

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DOS ALIMENTOS**

**APROVEITAMENTO DA BATATA (*Solanum
tuberosum*) PARA A PRODUÇÃO DE ÁLCOOL**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Elis Renara Azambuja Arruda

Santa Maria, RS, Brasil

2006

APROVEITAMENTO DA BATATA (*Solanum tuberosum*) PARA A PRODUÇÃO DE ÁLCOOL

por

Elis Renara Azambuja Arruda

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciência e Tecnologia dos Alimentos.**

PPGCTA

**Santa Maria, RS, Brasil
2006**

Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**APROVEITAMENTO DA BATATA (*Solanum Tuberosum*) PARA A
PRODUÇÃO DE ÁLCOOL**

elaborada por
Elis Renara Azambuja Arruda

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Ciência e Tecnologia dos Alimentos

COMISSÃO EXAMINADORA:

Neidi Garcia Penna
CCR/UFSM

Dilson Antônio Bisognin
CCR/UFSM

Maria Isabel da Silva Aude
UERGS

Santa Maria, 29 de maio de 2006

AGRADECIMENTOS

1. À Deus pelo Espírito Santo, meu ajudador.

À Prof^a Neide Garcia Penna pela orientação, amizade, estímulo, apoio e confiança.

A Prof^a Luisa Helena R. Hecktheuer e ao Prof. Dílson Antônio Bisognin pela colaboração e apoio recebidos.

Ao Sr. Felisberto Barros e família pelo total empenho, dedicação e grande colaboração com a realização deste trabalho.

Ao Laboratório de Ecologia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria, e de modo especial ao Engenheiro Florestal Rudi Witschoreck e a Química Industrial Karine Rhoden Mayer, pela contribuição durante a realização deste trabalho.

Ao Laboratório de Análises Regional Vegetal – LARV – do Ministério da Agricultura, especialmente ao Sr. Paulo Gustavo Celso pelo auxílio prestado durante a realização deste trabalho.

Ao meu esposo Marcelo e a minha filha Isabel pela compreensão, carinho, incentivo e cooperação.

Aos meus amados pais Renato e Jussara que me apoiam e incentivam sempre.

Aos meus irmãos, a Josiéli e a todos os nossos familiares que, de certa forma, colaboraram com a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vi
RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
2.1 Cultura da batata (<i>Solanum tuberosum</i>)	2
2.2 Álcool	3
2.2.1 Fermentação.....	4
2.2.2 Princípios da destilação	5
2.2.3 Sistemas de destilação	6
2.2.4 Classificação do álcool	7
2.2.5 Característica físico química do álcool.....	8
2.2.6 Uso do álcool	8
2.3 Compostos voláteis	9
2.4 Sub-produto	11
3 MATERIAL E MÉTODOS	12
3.1 Clones	13
3.2 Análise nos tubérculos de batata	13
3.2.1 Matéria seca.....	13
3.2.2 Açúcares redutores	13
3.2.3 Amido	14
3.4 Obtenção do álcool	14
3.5 Análises dos elementos minerais nos resíduos sólidos e líquidos	15
3.5.1 Determinação da densidade e da graduação alcoólica.....	16
3.5.2 Determinação da acidez total.....	16

3.5.3 Determinação da acidez volátil.....	17
3.5.4 Determinação dos álcoois superiores, ésteres, metanol e aldeídos.....	17
3.6 Análise estatística.....	17
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
4.1 Análises nos tubérculos de batata	18
4.2 Análise no álcool obtido no processo de destilação.....	20
4.2.1 Álcoois superiores	20
4.2.2 Aldeídos.....	22
4.2.3 Ésteres.....	22
4.2.4 Metanol.....	23
4.2.5 Teor Alcoólico	24
4.2.6 Rendimento.....	25
4.2.7 Acidez.....	25
4.2.8 Densidade	27
4.3 Elementos minerais nos resíduos	27
5 CONCLUSÃO.....	32
6 PERSPECTIVAS.....	33
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

