

PRODUÇÃO DE ETANOL A PARTIR DO RECHEIO DE BOLACHA ENGENHARIA QUÍMICA-USF

Ana Carolina Mardegan Lopez¹
Ramon Victor de Castro Alvarelli da Silva¹
Prof. Dr. André Augusto Fernandes Beati²
Universidade São Francisco
anacarolina.mardeganlopez@yahoo.com.br
ramoncalvarelli@gmail.com

¹Aluno do Curso de Engenharia Química, Universidade São Francisco; Campus Swifit

²Professor Orientador André Beati, Curso de Engenharia Química, Universidade São Francisco; Campus Swift.

Resumo. A destinação de resíduos industriais tem se tornado um grande desafio, por este motivo cada vez mais existem investimentos em processos que tragam retorno financeiro com foco em sustentabilidade. Atualmente o recheio da bolacha fora dos parâmetros de qualidade é descartado, nesse trabalho foi avaliado a possibilidade de produção de álcool utilizando o recheio como matéria-prima por meio do processo de fermentação. Foram testados alguns tipos de leveduras a partir do processo fermentativo convencional e em seguida as amostras foram submetidas à análises para detecção do álcool, em todas as amostras foi possível a detecção do pico característico do etanol.

Palavras-chave: Fermentação Alcoólica, Álcool, Recheio da bolacha.

Introdução

No ano de 2016, cerca de 425 mil toneladas de biscoitos recheados foram vendidos no Brasil segundo dados da ABIMAPI. Presume-se que cerca 8% a cada 70 toneladas representa a perda na produção deste produto, o biscoito que viria a ser um resíduo, é utilizado na área de nutrição animal para a produção de ração, porém o recheio dificilmente encontra uma destinação rentável, viabilizando a produção de etanol utilizando-o como matéria prima.

O álcool tem sido utilizado em diversas áreas, conhecido quimicamente como etanol ou álcool etílico é aplicado em produção de bebidas, alimentos, medicamentos, combustíveis entre outros. Existem dois tipos de processos para a obtenção do etanol: a Reação de Hidratação do Etileno e Fermentação de açúcares.

A fermentação é um processo de transformação de uma determinada substância em outra, produzida através de microrganismos, ela ocorre através das leveduras e algumas bactérias que fermentam os açúcares, transformando em álcool etílico e gás carbônico. Pode ser realizada por qualquer tipo de monossacarídeo, a produção do etanol e o rendimento da reação dependem de ajustes no sistema, estes feitos primeiramente em menor escala (laboratório) e posteriormente em escala industrial.

No Brasil, o etanol é produzido pelo processo de fermentação utilizando principalmente a cana-de-açúcar como matéria prima, este processo é o mais empregado devido a vasta disponibilidade de matéria prima e por ser o método mais viável para a produção de álcool. Ele é caracterizado na utilização de um fermento que contém enzimas

[1] Fonte:< <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAgHikAI/alcoois>>

para quebrar as moléculas de açúcar e desta forma obtêm-se como produto da reação estequiométrica duas moléculas de etanol e duas moléculas de gás carbônico.

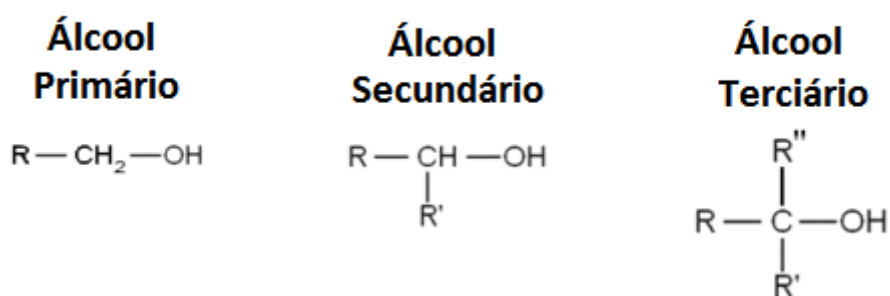
Definição dos Alcoóis

De acordo com Feltre (2004), "alcoóis são compostos orgânicos que contêm um ou mais grupos hidroxila (OH) ligados diretamente a átomos de carbono saturados."

O grupo hidroxila é responsável pelas propriedades deste tipo de compostos orgânicos, porém só são considerados alcoóis se os grupos funcionais não estão ligados a um carbono insaturado ou a um anel benzênico.

Os alcoóis são classificados em três grupos, esta classificação está baseada no grau de substituição do carbono onde o grupo hidroxila está ligado.

Figura 1: Classificação dos alcoóis ^[1]



Se o carbono encontra-se onde grupo funcional tem apenas uma ligação com outro carbono, ou seja, o grupo funcional está ligado a um carbono primário, este álcool é denominado álcool primário, esta regra também é utilizada para carbonos secundários e terciários.

Método de Classificação dos Alcoóis

Existem vários métodos para classificação dos Alcoóis, entre eles os mais conhecidos são: teste de Jones e de Lucas.

O teste de Jones baseia-se na oxidação de alcoóis primários e secundários pelo ácido crômico a ácido carboxílicos e cetonas. A oxidação é acompanhada de formação de precipitado sulfato crômico.

^[1] Fonte: < <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAghikAI/alcoois> >

O teste de Lucas consiste na formação de cloretos de alquila por reação de alcoóis com uma solução de cloreto de zinco em ácido clorídrico concentrado.

Sob as condições extremamente ácidas do teste, os alcoóis geram carbocátions intermediários que reagem com o íon cloreto, assim a reatividade aumenta na ordem álcool primário < secundário < terciário < alílico < benzílico. O teste de Lucas é muito limitado e indicado somente para alcoóis razoavelmente solúveis em água.

Benefícios da utilização do etanol

O etanol, principalmente utilizado como combustível, traz inúmeros benefícios dentre eles a redução de emissão de gases responsáveis pelo efeito-estufa.

