede o endurecimento de balas dificultando a sua embalagem, aumenta o efeito “puxa-puxa” em barras de cereais, tem forte impacto na filtração de caldas de açúcar, entre outros.

Messetti et al. (2007) avaliando um produto chamado Poliquilgerm® que serve para controle de contaminantes industriais que sintetizam biopolímeros que podem aumentar a viscosidade dos fluidos dos processos, como por exemplo, a *Leuconostoc mesenteroides* que sintetiza a dextrana, observaram sua influencia sobre a viscosidade dos meios de cultivo contendo *L. mesenteroides* e verificaram comparativamente com soluções padrão de dextrana. A cultura de *L. mesenteroides* mostrou, após 24 horas, decaimento da viscosidade quando acrescidas o Poliquilgerm® e isso demonstrou que é possível diminuir a viscosidade do meio contendo *L. mesenteroides* usando o produto. Embora preliminares, os dados indicam que o produto possui potencial para inibir a produção de dextrana, assim como o crescimento do microrganismo em estudo.

Caliari et al. (2004) utilizando ondas ultra-sônicas, irradiaram caldo de cana-de-açúcar de primeira extração para controlar a bactéria *Leuconostoc mesenteroides* e avaliaram a taxa de mortalidade dessa população observando que a taxa de mortalidade dessa bactéria foi de até 10,55%, pela potência de 50 W, por 225 segundos, em caldo de cana com 18°Brix, pH 4,5 e 45° C. Assim, com a redução máxima desse microrganismo, imediatamente após a moagem, pretende-se diminuir

a formação de dextrana e os seus prejuízos em todo o processo de fabricação de açúcar.

Apesar de as indústrias sucroalcooleiras estarem utilizando diversas formas de minimizar a produção da dextrana no processo de produção, visando a obtenção de um açúcar de melhor qualidade, muitas vezes as empresas que compram o açúcar, principalmente as de alimentos precisa adequar seu processo de produção para diminuir uma eventual presença da dextrana.

Rodrigues Filho et al. (2007) procurando contribuir para o esclarecimento da presença de flocos em aguardentes, descreve um método de aplicação na determinação de dextranas totais em açúcares e em cachaças. A formação de flocos em aguardentes adoçadas é acompanhada em função das variações na concentração de dextranas totais, massa de precipitado acumulado e turbidez das amostras. Nota-se que o teor de dextranas diminui com o tempo e até 275 dias de estocagem, quando a concentração de dextranas totais se encontra em torno de 0,5 mg/L. A partir deste ponto, existe uma tendência para a estabilização no valor do teor de dextranas e na massa do precipitado formado. Apesar dos açúcares analisados não serem os mesmos que foram utilizados pelos produtores de cachaças, percebe-se que a adição de açúcares, mesmo em valores que atendam à legislação, pode introduzir na produção de dextranas em concentrações suficientes para desencadear o aparecimento de flocos e que a simples filtração após a adição de açúcar pode não ser suficiente para eliminar este problema.

Nas indústrias de bebidas é bem conhecido que as dextranas podem conduzir a formação de precipitados e alterações na estabilidade do produto acabado. A legislação vigente para a cachaça permite a adição de até 6,0 g/L de sacarose, sem a necessidade de qualquer indicação no rótulo. A partir de 6,0 até 30,0 g/L, torna-se obrigatória a inserção da expressão “cachaça adoçada” no rótulo do produto. Para a cachaça adoçada, o principal problema relacionado à presença de dextranas é a formação de flocos. Estes apesar de atóxicos são indesejáveis sob o ponto de vista comercial podendo, inclusive, conduzir ao descarte do produto (RODRIGUES FILHO; et al., 2007).

Indústrias de alimentos destinadas a produção de balas, utilizam o açúcar na forma refinada, e o teor máximo de dextrana presente neste açúcar é de 200 mg/Kg. Acima deste valor verifica-se a presença de deformações nas balas e aumento do efeito puxa-puxa.

Os problemas causados pela elevação na quantidade de dextrana durante o processo de produção nas indústrias de produção de fermento foram minimizados com a utilização do açúcar na forma de xarope.