LISTA DE TABELAS

TABELA 01 – Matéria seca, açúcares redutores e amido em amostras de tubérculos de tamanhos diferentes de dois clones de batata, antes e depois da destilação.....	18
TABELA 02 – Valores médios de álcoois superiores, isoamílicos, isobutílicos e propanol (mg/100 ml de álcool anidro), nas amostras de destilado obtidos de tubérculos de tamanhos diferentes de dois clones de batata	20
TABELA 03 – Valores de aldeído, ésteres e metanol (mg/100 ml de álcool anidro), nas amostras de destilado obtidos de tubérculos de tamanhos diferentes de dois clones de batata.....	22
TABELA 04 – Graduação alcoólica e rendimento (litros de álcool), nas amostras de destilado obtidos de tubérculos de tamanhos diferentes de dois clones de batata	24
TABELA 05 – Valores de Acidez total, acidez volátil e densidade nas amostras de destilado obtidos de tubérculos de tamanhos diferentes de dois clones de batata	26
TABELA 06 – Concentração de minerais em amostras sólidas obtidos de tubérculos de tamanhos diferentes de dois clones de batata	28
TABELA 07 – Concentração de minerais em amostras líquidas obtidos de tubérculos de tamanhos diferentes de dois clones de batata	29

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

APROVEITAMENTO DA BATATA (*Solanum tuberosum*) PARA A PRODUÇÃO DE ÁLCOOL

AUTORA: ELIS RENARA AZAMBUJA ARRUDA
ORIENTADORA: NEIDI GARCIA PENNA
CO-ORIENTADORA: LUISA HELENA R. HECKTHEUER
Data e Local da Defesa: Santa Maria, 29 de maio de 2006

Grande parte da produção de batata (*Solanum tuberosum*) é rejeitada na colheita ou descartada durante o beneficiamento, devido ao tamanho inadequado ou defeitos externos dos tubérculos. A batata é uma importante fonte de carboidratos, principalmente na forma de amido e açúcares, os quais podem ser utilizados para a produção de álcool. O álcool de batata pode ser destinado ao processamento de bebidas destiladas ou a indústria química. O objetivo foi avaliar o efeito de clone e do tamanho de tubérculos para a produção de álcool, visando utilizar os tubérculos descartados na colheita ou no beneficiamento. Os tratamentos foram as combinações de clones (SMIJ461-1 e SMINIA90244-3) e tamanho de tubérculo (diâmetro maior ou menor do que 23mm). Após separadas as amostras, os tubérculos foram triturados, fermentados e a parte líquida submetida a destilação. Foi analisado o resíduo sólido da fermentação, o resíduo líquido da destilação e o álcool produzido. Também foram determinados nos tubérculos a matéria seca, o amido e os açúcares redutores. Nas amostras de álcool obtidas das destilações foram realizadas as determinações de graduação alcoólica, densidade, acidez total e acidez volátil, álcoois superiores, ésteres, metanol e aldeídos. Nos resíduos sólido e líquido foram analisados N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn. Para ambos os clones, o teor de matéria-seca foi maior em tubérculos grandes. A destilação resultou no aumento do teor de amido, independente do tamanho de tubérculo e clone avaliados. Tanto o tamanho de tubérculo quanto o clone não influenciaram o rendimento de álcool de batata. O teor alcoólico do destilado variou de 69,31°GL, para o clone SMINIA90244-3 (tubérculo grande), à 78,44°GL, para tubérculos pequenos do mesmo clone. No clone SMIJ461-1, a graduação alcoólica foi de 69,86°GL e 75,15°GL para tubérculos pequenos e grandes, respectivamente. As análises químicas do álcool comprovaram que as variações entre os valores estão relacionadas com os métodos de fermentação e destilação, não tendo relação com o clone ou tamanho de tubérculo. Nos resíduos analisados, foram encontrados valores substanciais de minerais, sendo mais concentrado nas amostra sólida. A maturidade fisiológica dos tubérculos não está relacionada com o rendimento de álcool e nem a finalidade de uso. O tamanho de tubérculo (grande e pequeno) não exerceu diferença comprovada na qualidade e quantidade do álcool produzido.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum*, fermentação, destilação, álcool