Sua produção pode apresentar um rendimento de aproximadamente 90% e é empregado em muitas indústrias.

Conforme nos lembra Francisco Pereira ; Pedro Guimarães ; José Teixeira ; Lucília Domingues (2010) “ o bio-etanol é considerado uma energia alternativa promissora” esta afirmação é feita a partir da capacidade de menor poluição, respeitando o meio ambiente e por ser uma fonte renovável.

Processos de produção de álcool

O álcool pode ser obtido através de: destilação de líquidos alcoólicos, por síntese e através da fermentação.

Para Caldas; Borén; Santos (2012), o processo por destilação de líquidos alcoólicos é utilizado apenas em casos excepcionais, quando ocorrem superproduções ou quando acontecem infecções em grandes quantidades de bebidas alcoólicas.

A obtenção por síntese utiliza como matéria prima, por exemplo o eteno, etino, etileno, gases de petróleo entre outras substâncias.

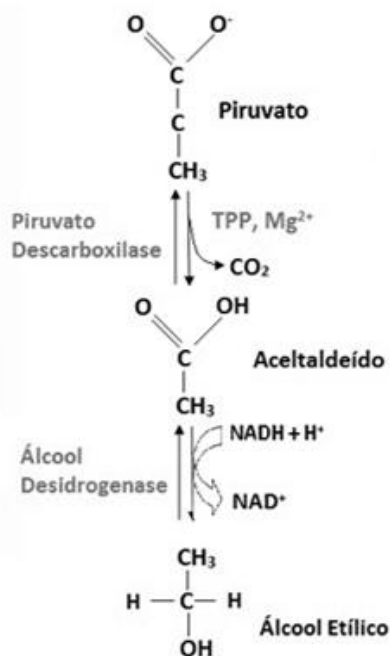
De acordo com Castro (2013), a escolha entre os processos de obtenção de etanol é feita a partir da disponibilidade da matéria prima e do desenvolvimento técnico-econômico, fatores estes de extrema importância para o sucesso do processo.

Fermentação alcoólica

Levenspiel (2000) define a fermentação como “reações em que uma matéria-prima orgânica é convertida em produto pela ação de enzimas”.

A glicose é a molécula mais empregada para a fermentação, à reação consiste em degradar estes compostos e liberar energia, o chamado ATP.

Figura 2: Fermentação alcoólica ^[2]



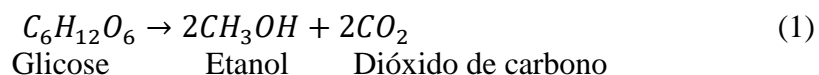
Resumidamente, a molécula de glicose é convertida em piruvato. A partir da enzima descarboxilase, o piruvato sofre a descarboxilação, com a eliminação de um grupo carboxílico.

Após a reação de eliminação de dióxido de carbono, a enzima desidrogenase auxilia na redução do acetaldeído a etanol. Esta tem produção final de 2 ATPs.

De acordo com Pedro O. Volpe (1996), as reações catabólicas, ou seja, reações onde ocorrem degradação de matéria orgânica para a obtenção de energia, “acontecem com uma grande diminuição na energia livre, a qual junto com a subsequente hidrólise do ATP, transporte e manutenção, resulta na produção de calor.”

Estequiometria da reação

De acordo com a equação formulada por Gay Lussac é possível quantificar o rendimento teórico de conversão da glicose, de acordo com a Eq.1 :



^[2] Fonte: <<http://www.portalsaofrancisco.com.br>>

A princípio é necessário ter conhecimento do peso molecular dos componentes da reação e relacioná-los com a estequiometria.

Ilha et al (2008) apud (Jackman,1991) destaca que no mecanismo quantificado por Gay-Lussac, 100 g de glicose produz 51,1 g de etanol e 48,9 g de dióxido de carbono, onde o rendimento em teoria é de 51,1%.

Vale ressaltar que este rendimento baseia-se apenas na literatura pois em um processo fermentativo existem diversos fatores que são capazes de influenciá-lo.

Conforme Gutierrez (1991) cita que, durante a fermentação os microrganismos envolvidos também produzem alguns compostos secundário, como é o caso do glicerol, alcoóis superiores e ácidos pirúvico.

Indústrias de fermentação

O processo de fermentação é conhecido desde as culturas primitivas. Atualmente ele é amplamente empregado para a produção de substâncias químicas como, por exemplo, a acetona, ácido acético e antibióticos.

Seu controle depende do entendimento da atividade dos microrganismos empregados. Existem diversas leveduras, cada uma tem uma atuação diferente e que reage de forma distinta dependendo da condição do meio em que estão expostas.

O principal interesse está na alimentação que certos fungos, bactérias ou leveduras, que recebem os alimentos e são capazes de crescer, multiplicar-se e principalmente alterar os alimentos, ou seja, converte-los em outra substância química.

Tipos de Micro-organismos

A levedura *Saccharomyces* e a bactéria *Zymomonas mobilis* são os microrganismos mais estudados para a produção de etanol. No Brasil é mais comum o uso de leveduras, sendo as mais importantes, a *Saccharomyces cerevisiae*, a *Saccharomyces cerevisiae* M-300 e *Saccharomyces cerevisiae* IZ-1904 (Gutierrez, 1991).

As leveduras apresentam o chamado “efeito Pasteur”, onde em condições aeróbicas são capazes de produzir biomassa em maior quantidade e menor quantidade de etanol, já em condições anaeróbicas produzem mais etanol comparado a biomassa.

A escolha adequada do tipo de microrganismo empregado no processo é essencial para um rendimento vantajoso, onde um tipo de levedura que possui uma velocidade de fermentação maior em relação á outras otimiza o processo pois diminui os riscos de uma possível contaminação e ainda é responsável por reduzir a capacidade volumétrica necessária.