A dextrana é vista como vilã nas usinas sucroalcooleiras e indústrias alimentícias, entretanto, alguns setores produzem esta substância.

Industrialmente a dextrana é produzida a partir da fermentação, em meio sintético, da bactéria láctica *Leuconostoc mesenteroides* NRRL B512F, que também produz ácido láctico durante a fermentação. A dextrana apresenta diversas aplicações que variam de acordo com sua massa molar. A dextrana de alta massa molar pode ser empregada na indústria de petróleo; a de média massa molar é empregada na indústria de alimentos e a de baixa massa molar na indústria farmacêutica (RODRIGUES, 2003). A enzima dextrana-sacarase, responsável pela síntese de dextrana, é uma enzima extracelular obtida a partir da fermentação do *Leuconostoc mesenteroides* B512F em meio contendo sacarose como fonte de carbono. A enzima promove a quebra da sacarose em unidades de glicose e frutose. As unidades de glicose são então polimerizadas formando a dextrana.

Verificam-se através destes estudos as diversas aplicações da molécula de dextrana e sua importância em cada setor da economia. É importante frisar que para garantir um alto nível de qualidade do açúcar, é também de fundamental importância manter durante o processo de produção um controle rigoroso dos diversos itens da especificação do produto, bem como deve ser produzido, embalado e armazenado como tal, para chegar ao consumidor final mantendo esta característica básica, pois açúcar é alimento.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao investigar o estado atual de desenvolvimento dos estudos sobre a molécula da dextrana desde a produção do açúcar até a utilização do mesmo para a fabricação de alimentos, observa-se que a concentração de dextrana está diretamente ligada ao tempo de queima da cana-de-açúcar, pois quanto maior o tempo de queima, maior será a concentração de dextrana na cana-de-açúcar. Sendo assim, há muitas pesquisas sendo feitas para que haja a diminuição dessa molécula na produção de açúcar para a obtenção de um produto final de qualidade, como o uso de enzimas dextranases, mas o alto custo dessa enzima impede que muitas usinas possam utilizar a mesma.

Para se garantir uma boa qualidade do açúcar, as usinas sucroalcooleiras devem ter um controle rigoroso das análises realizadas tanto durante o processo de produção quanto no produto final, para verificar a presença da dextrana, pois o açúcar enviado para as indústrias de alimentos deve ser padronizado e ter um baixo teor de dextrana para não prejudicar na produção desses alimentos, como o efeito “puxa-puxa” em barras de cereais, o encolhimento em balas, formação de flocos em aguardente, entre outros.

REFERÊNCIAS

AQUINO, W. B.; FRANCO, D. W. Dextrana em açúcares do estado de São Paulo. **Química Nova**, São Carlos, v. 31, n. 5, p. 1034-1037, jul. 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento. Biblioteca Nacional de Agricultura. **Anuário estatístico da agroenergia**. Brasília, 2009. 160 p.

COLÉGIO WEB. **A fermentação alcoólica a partir do melaço**. Disponível em: <<http://www.colegioweb.com.br/quimica/fermentacao-alcoolica-a-partir-do-melaco.html>> Acesso em: 21/12/2010.

COPERSUCAR. A história da cana-de-açúcar. **Copersucar.com**. Disponível em: <<http://www.copersucar.com.br/institucional/por/academia/alcool.asp>> Acesso em: 23/08/2010

EGAN, B. T. Deterioration problem of chopped cane. **Australian Sugar Journal**, v. 57, n. 11, p. 922-4, 1966. Disponível em: <<http://www.opticalactivity.com/dextran/The%20Dextran%20Story.htm>>. Acesso em: 15 set 2010

ESQUIAVETO, M. M. M. et al. Impacto dos itens da especificação do açúcar na indústria alimentícia. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 27, ago. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cta/v27s1/a18v27s1.pdf>>. Acesso em: 12/10/2010.

FARIA, A. E. L. et al. Composição Bromatológica de duas variedades de cana-de-açúcar submetidas a diferentes períodos e condições de armazenamento. **ARS Veterinária**, Jaboticabal, p. 220-226, 2000. Disponível em: <>. Acesso em:

GALLO, C.R. **Determinação da microbiota bacteriana de mosto e de dornas de fermentação alcoólica**. 1989. 388 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade de Campinas, Campinas.

