

Workshop sobre “PRODUÇÃO DE ETANOL: QUALIDADE DE MATÉRIA-PRIMA”

Projeto Programa de Pesquisa em Políticas Públicas

Painel 2:

**“Reflexos da qualidade da matéria-prima sobre a
fermentação etanólica”**

Palestrante: Márcia Justino Rossini Mutton
UNESP – campus Jaboticabal
mjrmut@fcav.unesp.br

Debatedor:

André C. Vitti - APTA

Lorena, 30/05/2008

Reflexos da qualidade da matéria-prima sobre a fermentação etanólica.

Profa. Dra. Márcia Justino Rossini Mutton (FCAV/UNESP)

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) apresenta potencial geneticamente favorável para acúmulo de açúcares, especialmente na forma de sacarose. Sob condições ideais de cultivo, esse potencial é otimizado, resultando no pleno desenvolvimento das plantas. Ao final do ciclo vegetativo, ocorre a maturação, quando o acúmulo de sacarose é maximizado nas plantas cultivadas. Com base na produtividade agrícola e quantidade de açúcares contidos nos colmos, obtém-se a produtividade de açúcares totais/ha, da qual são auferidos os resultados econômicos da fase agrícola.

Considerando-se que a qualidade da matéria-prima é definida como o conjunto de características que deve apresentar atendendo as exigências da indústria por ocasião do processamento, verifica-se que há uma variação natural destes parâmetros, que deve ser compatível com o processo. Neste contexto, quanto melhor e mais adequadas forem as condições de cultivo, melhor poderá ser a qualidade da matéria-prima, com maior acúmulo de açúcar e conseqüentemente a rentabilidade nos produtos finais da indústria sucroalcooleira.

A ocorrência de fatores limitantes para o desenvolvimento da cana-de-açúcar pode resultar em prejuízos para a qualidade, com reflexos diretos e indiretos sobre o processamento industrial dos colmos. Kunert (2000) define este fator limitante como estresse, caracterizando-o como o resultante de condições subótimas, incluindo as de clima, limitações de nutrientes, competição biológica e seus danos, além da influência do homem. Neste contexto, verifica-se que a composição química da cana-de-açúcar entregue para o processamento industrial é dependente de diversas etapas tais como: condições climáticas; propriedades físicas, químicas e biológicas solo; tipo de cultivo; variedades empregadas e idade do colmo; estado sanitário da cultura; estágio de maturação, além do sistema de colheita/carregamento e transporte dos colmos.

FATORES DE QUALIDADE DA MATÉRIA-PRIMA

1- **Condições ambientais:** Na etapa de desenvolvimento do canavial, a condição climática é de suma importância, chegando a ser decisiva para o estabelecimento da cultura. A falta de chuva logo após o período de plantio pode trazer grandes prejuízos para o stand da cultura e dependendo da intensidade requerer inclusive o replantio da área. Após estabelecimento do

canavial, também se observam perdas importantes quando da ocorrência de chuvas excessivas ou falta de umidade (estresse hídrico), ventos, alterações bruscas de temperaturas (geadas e queda de granizo).

2-Variedades: Quanto à escolha das variedades, deve-se considerar o grande número disponível para plantio comercial que apresentam excelentes características agronômicas e tecnológicas. Assim recomenda-se um planejamento adequado para variedades, observando tipo e fertilidade do solo, requerimento nutricional e condição climática por ocasião da colheita, mecanização (topografia), maturação, época colheita, dentre outros. De modo semelhante devem-se considerar algumas características particulares das variedades, como a produção das biomoléculas, polifenóis, amido, fibra, P_2O_5 , polissacarídeos totais e outras, uma vez que estas são fundamentais quando se avalia a fisiologia, a capacidade de adaptação e de produção das plantas. Entretanto, quando se observa o processamento industrial, estas podem promover alterações significativas, comprometendo a eficiência dos processos empregados, requerendo o emprego de insumos e/ou técnica especiais, resultando em elevação dos custos de produção, comprometendo a lucratividade.

3- Estado sanitário: Na cultura da cana-de-açúcar, os fatores bióticos em geral acarretam enormes prejuízos. A ocorrência de pragas e doenças, tais como o ataque de cigarrinha-das-raízes, cupim, migdolus, sphenophorus, broca gigante, o complexo broca-podridões, ocorrência de ferrugem, amarelinho, dentre outras, resultam em grandes prejuízos para o setor produtivo. Sob este prisma devem-se considerar as perdas diretas de açúcares provocadas pela ocorrência da doença ou o dano da praga sobre os colmos, reduzindo o peso dos colmos e o teor de caldo, aumento da quantidade de fibra, dentre outros. Entretanto, os prejuízos não param por aí. Em situações de estresse, a planta lança mão de reserva de açúcares para a produção de biomoléculas, que auxiliarão no processo de defesa contra o agente agressor. Estas biomoléculas podem até não apresentar efeitos negativos durante o processamento industrial, mas significam perdas de açúcares que já estavam, ou que seriam armazenados nos tecidos de reserva.