Fatores que exercem interferência no processo

Temperatura, pH e aeração-agitação são exemplos de fatores críticos que devem ser controlados durante o processo. Os microrganismos necessitam de uma alimentação especial e de um ambiente propício para assegurar sua atividade.

Durante o primeiro estágio, conhecido como crescimento, deve estar presente não só a alimentação por meio de monossacarídeos, as leveduras necessitam de alguns nutrientes específicos, os mais empregados são fosfatos e compostos nitrogenados.

Segundo Caldas;Borén;Santos (2012), “fontes adequadas de nitrogênio são importantes para a síntese de aminoácidos e proteínas, o crescimento e a fisiologia das leveduras”.

A contaminação bacteriana é um fator que pode colocar em risco o rendimento do processo, uma vez que é a principal responsável pela floculação do fermento, de acordo com Ludwig *et al.*(2001), o fenômeno de floculação pode causar o assentamento dos micro-organismos no fundo das dornas de fermentação, dificultado o contato entre as leveduras e o mosto, conseqüentemente reduzindo a conversão em etanol. Para Amorim et al. (1996) apud Paschoalini ; Alcarde (2009) uma das principais perdas no processo de fermentação está relacionada à contaminação bacteriana, afetando diretamente a produção de álcool .

Tipos de processo fermentativos

Existem diversos tipos de processos fermentativos, eles podem ser classificados descontínuos e contínuos, com ou sem reutilização do inóculo.

Processo descontínuo

Este processo também conhecido como Processo Batelada é realizado com intervalos. O fermento é alimentado na dorna em seguida o mosto é adicionado e apenas ao final da fermentação o produto final conhecido como vinho é encaminhado para a destilação. Este tipo de processo apresenta uma grande desvantagem quanto ao tempo comparados com os processos de alimentação contínua.

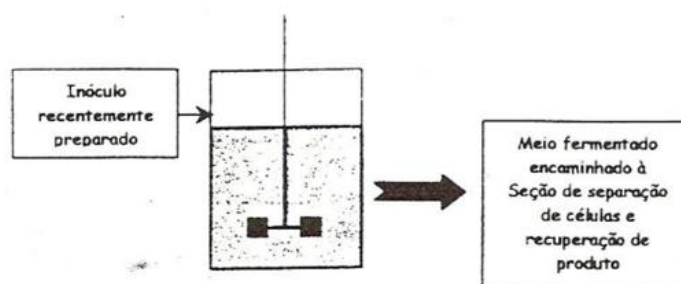
Existem processos descontínuos que empregam o reciclo do inóculo por meio de decantação ou centrifugação. “Segundo Caldas; Borén; Santos (2012),” comparado com os contínuos, às produtividades dos descontínuos são menores, pois os tempos improdutivos na batelada não existem nos contínuos”.

Processo descontínuo sem reciclo do inóculo

A dorna é alimentada com um inóculo puro. Ao final do processo fermentativo, o fermentador é lavado e recebe o inóculo da dorna, este necessariamente deve ser puro.

Este processo tem vantagem referente às possíveis contaminações, porém não tem vantagem econômica. Este sistema é conhecido como “cultura pura”.

Figura 3: Fermentação em processo descontínuo sem reciclo de inoculo ^[3]

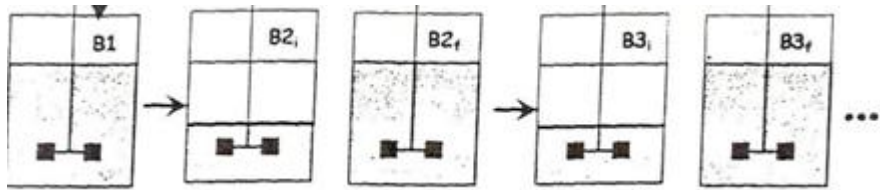


^[3] Fonte: <<http://www.eq.ufirj.br>>

Processo descontínuo por cortes

Neste sistema, a primeira dorna vai receber o inóculo e a alimentação de fermentação até completar o volume de trabalho e realizar 50% em concentração da fermentação. Metade do volume da dorna 1 é encaminhado para a dorna 2 e ambos recebem o mosto até completar o volume útil e assim sucessivamente.

Figura 4: Fermentação em processo descontínuo por cortes. ^[3]



Processo Melle-Boinot

Este processo consiste em utilizar centrífugas para que ocorra a separação das leveduras presentes no vinho antes mesmo deste ser encaminhado para a coluna de destilação.

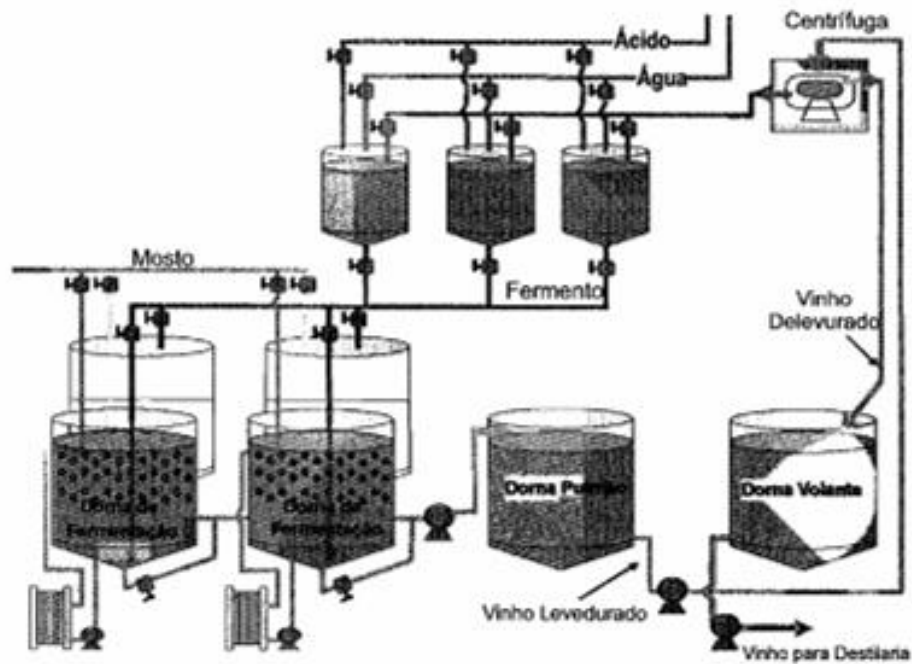
Após a separação, o inóculo é diluído em água e ocorre uma pequena adição de ácido sulfúrico, depois de um determinado tempo de agitação e em seguida repouso este pode ser utilizado em um novo processo fermentativo.