IMRIE, F. K. E.; Tilbury R. H. Polysaccharides in sugar cane and its products. **Sugar Technology**, v. 1, p. 291-361. jun. 1972. Disponível em: <<http://www.opticalactivity.com/dextran/The%20Dextran%20Story.htm>>. Acesso em: 23 ago. 2010.

IVIN, P.C. **The effect of billet size on the rate of cane deterioration**. In: QUEENSLAND SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 39., 1972, Bundaberg. Proceedings Bundaberg, v.1, p.279-280. 1972.

KROES, S., HARRIS, H. D. Effects of cane harvester basecutter parameters on the quality of CUT. **Proceedings of Australian Society of Sugar Cane Technologists**. v. 16, p. 169-177, 1994. Disponível em: <>. Acesso em:

LIMA, U. A. et al. **Biotecnologia industrial**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2001.

MANZO, A .J. **Manual para la preparación de monografías: uma guia para presentar informes y tesis.** Buenos Aires: Humanitas, 1971. Disponível em:

MESSETTI, M. A. et al. Atividade do Poliquilgerm sobre o crescimento e viscosidade de *Leuconostoc mesenteroides* (B512F0). In: Simpósio em Microbiologia Aplicada, 3., Rio Claro, 2007. **Anais...** Rio Claro: UNESP, 2007. (181-1-A)

MULLER, E.G. Dextran. **Tate and Lyle's SIA**, v. 43, n. 5, p. 147-148. nov. 1981. Disponível em: <<http://www.opticalactivity.com/dextran/The%20Dextran%20Story.htm>>. Acesso em 23 ago. 2010.

MUTTON, M. J. R. **Efeitos da queima, manejo e armazenamento sobre as características tecnológicas dos colmos de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) var. NA 56-79.** Jaboticabal, 1984. 95f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.

OLIVEIRA, A. S. de et al. Fatores que interferem na produção de dextrana por microrganismos contaminantes da cana-de-açúcar. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológica**, Londrina, v. 23, n.1, dez. 2002. Disponível em: <http://www.uel.br/proppgportalpagesarquivospesquisaseminapdfsemina_23_1_22_30.pdf>. Acesso em: 13/08/2010.

OLIVEIRA, E. S. **Enzimas para limitar os resíduos de amido e dextrana.** São Paulo. Dez. 2005.

RODRIGUES, S. **Estudo da síntese enzimática de dextrana na presença de maltose como aceptor.** 2003. 250 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia de Química, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, SP, 2003.

RODRIGUES FILHO, M. G. et al. Quantificação de dextranas em açúcares e em cachaças. **Química Nova**, São Carlos, v. 30, n. 5, maio 2007.

SILVA, N.da et al. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos.** 3. ed. São Paulo: Livraria Varela, 2007. 183 p.

STUPIELLO, J. P. A cana-de-açúcar como matéria-prima. In: PARANHOS, S. B. (Ed.) **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização.** São Paulo: Fundação Cargill, 1987. v. 2, p. 761-804.

TRUJILLO, A. F. **Metodologia da ciência.** 3. ed. Rio de Janeiro: Kennedy, 1974.

USINA ALTO ALEGRE. Açúcar cristal branco e VHP. **Altoalegre**, c2008. Disponível em: <http://www.altoalegre.com.br/produtos/acucar_cristal.aspx>. Acesso em: 16 ago. 2010.

USINAS ITAMARATI. A evolução: de engenho à usina. **Acucaritamarati.com**, [c200-]. Disponível em:

<http://www.acucaritamarati.com.br/textos/engenho_acucar.html>. Acesso em: 02/11/2010.

ZULOETA, R. M. G. Evaluación de la inversión de Sacarosa. **Monografias.com**, [c200-] Chiclayo, 2004. Disponível em:<
<http://www.monografias.com/trabajos58/evaluacion-inversion-sacarosa/evaluacion-inversion-sacarosa4.shtml>> Acesso em: 17 nov. 2010.