Segundo Dinardo-Miranda (2003) o dano decorrente do ataque da cigarrinha-das-raízes (*M. fimbriolata*) ocorre devido à injúria causada pelas ninfas, que sugam as radículas, retirando nutrientes dos vasos, provocando desnutrição e desidratação da planta. Os adultos causam danos ao sugarem a seiva das folhas, injetando saliva que é tóxica para as plantas, causando clorose no tecido foliar. Com o amarelecimento e seca das folhas, a fotossíntese é significativamente afetada, resultando em diminuição do crescimento, desidratação e seca dos colmos, reduzindo significativamente a produtividade. Concomitantemente, estas alterações fisiológicas resultam na redução da % de caldo, Brix, Pol e Pureza, com acréscimo do teor de fibra da cana comprometendo a valorização e qualidade da matéria-prima.

Estudos realizados em condições controladas têm demonstrado que o estresse que esta praga provoca na cana-de-açúcar resulta na produção de biomoléculas protetoras, como um mecanismo de reação e defesa da planta. Entretanto, deve-se ressaltar que para a síntese destes compostos há o desvio de açúcares que poderiam ser armazenados nos colmos, resultando em redução do acúmulo de sacarose, refletindo negativamente sobre a qualidade da matéria-prima, além de possíveis interferências sobre o processamento industrial.

Deve-se considerar ainda que os sintomas de danos observados nos colmos podem ser resultantes de reações bioquímicas da planta ao ataque, independentemente de se desenvolverem contaminantes. A partir do desdobramento dos açúcares e dos compostos celulares do colmo a planta pode formar substâncias tais como amido e compostos fenólicos, que podem apresentar ação biocida. A interpretação do metabolismo secundário da planta revela que muito mais pode ocorrer.

De modo semelhante não se conhece os benefícios decorrentes de um controle eficiente desta praga, assim como os reflexos provocados pelas alterações decorrentes da qualidade da matéria-prima no processamento destinado a produção de açúcar e/ou de álcool.

Embora muitas discussões tenham surgido relacionando os efeitos do ataque de cigarrinha-das-raízes e seu controle sobre a produtividade agrícola, as informações disponíveis na literatura, relativas aos efeitos provocados pelas pragas sobre o processamento industrial destinado a produção de álcool e/ou açúcar, caracterizando a interferência da qualidade da matéria-prima ainda são relativamente escassos.

Para melhor conhecer os reflexos provocados pelo ataque e controle da cigarrinha-das-raízes e da broca da cana-de-açúcar, na cana destinada ao processamento industrial, estudos estão sendo realizados para avaliar e caracterizar os danos causados pela praga sobre a qualidade da matéria-prima, enfocando parâmetros convencionais (Brix, Pol, Pureza, AR, Fibra% cana e demais cálculos relacionados ao PCTS) e parâmetros não convencionais; caracterizar os efeitos na produtividade através de parâmetros fisiológicos em função de diferentes níveis de infestação e o controle; avaliando os reflexos dos danos sobre a microbiota fermentativa e rendimento industrial.

Estudos em desenvolvimento nos Departamentos de Tecnologia e de Produção Vegetal da FCAV/UNESP em parceria com diversas unidades de produção têm apontado danos significativos quanto a qualidade da matéria-prima a ser processada pelas moendas para a produção de açúcar e de álcool. Deste modo, observa-se que os efeitos negativos do ataque de pragas e/ou doenças não se limitam ao detectado pelo setor agrícola, mas adentram na fábrica podendo comprometer o rendimento do processamento industrial.

4- Emprego de resíduos: A utilização de resíduos do processo industrial é prática que vem sendo estimulada e rapidamente consolidada no setor sucroalcooleiro, buscando o desenvolvimento ecológico, econômico, energético e socialmente equilibrado. Neste contexto,

destaca-se o emprego racional de cinzas-fuligem, torta de filtros, compostos, vinhaça, além das águas residuárias e de lavagem. Entretanto, este procedimento traz conseqüências para a matéria-prima a ser processada. Dentre elas pode-se destacar as observações de STUPIELLO (2006) trabalhando em áreas fertirrigadas que constatou um menor teor de sacarose nos colmos com doses elevadas, aumento do teor de fósforo no caldo (P_2O_5), aumento do teor de cinzas do caldo, maior participação de pontas na matéria-prima e aumento do teor de ácido acnótico do caldo.