ABSTRACT

Master Thesis
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

POTATO (*Solanum tuberosum*) UTILIZATION FOR ALCOHOL PRODUCTION

AUTHOR: ELIS RENARA AZAMBUJA ARRUDA

ADVISER: NEIDI GARCIA PENNA

Place and local of defense: Santa Maria, May 29th, 2006

A major part of the potato (*Solanum tuberosum*) production is rejected either during harvesting or grading, because of tuber size or defects. Potato is an important carbohydrate source as starch and sugars, which are used as raw materials for alcohol production. Potato alcohol may be part of distilled beverages or used in chemical industry. The objective was to evaluate the effects of clone and tuber size in alcohol production to find marketable value for tubers rejected during harvesting or grading. The breeding clones SMIJ461-1 and SMINIA90244-3 and tuber sizes of bigger and smaller than 23mm were evaluated. Tuber samples were slashed, fermented and the liquid portion distilled. The solid-residual part of fermentation, the liquid-residual part of distillation and the produced alcohol were analyzed. Tuber dry matter and starch and reduced sugar contents were also determined. Alcohol samples were submitted to alcohol grade, density, total and volatile acidity, superior alcohols, esters, methanol and aldehyde determinations. The content of N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn and Zn were determined in the solid and liquid residues. Dry matter content was higher in big than small tubers of both clones. Distillation process increased starch content of both clones and tuber sizes. Similar alcohol yield was found in both potato clones and tuber sizes. The alcohol grade varied from 69,31°LG of big tubers to 78,44°LG of small tubers of SMINIA90244-3 clone. The alcohol grade of the SMIJ461-1 was 69,86°LG for small and 75,15°LG for big tubers. Methods of fermentation and distillation were more related to variations in chemical content of alcohol than clone or tuber size. Solid residue had higher content of minerals than liquid residue. Tuber physiological age does not affect yield and quality of alcohol.

Key words: *Solanum tuberosum*, fermentation, distillation, alcohol.

1 INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum*) é originária dos Andes peruanos e bolivianos, onde é cultivada há mais de 7.000 anos. Planta herbácea da família *Solanaceae*, têm como produto comercial os tubérculos, que são caules modificados que armazenam reservas para o inverno na região de origem.

O tubérculo é um rizoma que se desenvolve acumulando reservas amiláceas. A composição centesimal da batata consta de aproximadamente 77,5% de umidade, 22,5% de sólidos totais, 19,4% de carboidratos totais, 2,0% de proteína, 1,0% de cinzas, 0,6% de fibras e 0,1% de lipídeos (UFSM, 2000). As matérias amiláceas e feculentas fermentam após uma hidrólise, que se chama de sacarificação, pela qual o amido infermentescível se transforma em açúcar fermentescível (Lima et al., 2001; Ward, 1991). A fermentação alcoólica pode ser considerada como a oxidação anaeróbica parcial, da glicose, por ação de leveduras, com a produção final de álcool etílico e anidrido carbônico, além de outros produtos secundários (Aquarone et al., 1983).

Estima-se que do total da produção de batata e mandioca, em torno de 25 a 30% são desclassificados para o comércio ou rejeitados na colheita, por falta de tamanho adequado (CETEC, 2004). No caso da batata, muitos tubérculos são ainda descartados por apresentarem defeitos externos ou danos mecânicos ocorridos por ocasião da colheita ou do beneficiamento. Por essa razão, buscou-se pesquisar técnicas para a produção de álcool a partir de tubérculos de batata para aproveitamento das perdas resultantes da produção agrícola, tanto na colheita quanto na classificação final. O álcool obtido foi analisado segundo sua composição bem como sua viabilidade econômica, em função do volume de produção, rendimento e utilização comercial. Os resíduos obtidos da fermentação e destilação também foram avaliados quanto a composição química.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cultura da Batata (*Solanum tuberosum*)

A batata, importante constituinte da dieta alimentar e produto comercial de vários países, é cultivada em cerca de mais de 18 milhões de hectares no mundo, com uma produção superior a 300 milhões de toneladas (FAO, 2005). Atualmente a batata é o 4º alimento mais consumido no mundo, após o arroz, o trigo e o milho (IBGE, 2005). Pode ser plantada durante o ano todo, evitando, porém, regiões ou épocas com altas temperaturas noturnas, ou onde ocorram geadas, bem como locais com solos muito pesados, sujeitos a encharcamento (Reis Junior et al., 1999). Pesquisadores da história da alimentação apontam duas razões básicas para o êxito e a disseminação da batata: o valor energético / ausência de colesterol e o fato de possuir sabor e cheiro pouco acentuado, possibilitando centenas de combinações que resultam em diferentes sabores.