A alimentação pode contar com intervalos ou pode ser contínua.

Algumas das vantagens do processo são menor perda do fermento, maior eficiência de fermentação, menor tempo de processo. Atualmente este é o processo mais utilizado no Brasil para a produção de etanol.

^[3] Fonte: <<http://www.eq.ufirj.br>>

Figura 5: Processo Melle-Boinot ^[3]



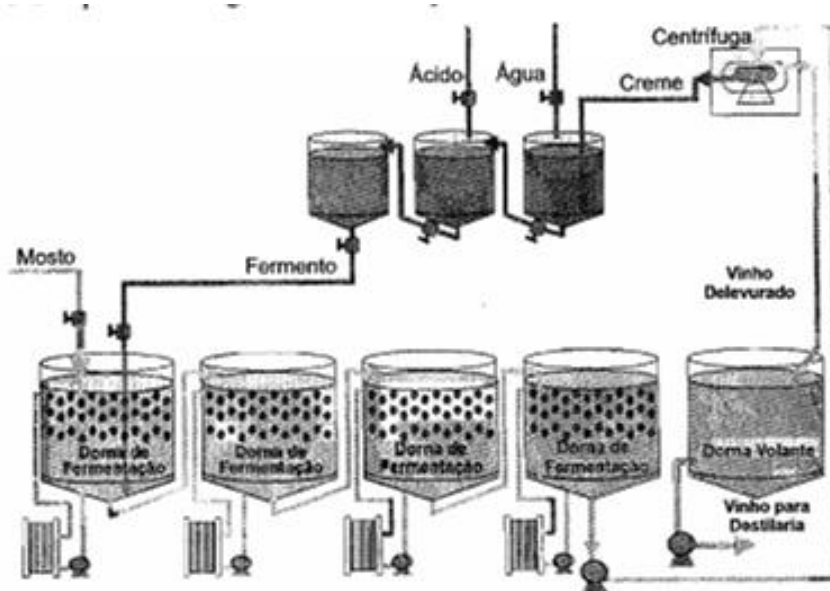
Processos contínuos

Neste tipo, a alimentação do mosto e a produção do vinho são contínuas, a vazão de alimentação não se altera. Ao ser comparado com os processos descontínuos, este tipo apresenta elevada produtividade.

Os fermentadores empregados são do tipo mistura completa e os reatores são utilizados em série. O primeiro reator é alimentado com o mosto e os reatores seguintes são alimentados com o mosto parcialmente fermentado vindo do reator anterior. Suas principais vantagens são maior capacidade de produção, maior homogeneidade e menor tempo gasto.

^[3] Fonte: <<http://www.eq.ufrj.br>>

Figura 6: Processo de fermentação contínuo [4]



Técnica de Análise

Um espectrômetro de massas pode ser entendido, como um instrumento contendo uma fonte de íons, um separador ou filtro de massas (massa/carga (m/z)) e um detector. A etapa de ionização é aquela com o maior número de diferentes estratégias, isso se deve à grande variedade de tipos de amostras e espécies de interesse. Amostras sólidas, líquidas ou gasosas contendo espécies voláteis ou não e com interesses voltados desde a análise elementar até a composição de proteínas requerem diferentes processos de ionização. Uma vez gerados os íons, os processos de separação e detecção podem ser escolhidos de acordo com características mais ou menos comuns como sensibilidade, resolução e precisão de m/z e custo.

Objetivo

Este trabalho tem como objetivo a definição de um método para obtenção do Etanol através do açúcar do recheio de bolacha, analisando o resíduo retirado da destilação simples depois de fermentado para a identificação e classificação do álcool.

Metodologia

O ensaio em laboratório foi realizado com o intuito de determinar o produto desta fermentação e a melhor condição para que a mesma ocorra.

Foram utilizadas leveduras da espécie *Saccharomyces cerevisiae* de diferentes marcas.

O recheio de bolacha foi gentilmente cedido pelo professor/orientador André Beati, estes provenientes da empresa Amaral Nutri, localizada em Bragança Paulista-SP.

Para um posterior estudo de otimização e quantificação do processo, determinou-se primeiramente a concentração de açúcar existente na amostra de recheio através do Método de determinação DNS. Para a curva de calibração foram preparadas soluções de glicose com as seguintes concentrações $0,2 \text{ g.L}^{-1}$; $0,4 \text{ g.L}^{-1}$; $0,6 \text{ g.L}^{-1}$; $0,8 \text{ g.L}^{-1}$ e $1,0 \text{ g.L}^{-1}$, o branco foi composto por água e o reagente DNS.

Aproximadamente 1g da amostra de recheio foi diluída em um balão de 100 mL e uma alíquota de 0,5 desta solução foi diluída em um balão de 10 mL para a determinação de açúcares redutores e de açúcares totais, apenas para açúcares totais foi utilizado 2 mL de ácido clorídrico durante o preparo e uma posterior neutralização com hidróxido de sódio para a inversão da sacarose.

A partir da análise quantitativa de concentração de açúcar, passou-se para a etapa de fermentação e análise qualitativa da mesma.