5- Maturação: a cana-de-açúcar destaca-se entre as espécies vegetais pela sua alta eficiência fotossintética e no armazenamento de sacarose. Definida como sistema “fonte-reservatório” (ALEXANDER, 1973), ela é constituída por um sítio de produção (folhas fotossinteticamente ativas), um sistema de escoamento e distribuição do produto, vários sítios de consumo (raízes, colmos, folhas jovens, tecidos meristemáticos e órgãos reprodutivos) e por um sítio de acúmulo e armazenamento da sacarose (vacúolos das células dos internódios dos colmos). A partição dos carboidratos para produção dos tecidos ou armazenamento, é influenciada e definida pela interação entre as características genéticas da variedade, e as condições ambientais. O processo de maturação da cana-de-açúcar envolve um sistema metabólico complexo, que se inicia com a fotossíntese e define-se através do balanço entre os teores de fotoassimilados produzidos (fonte) e consumidos nos drenos metabólicos (respiração/crescimento). Fisiologicamente, ela é alcançada quando os colmos atingem seu potencial de armazenamento de sacarose, ou seja, o ponto de máximo acúmulo de açúcar possível. Do ponto de vista agroindustrial, refere-se ao estágio de desenvolvimento em que a cultura apresenta maximizada a sua produtividade quali-quantitativa de açúcares e o seu resultado econômico. O amadurecimento dos colmos poderá ser natural ou, induzido por processos que resultem em restrição da velocidade de crescimento das plantas, através de estresses de natureza física, química ou biológica. O controle da produção e armazenamento da sacarose na planta envolve a ação de fitormônios e de diversas reações dependentes de enzimas, cofatores, catalisadores orgânicos, dentre outros, que são influenciados por produtos químicos denominados de maturadores. Muitos desses produtos afetam a partição dos fotoassimilados, devido sua ação direta ou indireta sobre os níveis de fitormônios e a atividade de diversas enzimas, especialmente as invertases. Assim, uma alteração na taxa de aproveitamento dos carboidratos produzidos poderá levar a planta, num determinado período de sua fase, a antecipar o acúmulo dos mesmos. Com o emprego de maturadores procura-se modificar as condições naturais de maturação da cana, objetivando promover acréscimos dos conteúdos de açúcares sem prejuízos para a produtividade de colmos. Por outro lado, pode-se favorecer o acúmulo mais uniforme de açúcares nos entrenós da região apical, que normalmente são imaturos. Alguns produtos podem acelerar o dessecamento das folhas, possibilitando realizar um desponte mais alto, resultando em maior produção de colmos, reduzindo o conteúdo de

matérias estranhas enviadas à fábrica, melhorando a eficiência global da colheita. Dentre os fatores que determinam os melhores resultados, destacam-se o planejamento varietal e a aplicação de maturadores (produtos, doses e épocas corretas), acelerando e antecipando o processo de maturação, inibindo o florescimento, flexibilizando o fluxo de matéria-prima dentro da indústria, melhorando sua qualidade tecnológica. Neste sentido, avaliações para qualidade da matéria-prima entre diferentes variedades mostram que há uma diferença significativa de 1 a 2 pontos de Pol % cana quando se considera o período no qual a variedade entra em maturação e o período no qual ela atinge o pico de maturação que pode ocorrer poucos dias depois. Sob este ponto de vista o ganho ou a perda em termos de açúcar acumulado, deve-se exclusivamente ao manejo da colheita ou ao acompanhamento do melhor período para sua realização. Como consequência direta deste procedimento, tem-se obtido incrementos nos teores de sacarose, açúcares totais, pureza, além da valorização da matéria-prima, com efeitos diretos e indiretos nos resultados indústrias.

6- Sistema de despalha: a queima, principalmente a denominada “queima quente”, que se processa durante o dia, em horários que apresentam temperaturas mais elevadas, resulta na exudação de açúcares, promovendo a abertura de fendas ou rachaduras na casca, propiciando condições favoráveis para o desenvolvimento de microrganismos contaminantes, intensificando as perdas da qualidade da matéria-prima. Como consequência, observa-se redução da Pol, incrementos nos teores de impurezas minerais, exudação de caldo que favorece a inoculação de bactérias produtoras de dextrana. Pesquisas realizadas objetivando avaliar o efeito do horário de queima sobre a qualidade da matéria-prima indicam perdas de Pol de até 0,5 ponto entre os horários de temperaturas mais e menos elevadas (queima fria).

7- Sistema de corte e de carregamento: Dentro da agroindústria, a fase em que a matéria-prima é mais suscetível à deterioração é a que corresponde ao tempo decorrido entre o corte e a moagem, uma vez que a deterioração da cana inicia-se no momento da queima/corte (manual, mecanizado).

A cana madura e apta para a colheita é o resultado de muitos meses ou até anos de aplicação de práticas culturais, que levam ao lento acúmulo de açúcares nos colmos das plantas envolvendo um grande custo energético bem como financeiro. Com a dilatação do período entre a queima/corte e o processamento a matéria-prima perde rapidamente, sua melhor qualidade para industrialização. Dependendo do período de espera para o processamento, o açúcar (sacarose) produzido pela planta, passa a ter caminhos alternativos como recuperação via processo industrial, utilização pela própria planta em seus processos metabólicos de respiração, como também a utilização natural envolvendo processos biológicos, principalmente os de deterioração.

Acrescente-se ainda que circunstâncias anteriores como as operações de pré-colheita (queima) e colheita parecem incorrer em injúrias, decorrentes do carregamento e/ou do transporte, deterioração microbiana de pós-colheita e processos finais de “inversão de sacarose”, que acompanham a redução de umidade dos colmos injuriados, num período em que os fotossintatos (açúcares) não mais podem ser repostos no colmo (RIZK & NORMAND, 1969; MUTTON, et al. 1988).