No Brasil, é uma importante cultura, sendo cultivada em mais de 152 mil hectares, com uma produção estimada de 2,83 milhões de toneladas (IBGE, 2004) e produtividade média de 16,9 t ha⁻¹ (FAO, 2003). A produção de batata concentra-se nos Estados de Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul, sendo estes Estados responsáveis por aproximadamente 98% da produção nacional (IBGE, 2004). O Estado de Minas Gerais se destaca por apresentar as maiores produções (cerca de 943 mil toneladas) e produtividades (21,6 t ha⁻¹) e ocupar a terceira posição em área (mais de 42 mil hectares)

O Rio Grande do Sul é o quarto maior produtor nacional de batata com 364.612 toneladas, 11,9% da produção nacional, perdendo para Minas Gerais (948.955 toneladas), São Paulo (751.460 toneladas) e Paraná (617.444 toneladas). Entre os municípios do Estado que possuem maior produção, destacam-se São Lourenço do Sul, situado na Região Sul, que produz 34.800 toneladas; seguido por Ibiraiaras na Região Nordeste, com 25.073 toneladas; e por Silveira Martins, na região Central, que possui uma produção de 27.807 toneladas.

Na região Sul do Brasil, há duas épocas de plantio: no verão (fevereiro a 15 de março) e na primavera (fins de julho a 15 de setembro). O ciclo da batata é completado, para a

maioria dos cultivares, em aproximadamente 100 dias, mas apresenta grande variação entre cultivares e épocas de plantio (UFSM, 2000).

Os pontos básicos para o sucesso da cultura são a escolha e preparo do solo, utilização de batata-semente sadia e no estágio fisiológico ideal: adubação equilibrada, controle de pragas e perfeito fornecimento de água (Reis Junior et al., 1996)

2.2. Álcool

Qualquer produto que contenha açúcar ou outro carboidrato constitui-se em matéria-prima para a obtenção de etanol. Entretanto, para que seja viável economicamente, é preciso considerar seu volume de produção, ou seja, o rendimento industrial (Neiva, 1977). Entre as matérias açucaradas, costuma-se distinguir as diretamente fermentescíveis e não-diretamente fermentescíveis. As primeiras são os monossacarídeos existentes nos sucos de frutas. Sua importância industrial reside na produção de etanol em bebidas como vinho e a cidra. As não-diretamente fermentescíveis são os dissacarídeos, que fermentam após uma hidrólise, à qual se dá o nome de inversão e que se realiza normalmente por ação de enzimas do agente de fermentação (Lima, 2001).

Para o Brasil, enquanto não houver concorrência do álcool de síntese, as únicas matérias-primas de importância econômica imediata para a produção do etanol industrial são os melaços e a cana-de-açúcar. Para a preparação de bebidas destiladas, a cana-de-açúcar e as matérias amiláceas, particularmente o milho. A mandioca é uma matéria feculenta potencial que já foi explorada industrialmente e que é usada atualmente, em pequena escala, na região Nordeste (Lima, 2001).

O álcool obtido por via fermentativa, passa por etapas que envolvem desde o preparo do substrato, a fermentação, até a destilação. O preparo do substrato é o tratamento da matéria-prima para dela se extraírem os açúcares fermentescíveis e difere para as distintas matérias-primas (Bayma, 1985). Na destilação, recupera-se o etanol, geralmente em duas operações. A primeira destilação é para separar o substrato fermentado, uma mistura hidroalcoólica impurificada com aldeídos, ésteres, álcoois superiores e ácidos orgânicos. A Segunda destilação é para separar as impurezas do etanol (Batista, 2002; Bizelli et al., 2000).