Seis amostras foram submetidas ao processo de fermentação:

Tabela 1: Relação das Amostras com o Fermento utilizado

Nome da amostra	Fermento utilizado
A1	Fermento Biológico Fleischmann
A2	Fermento Biológico de padaria e levedura <i>Saccharomyces cerevisiae</i>
A3	Fermento Biológico de padaria e fermento biológico Fleischmann
A4	Levedura <i>Saccharomyces cerevisiae</i>
A5	Fermento comercial para produção de cerveja
A6	Levedura <i>Saccharomyces cerevisiae</i> e fermento Biológico Fleischmann

O mosto foi composto por soluções com 10% em massa de recheio, que então foi submetido à um aquecimento sob agitação de aproximadamente 80°C por 2 horas para a homogeneização da solução. Apenas a Levedura *Saccharomyces cerevisiae* importada foi submetida à um processo prévio de ativação para obtenção de um melhor aproveitamento da mesma. Ao todo, o processo fermentativo durou cerca de 5 dias, finalizada esta etapa as amostras foram filtradas e destiladas em equipamentos de destilação simples contando apenas com o controle de temperatura. A solução foi aquecida a uma temperatura de ebulição do etanol aproximadamente 78°C .

Foi determinado um pré-teste antes do uso do Espectrômetro de Massa para a caracterização da amostra de produto de topo, o objetivo do mesmo foi a identificação do tipo de álcool ali presente. Mais conhecido como Teste de Lucas, onde o reativo principal de mesmo nome foi preparado pela dissolução de cloreto de zinco em ácido clorídrico; este teste consistiu na adição de 3 gotas do reagente na amostra desejada com posterior agitação e

verificação visual e em casos de nenhuma modificação, as amostras são submetidas à um aquecimento em banho maria de aproximadamente 50°C.

Para a análise qualitativa a amostra foi encaminhada para um cromatografo liquido com o intuito de verificar a presença de picos com características semelhantes à do etanol. As mesmas foram adequadamente extraídas e em seguida analisadas por HPLC, em um Espectrômetro de Massa com módulo de ionização por Eletrospray(ISE) da Applied Biosystems modelo Q-trap Triplo Quadrupolar hibrido com trap linear em Q3.

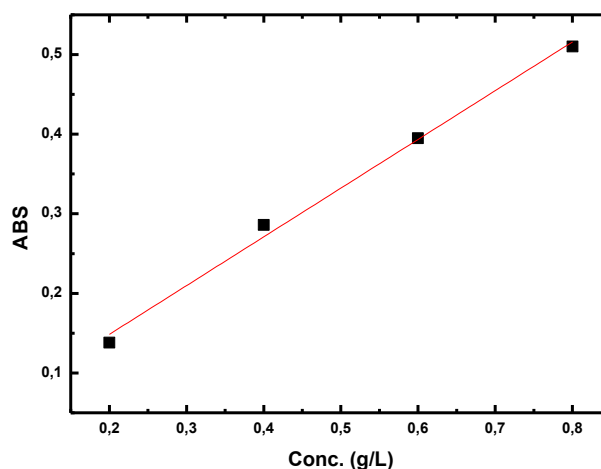
A determinação do teor alcoólico teórico foi calculado através do resultado em Brix do produto de topo medido pelo refratometro, partindo do pressuposto que o Brix é a escala de índice de refração de uma solução,utilizada para determinar a quantidade de compostos solúveis em uma solução de sacarose e que apenas 60% desse açúcar é convertido em etanol.

Resultados e Discussão

Determinação da concentração de açúcares redutores e totais

Através do Método DNS juntamente com a curva de calibração preparada com concentrações conhecidas de glicose, foi possível fazer a leitura da absorbância de açúcares redutores e totais do recheio de bolacha, 0,014 A e 0,162 A respectivamente, estes valores juntamente com a curva de calibração foram organizados em um gráfico ABS X Concentração e a partir dele determinou-se a equação para determinar a concentração dos mesmos a partir da absorbância lida no comprimento de onda de 540 nm.

Gráfico 1 : ABS X Concentração



De acordo com a leitura do gráfico e utilização da Eq(2) ,concluiu-se que a amostra foi diluída 20 vezes, desta forma para açúcares totais $ABS = 3,24$ e açúcares redutores $ABS = 0,28$ e concentração de $5,27 \text{ g.L}^{-1}$ e $0,43 \text{ g.L}^{-1}$ respectivamente.

$$ABS = 0,612 \times \text{Concentração} + 0,026 \quad (2)$$

Caracterização do produto de topo da destilação

Foi realizado o teste de Lucas nas amostras pós-destiladas para a determinação do tipo de álcool presente porém não foi possível a análise visual, uma vez que as amostras deveriam apresentar uma turvação imediata característica para álcool terciário e uma turvação mais

lenta e após banho-maria para álcool secundário, apenas para o álcool primário não existe uma reação visual, neste caso amostras em questão apresentara apenas uma mudança na coloração, de transparente para alaranjada, caso este pode estar relacionado à presença de outros tipos de substancias indesejadas que interferem neste tipo de teste.

A partir da análise em Espectrômetro de Massa foi identificado o pico de referencia do etanol,primeiramente,antes da análise das amostras fermentadas e destiladas, foi injetada uma amostra referencial do Etanol (C_2H_6O) no Espectrômetro de Massa .