Assim, duas são as áreas de declínio da qualidade de pós-colheita: (1) a resultante dos processos de “inversão de sacarose”, que ocorre devido à operação de colheita e agravado pela subsequente demora na entrega da cana na indústria (2) a representada pelas perdas industriais decorrentes do processamento e seus reflexos, intensificadas por tal demora. Tais evidências são conhecidas não só no Brasil, mas também em outros países que cultivam a cana-de-açúcar para produção de açúcar e/ou de álcool.

No Estado de São Paulo, a época de industrialização da cana para a produção de açúcar e/ou álcool, conhecida como safra, ocorre a partir dos meses de março -abril até meados de dezembro. Para que a indústria apresente rendimentos técnicos e econômicos que justifiquem o seu funcionamento, a matéria-prima deve estar no pico de maturação, uma vez que a produção de açúcar e/ou de álcool é função da tonelagem de colmos moídos e, principalmente, do teor de sacarose que estes apresentam no momento em que são processados.

Para atender a demanda da indústria o setor agrícola, responsável pela produção da matéria-prima, usa como estratégia, e um planejamento muito bem elaborado, a adequação das variedades às condições de solo e clima, além de sua interação com o ambiente, para que apresentem no período da colheita dos colmos o máximo de sacarose.

Assim, o planejamento da operação de colheita (manual, mecanizado).é de fundamental importância, tendo por objetivo principal atender a demanda de matéria-prima de qualidade para a fábrica durante toda a semana ao longo da safra.

Para tanto, as unidades industriais fazem um planejamento de queima/corte a ser realizada todos os dias, inclusive aos sábados em meio expediente, sem corte manual aos domingos. Entretanto, objetivando suprir as necessidades do funcionamento da indústria que é contínuo, torna-se necessário estocar matéria-prima durante toda a semana, embora com esta prática seja previsível a ocorrência de deteriorações, resultando em perdas de qualidade e de eficiência industrial. Para minimizar os reflexos da deterioração na indústria, empregam-se insumos que ocasionam aumento dos custos de produção, além de prejudicar a qualidade do produto final.

A etapa final, constituída pela COLHEITA E TRANSPORTE DOS COLMOS é outro ponto importante quando se considera a produção com qualidade no setor agrícola. As diversas operações realizadas requerem a utilização de procedimentos como a queima e o

corte dos colmos, que resultam em injúrias mecânicas, que além da degradação de açúcares, favorecem as contaminações microbiológicas, agravando ainda mais as perdas.

Avaliações realizadas em colmos colhidos e armazenados por períodos de 12, 24 e 48 horas evidenciaram que quanto maiores os tamanhos dos toletes, menores os teores de dextrana produzidos, que são diretamente proporcionais ao dano apresentado pelos colmos (amassamento, rachaduras, queima), assim como ao período, temperatura e umidade do ambiente de armazenamento (Figura 01). Deve-se esclarecer que a presença de terra aderida aos colmos é um indicador de perdas através da dextrana.

A realização da colheita também influencia as perdas quali-quantitativas, como a altura do corte basal, realizada manual ou mecanicamente. Observações realizadas por Barbosa (1995) revelaram que além das perdas da matéria-prima que são perdidas no campo, devido à presença do “toco alto”, devem-se avaliar também os reflexos sobre o corte seguinte. Os efeitos podem ser observados no perfilhamento, além de um maior abalo e arranquio da soqueira pelo efeito de alavanca, o que levam a redução da produtividade. Por outro lado, o toco que fica no solo pode favorecer o desenvolvimento de pragas e/ou doenças.