Embora a fermentação alcoólica industrial seja um processo rústico, certas vezes é realizado em condições tecnicamente adversas (Leonel & Cereda, 2000). Pode ter seu rendimento econômico prejudicado através de contaminações que se apresentam com frequência e, portanto, todo o processo deve ser monitorado para se evitar ou suprimir essas contaminações (Lima, 2001).

2.2.1 Fermentação

A fermentação no sentido mais amplo pode ser definida como todo processo no qual microrganismos catalisam a conversão de uma dada substância num determinado produto. Podemos dizer ainda que a fermentação é a aplicação direta de microrganismos (leveduras), em meios naturais ou sintéticos (Castro, 1995; Gava, 1998). Assim que a levedura entra em contato com o mosto, inicia o processo fermentativo. Este processo pode ser dividido em três fases: pré-fermentativa, fermentação principal e fermentação complementar.

a) Fase Pré-fermentativa

Compreende entre o período da adição da levedura ou pé-de-cuba até o início do desprendimento intenso de CO₂. A produção de álcool é praticamente nula ou nula, com consumo elevado de açúcares. Este período varia de 4 a 6 horas, dependendo do processo fermentativo utilizado.

b) Fermentação Principal

Nesta fase ocorre a maior produção de álcool. Há intenso desprendimento de CO₂ e calor. Esse CO₂ liberado propicia a formação de espuma, que quando em excesso requer a adição de anti-espumante. A densidade do mosto é reduzida e a acidez é aumentada, devido a produção de produtos secundários, que, segundo Nykänem (1986), são compostos orgânicos também chamados de congêneres, como os ácidos, ésteres, álcoois superiores, furfural e aldeídos. O etanol deve ter seu rendimento máximo, o que é possível através de um rigoroso controle do processo de fermentação (Valsechi, 1960).

A redução no desprendimento de CO₂, a diminuição na liberação de calor e a redução do movimento superficial no mosto, indicam o término desta fase. Pode durar de 12 a 16 horas, dependendo de muitos fatores, entre eles, o vigor da levedura usada e do processo fermentativo utilizado (Dalla Costa, 2002).

c) Fermentação Complementar

Ocorre a rápida diminuição da formação do CO₂ e do movimento de superfície, como desaparecimento da espuma, redução de temperatura, formação de álcoois superiores e as vezes, podem haver sedimentação do fermento no fundo da dorna. Finaliza com o término total da produção de CO₂ (Dalla Costa, 2002). Essa fase deve ser curta, pois pode contaminar o mosto com bactérias indesejáveis e também para evitar a produção excessiva de álcoois superiores (Yokoya, 1995).

2.2.2 Princípios da Destilação

A destilação é um processo que ocorre por diferença do ponto de ebulição, separando os diferentes compostos de uma mistura. Segundo Novaes et al. (1974), no processo de destilação recupera-se o etanol, geralmente resultante de duas etapas. A primeira etapa consiste em separar do substrato fermentado, uma mistura hidroalcoólica impurificada com aldeídos, ésteres, álcoois superiores, ácidos orgânicos e na segunda etapa, se separa as impurezas do etanol.

Quando se aquece uma mistura, a temperatura paulatinamente se eleva, ocorre a emissão de vapores. A mistura entra em ebulição, ocorrendo o desprendimento de vapores compostos por substâncias em proporções diferentes, mas em maior proporção substâncias mais voláteis. Da condensação desses vapores, obtêm-se um produto líquido de composição diferente daquele que o originou. Desta forma, consegue-se separar diversos produtos de misturas pela diferença do ponto de ebulição. O acréscimo do álcool na mistura gera vapores mais ricos em álcool e mais pobres em água (Crispim, 2000).