Gráfico 2: Amostra de referencia do Etanol modo positivo de ionização (ES+)

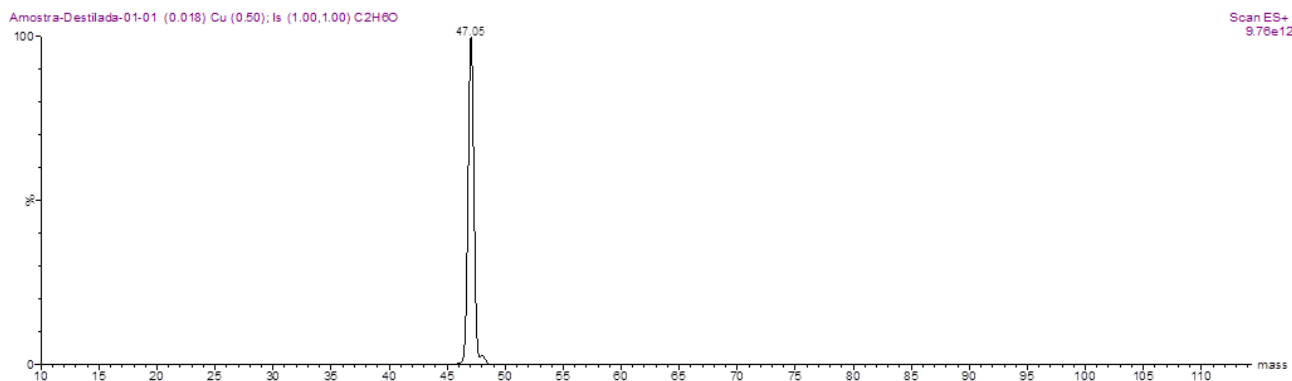
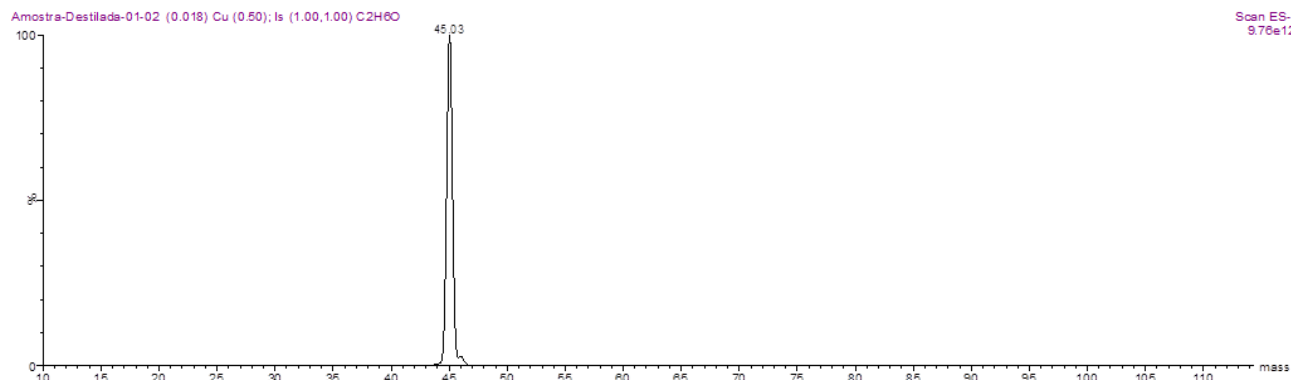


Gráfico 3: Amostra de referencia do Etanol modo negativa de ionização (ES-)



Os íons de massa/carga (m/z) 47 e 45 observados, respectivamente em modo positivo e negativo de ionização, nos espectros das mostras destiladas 01 a 07, possivelmente correspondem à molécula de Etanol de massa molar 46,06 g/mol e Formula Molecular C_2H_6O .

Assim que definimos as massa do Etanol onde ES+(adiciona um próton) e ES-(retira dois prótons), podemos pesquisar dentro das amostras se possui o valor de 47 m/z em positivo e 45 para negativo , representando esses valores nossa molécula de Etanol.

As amostras retiradas do laboratório foram analisadas pelo HPLC, em um Espectrômetro de Massa com módulo de ionização por Eletrospray , demonstrando abaixo as massas/carga que encontramos dentro da amostra após o teste.

Gráfico 4: Amostra Laboratorial 01 modo positivo de ionização (ES+)

Amostra Destilada 01 ES+

Amostra-Destilada-01-01 91 (1.682) Sm (Mn, 1x1.00); Cm (88:111-35:55)

Scan ES+
1.33e8

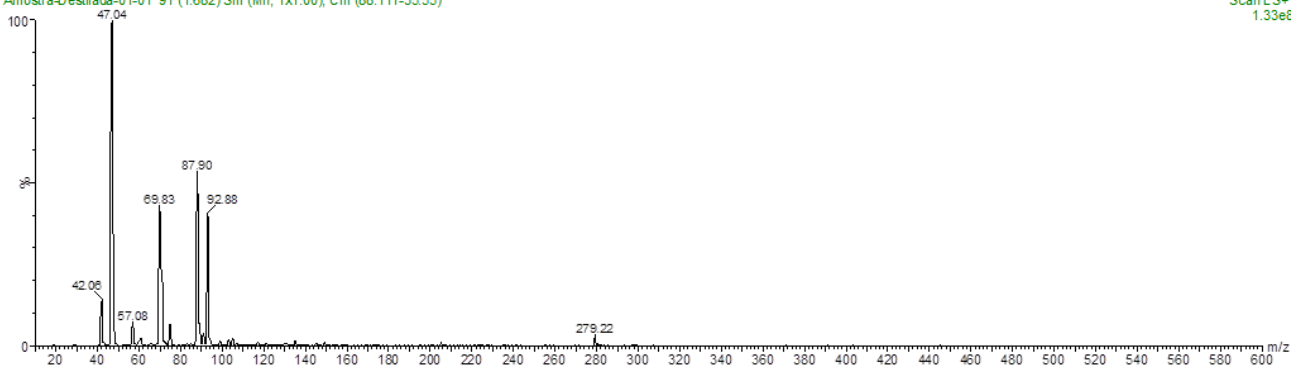


Gráfico 5: Amostra Laboratorial 01 modo negativo de ionização (ES-)