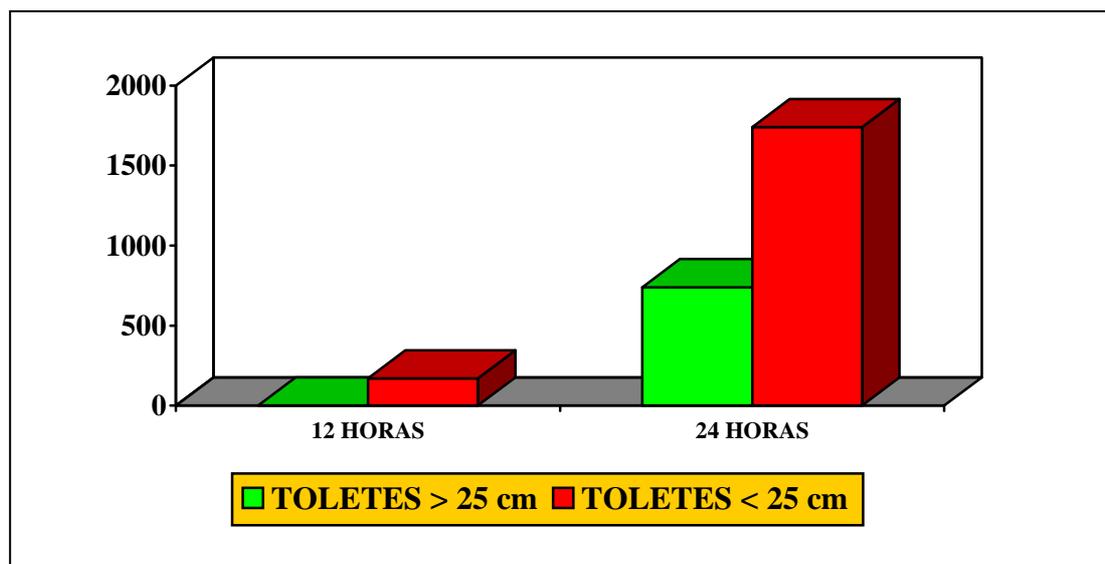


Figura 01- Valores médios de Dextrana (ppm/%Brix) em toletes de cana após 12 e 24 horas de colheita.(CLARKE, 1996)

Tabela 01 – Efeito da altura de corte de base sobre a produtividade t/ha da soca (Barbosa, 1995)

Altura do corte	2 a 5 cm	10cm	Reflexos
t/ha	83,70	78,30	Perda na colheita
Abalo Soqueira	2,51	3,63	Alavanca
% Arrancadas	10,0	15,4	Alavanca
Perfilhamento	7,3	6,6	Abalo e arranquio
t/ha soca	83,90	78,50	Produção

Deve-se salientar ainda que outras condições de realização do corte, carregamento e transporte podem interferir sobre na qualidade da matéria prima como: a limpeza do eito e da

leira; a distribuição correta da cana cortada; a realização adequada do desponte e despalha; presença de resíduos, rizomas, pontas e raízes juntamente com os colmos que serão encaminhados para o processamento. Segundo Bento (2003), as perdas durante as operações de colheita dos colmos poderão ser ampliadas, em função de problemas ocorridos durante a colheita mecanizada, resultando em perdas devido a presença de pedaços de colmos na área; pedaços danificados, estilhaços, pedaços fixos, cana inteira fixa, cana inteira solta, colmos que ficam na área de colheita. Há que se registrar também as perdas significativas de colmos que são esmagados pelos caminhões e carretas, além dos que caem nas laterais dos carregadores e estradas de acesso as unidades industriais. Sob este aspecto, grande esforço deve ser feito para que cana com menor teor de impurezas possíveis seja enviada as unidades industriais para processamento.

Outro fator importante para a ocorrência das perdas, é o horário de realização da colheita. Estudos realizados buscando avaliar o efeito do horário da colheita sobre as perdas evidenciaram que canas cruas e queimadas colhidas durante o dia, apresentaram perdas visíveis totais de 4,67 e 3,50 t/ha. Quando a operação foi realizada a noite os valores foram de 5,65 e 4,28 t/ha, respectivamente. As perdas para canas colhidas à noite representaram acréscimo de 21-22%.

Campanhão (2001) avaliando a inclusão de Impurezas durante o carregamento por 4 cortes, observou que a deterioração tecnológica foi significativa e provocou reduções nos valores de Pol % cana. As maiores reduções foram observadas para colheita mecanizada, que levaram cerca de 7 kg de terra/t cana, contra 2 kg/t quando se realizou a colheita manual. Resultados apresentados por Mutton (2004), indicaram que a participação de impurezas minerais e vegetais juntamente com os colmos enviados ao processamento, provoca redução significativa na produção de açúcar (kg/t colmos), valorização da matéria-prima (R\$/t colmos), açúcar teórico recuperável (kg/t colmos), margem de contribuição agrícola (R\$/ha) e margem de contribuição industrial (R\$/ha).

8-Deteriorações: considerando-se as deteriorações tecnológicas e microbiológicas que ocorrem em pós-colheita, devem-se considerar os reflexos da condição ambiental de armazenamento da matéria-prima sobre a pureza, perdas de peso dos colmos (kg/t), produtividade agrícola (t/ha) e ATR (kg/t), além do tempo de espera entre queima, corte e processamento dos colmos e período em que se realizou a colheita.

Não obstante, para deteriorações microbiológicas, além do desenvolvimento de microrganismos contaminantes que provocam perdas devido à degradação dos açúcares armazenados nos tecidos de reserva, é fundamental que se destaque a produção de biomoléculas que podem interferir negativamente sobre o processamento industrial. Dependendo da natureza do metabólito formado durante a degradação dos açúcares, ele pode

atuar como inibidor da viabilidade e do brotamento das células de leveduras nas dornas de fermentação, afetando os rendimentos industriais.

A contaminação é um fato comprovado na maioria das unidades de produção de álcool do país, em função do desenvolvimento de outros microrganismos como bactérias e leveduras selvagens (nativas) que podem estar presentes na matéria-prima ou na água (lavagem, embebição, diluição, etc.).

Tal ocorrência pode promover a formação de outros compostos não desejados tais como mucilagens, produzidas por bactérias que floculam o fermento incorporando metabólitos ao caldo (ácidos orgânicos, polissacarídeos, etc.), além de degradar o etanol, alterando sua composição química e promovendo transtornos na fermentação.

É de conhecimento geral que os microrganismos contaminantes que se desenvolvem na matéria-prima, constituem-se em verdadeiro bloqueio a esta otimização. Estes contaminantes estão presentes desde o corte da cana até as etapas finais do processamento do açúcar e do álcool (YOKOYA, 1991; STUPIELLO, 1981), e têm por sua vez a capacidade de degradar a sacarose ocasionando perdas diretas e como consequência produzirem ácidos orgânicos e polissacarídeos como subprodutos principais que irão acarretar diversos problemas nas etapas de fabricação (STUPIELLO, 1981). Deve-se considerar ainda, que podem ocasionar a floculação bacteriana do fermento, tendo como consequência perdas de leveduras durante a operação de centrifugação do vinho e decantação de células nos fundos de dornas (YOKOYA, 1991; AMORIM, 1982).

A presença maciça destes microrganismos tem origem no campo, e adentram nos colmos através da ocorrência de infestação de pragas, danos provocados nos colmos pelas operações de corte/carregamento/transporte, facilitando a infecção. O corte da cana contribui sobremaneira, sendo que o corte manual deixa menor área exposta para penetração de microrganismos enquanto que o corte mecanizado aumenta esta área. Normalmente encontra-se nas unidades industriais o “pátio de cana” que funciona como um pulmão para atender as flutuações de entrega da matéria prima. Este estoque deve ser obrigatoriamente renovado em até 24 horas, pois além desse tempo a deterioração da cana será mais acentuada. Da mesma forma, além dos cuidados com a matéria prima, deve-se cuidar da assepsia das operações de moagem, peneiragem e tratamentos de caldo, necessitando muitas vezes do emprego de anti-sépticos para o controle da carga bacteriana.

Na literatura são descritos os gêneros de microrganismos comumente encontrados em caldos do processo tais como: *Bacillus*, *Lactobacillus*, *Acetobacter*, *Clostridium*, *Leuconostoc* (McMASTER e RAVNO, 1977; ALTHERTHUM, et al. 1984; YOKOYA, 1991; AMORIM, 1982). Entretanto, esses gêneros podem ser distribuídos de acordo com a fase do processo em que se encontram, em função da temperatura, pH, concentração de açúcar e inibidores, o que os levará a se desenvolver mais ou menos. O que se observa, entretanto, é que independentemente da fase em que se encontram todos esses microrganismos, produzem

quantidades apreciáveis de ácidos orgânicos (butírico, acético, fórmico, láctico), como também álcool e CO₂ (AMORIM, 1982; McMASTER e RAVNO, 1977).

Sob esta ótica, a carga microbiológica presente é um parâmetro importante que define a qualidade e influencia de modo direto os processos tecnológicos da produção.

Reflexos sobre o processamento para produção de álcool.

1- Sanidade da cultura – promove perdas industriais decorrentes das perdas de açúcares, além de favorecer a formação de substâncias coloridas, contribuindo para o aumento de cor. Considerando-se a produção de etanol, afetam diretamente a eficiência fermentativa levando a queda de rendimento alcoólico. Os compostos fenólicos inibem a brotação das leveduras, resultando em queda de viabilidade celular e de brotos dificultando o reaproveitamento das células. De modo semelhante interferem no processo de sangria, destinado a produção de levedura seca. Segundo Arrigoni (2005) a cada 1% de infestação de broca da cana, verifica-se a redução de 0,20% na produção de álcool. Para a Broca gigante da cana 1% de infestação promovem 0,43% de perdas de produtividade agrícola e 0,63% de queda de rendimento industrial (Sampaio, 2002). A não realização de controle das pragas possibilita o desenvolvimento de um número mais elevado de contaminantes, provocando perdas de açúcares através da formação de ácidos e outros metabólitos inibidores das leveduras fermentadoras.

2- Impurezas Minerais: afetam diretamente o processamento, provocando menor extração através das moendas; aumentam a produção de torta e as perdas; favorecem a formação de incrustações; favorecem a abrasão e corrosão no interior das caldeiras, além de comprometer a qualidade do produto obtido. A presença destas impurezas contribuem significativamente para a contaminação dos caldos com microrganismos indesejáveis ao processo de fermentação, comprometendo a eficiência e o rendimento.

3- Impurezas Vegetais: Segundo Stupiello (2006) afetam diretamente o processamento, através da perda de capacidade da fábrica de 3 a 15 %; perda de extração de 1 a 4 %; aumento da quantidade de bagaço produzido, com qualidade comprometida, além da incorporação de componentes indesejáveis, tais como, polissacarídeos, amido e ácido aconítico.

4- Purificação do Caldo Misto – operação que objetiva obtenção de um caldo claro, transparente e brilhante, mediante a eliminação das impurezas dissolvidas e em suspensão no caldo, sem afetar o teor de sacarose.