Amostra Destilada 01 ES-

Amostra-Destilada-01-02 73 (1.349) Sm (Mn, 1x1.00); Cm (72:81-38:45)

Scan ES-
3.28e5

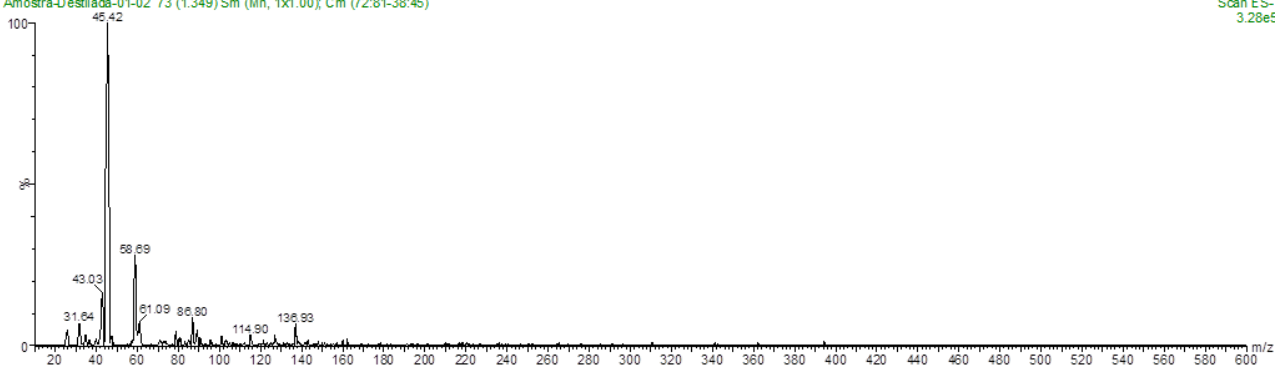


Gráfico 6: Amostra Laboratorial 05 modo positivo de ionização (ES+)

Amostra Destilada 05 ES+

Amostra-Destilada-05_01 216 (3.992) Sm (Mn, 1x1.00); Cm (212:218)

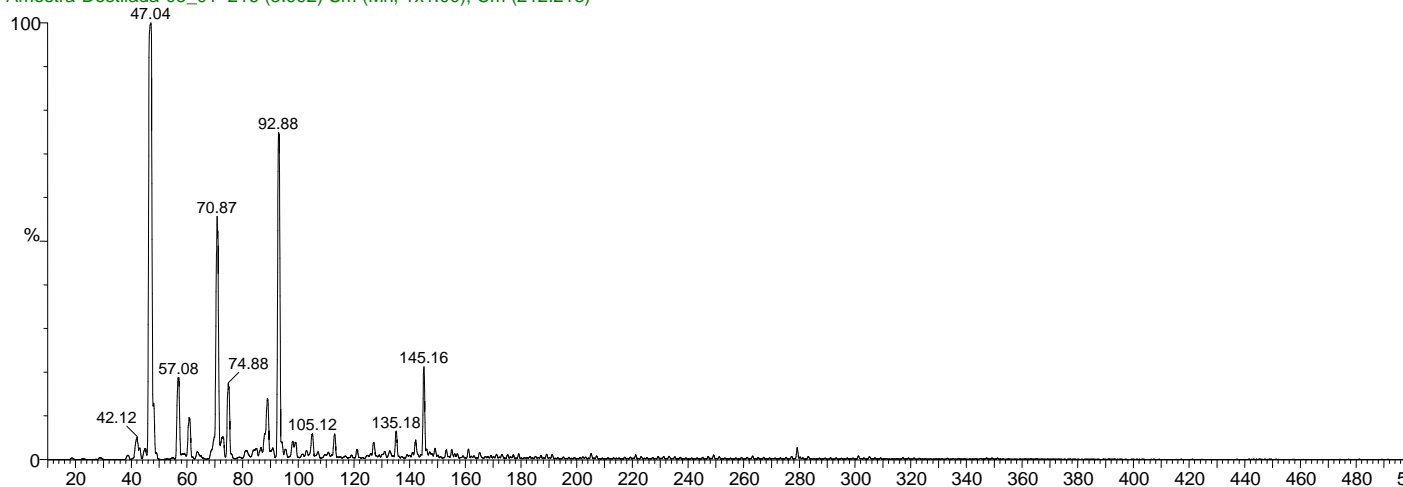
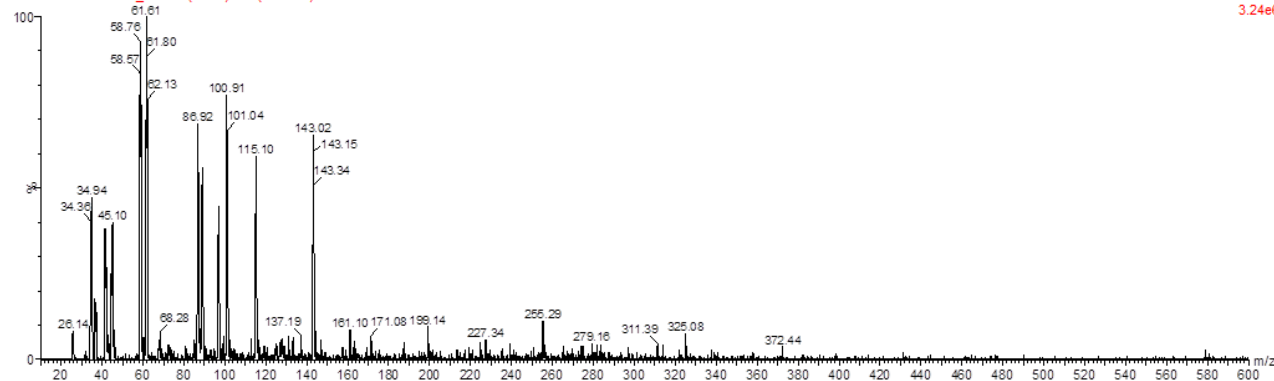


Gráfico 7: Amostra Laboratorial 05 modo negativo de ionização (ES-)

Amostra Destilada 05 ES-

Amostra-Destilada-05_02 192 (3.549) Cm (192:193)

Scan ES-
3.24e6



Cada valor numérico apresentado nos picos do gráfico representa um tipo diferente de substâncias encontradas na nossa amostra de destilado, o valor representado é referente a massa molar do componente .