A idéia do processo de purificação está no processo de coagulação máxima dos colóides e na formação de um precipitado insolúvel capaz de adsorver e arrastar impurezas de natureza coloidal que provocam a turbidez do caldo. Assim, a precipitação e a decantação são diretamente prejudicadas quando se processa cana que está submetida a períodos de espera entre a queima/corte. As dextranas dificultam a clarificação porque agem como colóides

neutros ou sem cargas, bloqueando a agregação de partículas carregadas. A demora na decantação resulta em maior tempo de retenção do caldo no decantador, provocando ainda perdas de açúcares em função das condições operacionais de pH e temperatura do caldo dentro do equipamento.

Por outro lado, as borras formadas e decantadas no fundo do decantador constituem um excelente meio de cultura para microrganismos contaminantes que se multiplicam à custa do consumo de açúcares, provocando maiores perdas e conseqüente redução da eficiência desta etapa do processamento. Deve-se considerar ainda que a presença de dextranas torna a filtração dos lodos mais lenta.

5- Fermentação – sob condições adequadas de temperatura, pH e concentração de açúcares a oxidação de carboidratos através da fermentação alcoólica, resulta em álcool etílico, CO₂ e energia, como produtos principais. Outros compostos orgânicos tais como glicerol, ácido succínico, álcoois amílico e isoamílico são produzidos em menor quantidade e são considerados produtos secundários da fermentação alcoólica.

Quando cuidados mínimos não são observados quanto a sanidade da matéria-prima, pode ocorrer o desenvolvimento de outros microrganismos, principalmente bactérias, que produzem fermentações indesejáveis, resultando em produtos estranhos à fermentação alcoólica normal. As bactérias contaminantes produzem ácidos orgânicos e gomas (dextranas) a partir dos açúcares contidos no mosto, que afetam negativamente a viabilidade das células de leveduras. As leveduras viáveis duram menos tempo na dorna de fermentação e tem que se substituídas por outras, viáveis. Para a multiplicação do fermento há consumo de açúcar.

Outro problema decorrente da presença de bactérias, nas dornas de fermentação, é a possibilidade da ocorrência de floculação do fermento. Neste caso, a bactéria forma uma mucilagem que prende as células da levedura, formando a floculação, que pode resultar na perda do fermento (Figura 02).

A ocorrência de fermentações paralelas, ou acidentes de fermentação reduzem o rendimento fermentativo, além de modificar as características do vinho quanto aos teores dos componentes secundários, que neste caso são mais elevados, caracterizando as perdas de açúcares no processo de deterioração microbiana.

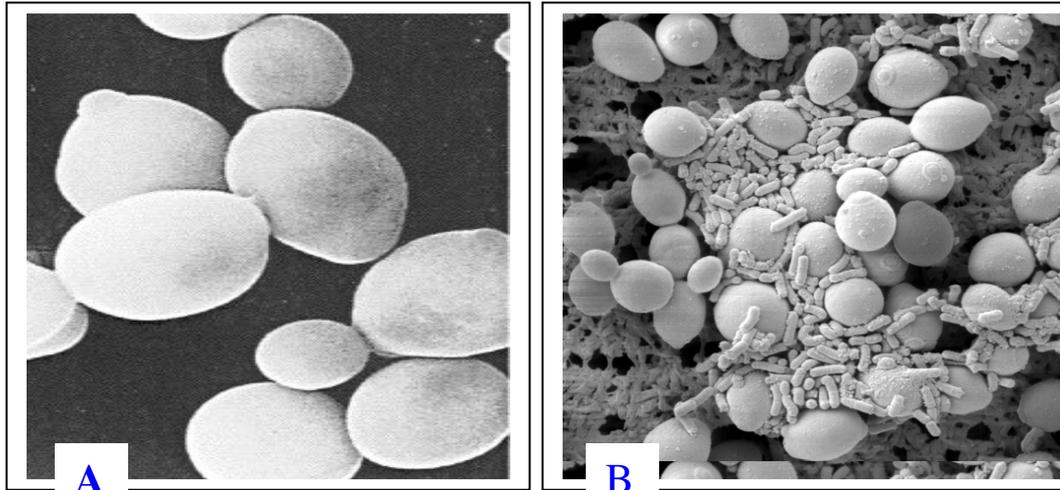


FIGURA 02 – Fermento normal (A) e fermento com bactérias contaminantes (B).

6- Estabilidade de leveduras: A condução do processo fermentativo sob condições adequadas possibilita o pleno desenvolvimento das leveduras fermentadoras, dentro dos padrões normais de viabilidade, brotação e tempo de permanência. Entretanto sob condições de estresses (térmico, ácido, osmótico, microbiológico, químico, etc.) verifica-se que as leveduras produtoras de etanol são diretamente afetadas, resultando desde a alteração de sua fisiologia e/ou morfologia até a eliminação do processo, com a conseqüente substituição por outras estirpes.

7- Nutrição: As leveduras necessitam de diversos íons inorgânicos, tanto em concentrações micro e mili molar para manifestarem ótimo crescimento e rendimento fermentativo. Deficiências ou concentrações elevadas de tais minerais provocam alterações metabólicas significativas. Embora se possam postular concentrações ótimas para cada elemento, existe uma vasta gama de interações entre os nutrientes minerais resultando que tal concentração ótima é altamente dependente da concentração de outros minerais no meio, podendo inclusive atuar como antagonistas no meio. O nitrogênio, fósforo e enxofre integram constituintes celulares tanto estruturais quanto metabolicamente ativos. O zinco, cobalto, manganês e cobre atuam como catalizadores enzimáticos. O potássio, amônio e magnésio agem como ativadores ou estabilizadores enzimáticos. O potássio, cálcio, magnésio e zinco são mantenedores do controle fisiológico, neutralizando cargas negativas de proteínas, DNA e RNA, além de atuarem como ativadores enzimáticos.

8- Destilação – corresponde a separação das diversas frações do vinho através de evaporação e sucessiva condensação do vapor obtido. A fração de interesse econômico é o etanol, que deverá ser separado dos componentes secundários formados durante a fermentação, assim como de outras impurezas que estejam presentes no vinho. Quanto maior a concentração destas substâncias, mais rigorosa deverá ser a destilação. Considerando-se que o álcool (hidratado ou anidro) deve atender a legislação específica quanto aos teores

máximos de componentes, verifica-se que estas operações de purificação do destilado sempre são acompanhadas de perdas, que resultam em reduções das eficiências do processo.

CONSIDERAÇÕES

- O conhecimento dos aspectos fisiológicos de pré e pós-colheita da cana-de-açúcar permitem a obtenção de matéria-prima de qualidade.
- O planejamento agroindustrial é uma ferramenta importante para se obter melhores resultados no processamento da matéria-prima.
- Vários fatores extrínsecos têm afetado a qualidade da matéria-prima, sendo que a sanidade da cultura, a presença de impurezas, tempo de processamento e nível de contaminantes tem papel relevante.
- Os parâmetros e métodos atualmente empregados para a avaliação da qualidade deverão ser ampliados, padronizados e aperfeiçoados.
- O processo produtivo é afetado em diferentes etapas intermediárias, que nem sempre são avaliadas e quantificadas convenientemente, resultando em perdas.
- A matéria-prima de qualidade é fundamental para a produção de álcool, considerando-se eficiências, rendimentos e custos.

PONTOS A SEREM AVALIADOS:

- Estabelecimento de uma metodologia mínima de controle considerando-se padronização, custo e benefícios.
- Implantação das Boas Práticas de Produção e de Fabricação.
- Obtenção de leveduras termofílicas e osmofílicas.

LITERATURA CITADA

ALEXANDER, A. G. Sugarcane physiology. Amsterdam: Elsevier, 1973, 752p.

ALTHERTHUM, F. et al. Efeitos dos microrganismos contaminantes na fermentação alcoólica nas microdestilarias. **STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 3, n. 1, p.42-9, 1984.

AMORIM, H. V.; OLIVEIRA, A. J. Infecção na fermentação: como evita-la. *Álcool & Açúcar*, n.5, p.12-18, 1982.

BENTO, M. Perdas na colheita mecanizada de cana. II Simpósio Internacional STAB-SUL, Águas de São Pedro – SP março/2003.

CAMPANHÃO. Aula ministrada na disciplina de Controle Químico em Destilaria na FCAV/UNESP em 15/08/2001.

DINARDO-MIRANDA, L. L. Cigarrinha-das-raízes em cana-de-açúcar. Campinas: Instituto Agrônomo, 2003. 70p.

KUNERT, K.J. Stress Physiology: Understanding the Limits for Plant Performance. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE FISILOGIA DA CANA-DE-AÇÚCAR, Piracicaba, 2000.

Anais. (cd-rom)

MC MASTER, L.; RAVNO, A. B. The occurrence of lactic acid and associated micro-organisms in cane sugar processing. ISSCT Proceedings of the XVI congress, São Paulo, v.3, processing, p.2679-2693, 9-20 September, 1977.

MUTTON, M. J. R. Avaliação da fermentação etanólica do caldo de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) tratada com maturadores químicos. 1998. 178p. Tese de Livre-Docência – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.

MUTTON, M. J. R. Qualidade Agroindustrial da cana-de-açúcar, perdas e seus reflexos econômicos. VIII Seminário sobre Inovações Tecnológicas STAB – Ribeirão Preto – SP, 14/09/2004. CD Room.

RIZK, T. Y.; NORMAND, W. C. Effecte of burning and storage on cane deterioration. Part I- On cane quality. *The International Sugar Journal*. 71(891): 7-9, 1969.

STUPIELLO, J. P. Curso de Qualidade da Matéria-prima. 2006 CD-Room.

YOKOIA, F.; Problemas com contaminantes na fermentação alcoólica. STAB, Piracicaba, p.38-39, Jul./Ago.,1991.