Em todas as amostras analisadas foi possível verificar a ocorrência de picos correspondentes ao etanol ES+(47,04) e ES-(45,50 e 45,10), algumas com mais ou menos intensidade.

Em comparação com as outras amostras, a A1 e A5 apresentaram os melhores resultados tanto no ES+ quanto no ES- que os demais.

Foram encontrados diversos picos correspondentes à outras substâncias, consequência do processo de destilação utilizado, pois o controle foi feito apenas utilizando a temperatura como variável o que inviabiliza no caso de misturas azeotrópicas e no caso de pontes de hidrogênio.

Tabela 3: Possíveis Substâncias encontradas na Amostra

Substâncias	Massa Molar g.L ⁻¹
Metanol	32,04
Etanol	46,05
Propanol	60,09
Diacetilo	86,08
Acido butanoico	88,11
Etoxipropano	88,14
Metanoato de Butila	102,12

Teor alcoólico teórico

Através da determinação do teor alcoólico foi possível confirmar os resultados apresentados no Espectrômetro de Massa, uma vez que os picos maiores e característicos do etanol estão presentes nas amostras A1 e A5, ambas apresentaram os maiores teores de álcool de acordo com a tabela apresentada abaixo.

Tabela 4: Teor alcoólico

Amostra	Brix final	Teor alcoólico (%)
A1	13,9	8,34
A2	12,5	7,5
A3	5,3	3,18
A4	11,0	6,6
A5	16,3	9,78
A6	8,8	5,28

Conclusões

O estudo da fermentação no recheio de bolacha contou com diversos testes para verificação qualitativa do tipo de fermento empregado relacionando-o a produção ou não do etanol.

A partir das análises em Espectrômetro de Massa é possível concluir que em todos os casos existe a produção de etanol, alguns casos com mais ou menos impurezas porém ainda não é possível determinar se este fator está relacionado ao fermento utilizado ou ao controle de temperatura na destilação simples, a qual não é ideal para este tipo de mistura.

Os resultados obtidos neste trabalho sugerem uma oportunidade de utilização de resíduos de recheio de bolacha, uma vez que o mesmo apresenta uma produção significativa no país.

Mais estudos devem ser feitos relacionados à otimização do processo, obtenção de menos impurezas e reprodução do mesmo em escala industrial.

Referências Bibliográficas

ANGELIS, D.F. – **Quantificação da floculação de *Saccharomyces Cerevisiae* por bactérias contaminantes da fermentação alcoólica.** Campinas, 2001.

BASSO, Luiz Carlos *et al* – **Ethanol Production in Brazil: The industrial process and its impact on yeast fermentation.** Curitiba: Intech, 2011

CALDAS, C; BORÉN, A; SANTOS, F – **Cana de açúcar- Bioenergia, açúcar e etanol.** 2. ed. Minas Gerais, 2012. 637 p.

CASTRO, Heizir. F. – **Processos Químicos Industriais II:** Apostila 2- Indústria alcooleira . São Paulo: USP, 2013.

COULTATE, T.P – **Alimentos – A química de seus componentes.** 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 368 p.

CNPEM (Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais) – **Etanol de segunda geração pode dar independência energética ao país** - Disponível em: < <http://www.cnpem.br/etanol-2g-independencia-energetica-pais> >. Acesso em 04 de maio 2017

FELTRE, Ricardo – **Química – Química Orgânica.** 6. ed. São Paulo: Moderna, 2004. 3 v.

GUTIERREZ, L.E. – **Efeito da adição de sulfito sobre a produção de álcoois superiores durante a fermentação alcoólica.** Piracicaba: ESALQ, 1988.

GUTIERREZ, L.E. – **Produção de glicerol por linhagens de *Saccharomyces* durante fermentação alcoólica.** Piracicaba: ESALQ, 1991.

ILHA, Eunice Cassanego *et al* – **Rendimento e eficiência da fermentação alcoólica na produção de hidromel.** Corumbá-MS: Boletim de pesquisa e desenvolvimento- EMBRAPA, 2008.

LEVENSPIEL, Octave – **Engenharia das reações químicas.** 3. Ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2000. 563 p.

MUSSATO, Solange *et al* – **Technological trends, global Market and challenges of bio-ethanol production.** São Paulo, 2010

NOVACANA– **Etanol(álcool): tudo sobre esse biocombustível** - Disponível em: < <http://www.novacana.com/etanol/> >. Acesso em 04 de maio 2017

NOVAES, Fernando Valadares *et al* – **Método simples para quantificar o metabolismo aeróbio e anaeróbio de levedura alcoólica.** Curitiba, 2013

SOLOMONS, T.W. Graham; FRYHLE, Craig B. – **Química Orgânica**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2005. 2 v

PESQUISA FAPESP – **Entre açúcares e genes** - Disponível em: < <http://www.revistapesquisa.fapesp.br/2012/10/11/entre-acucares-e-genes> >. Acesso em 04 de maio 2017

USP, Portal de microbiologia – **Saccharomyces Cerevisiae** - Disponível em: < <http://www.microbiologiausp.wordpress.com/tag/saccharomyces-cerevisiae> >. Acesso em 04 de maio 2017

VOLPE, Pedro.L.O. – **Estudo da fermentação alcoólica de soluções diluídas de diferentes açúcares utilizando microcalorimetria de fluxo**. Campinas:UNICAMP,1996.