Os componentes voláteis têm diferentes temperaturas de volatilização, sendo possível, portanto, separá-los por processos de destilação. Neste processo de destilação os componentes mais voláteis, como acetaldeídos e metanol, são recolhidos na primeira fração do condensado,

que denomina-se “cabeça”. Na proporção intermediária, denominada “corpo” ou “coração” são separadas frações medianamente voláteis, basicamente etanol, e na proporção menos volátil, denominada de “cauda”, são encontrados álcoois superiores e ácidos (Yokoya, 1995).

2.2.3 Sistemas de Destilação

Existem vários tipos de destiladores que podem ser encontrados, embora o fim a que se destina seja o mesmo. Estes destiladores são chamados de “alambiques”, que na origem grega “ambix”, quer dizer “vaso com pequena abertura”.

Na fabricação artesanal e semi-artesanal, a destilação descontínua em alambique simples é a mais utilizada. Este alambique é descontínuo com fogo direto, que inclui duas sucessivas destilações, denominado método Charentais (Guymon et al., 1974). Em destilarias de médio porte, o alambique de três corpos é o mais comum. O uso de alambiques, com colunas de destilação contínua, é comum em destilarias de médio a grande porte.

Com o crescimento do setor de produção de álcool foram desenvolvidas colunas de destilação que são destiladores contínuos. Esses destiladores são compostos de pratos e calotas, com funções específicas na coluna. O mosto aquecido na parte inferior da coluna sobe para o topo desta, na qual é despejado e desce de prato em prato, sempre se despojando do álcool, o qual é evaporado e condensado (Crispim, 2000).

Quando o mosto é submetido ao processo de destilação, obtém-se duas frações: o flegma e a vinhaça (Teixeira et al., 1986). O flegma é o produto principal, que é uma mistura hidroalcoólica e contém os componentes voláteis do mosto, sendo classificado de acordo com a graduação alcoólica em flegma de baixo grau (35 a 65°GL) e flegma de alto grau (90 a 96°GL). A vinhaça compreende a parte não volátil do mosto, sendo que na destilação simples, a perda de etanol nesta fração é considerável, uma vez que sua recuperação exige consumo grande de energia, sendo, portanto, antieconômica (Yokoya, 1995).

Os alambiques, quando construídos de cobre, podem apresentar quantidades apreciáveis desse elemento. Para evitar o excesso de cobre, deve-se optar por alambiques construídos de aço inoxidável (Boza & Horii, 1998). Sendo então, necessária a remoção de compostos sulfurados que são responsáveis pelo odor desagradável do produto (Boza & Horii,

2000). Esta remoção é possível através do uso de um dispositivo de filtração de vapor instalado no alambique (Faria et al., 1989).

2.2.4 Classificação do Álcool

O álcool pode ser classificado de acordo com o seu grau, ou seja, o teor em álcool 100% na mistura álcool-água, podendo ser álcool bruto, álcool retificado e álcool desidratado.

a) Álcool bruto

É aquele produzido a partir da extração do álcool contido no mosto fermentado junto com as suas impurezas voláteis. O álcool bruto, fraco ou flegma possui graduação alcoólica de 50-94°GL (Gay-Lussac).

b) Álcool retificado

É o álcool em que foi eliminado o chamado álcool fraco ou flegma assim como todas as impurezas, e concentrado com até 97°GL.

c) Álcool desidratado

É o álcool em que a parcela de água contida no álcool retificado, que não se consegue separar pelo fracionamento, é eliminada produzindo assim um álcool desidratado ou absoluto apropriado para mistura com carburantes, tendo graduação mínima de 99,95°GL (Rasovsky, 1973).

2.2.5 Caracterização físico-química do álcool

O álcool é caracterizado como um líquido incolor, de odor ardente, facilmente inflamável, bactericida, de chama azulada e muito higroscópico. É coagulante de albuminas, conserva tecidos animais nele submersos e, com o cloro, forma acetaldeídos. No estado desidratado é perfeitamente solúvel em diversas substâncias orgânicas ou minerais, como ésteres, carburantes, acetonas, etc. Sua solubilidade diminui com o aumento da presença de água. Em uma mistura com água, o álcool tem ponto de congelamento mais baixo do que a mesma (Crispim, 2000).

2.2.6 Uso do álcool

O uso do álcool hoje em dia é muito grande, podendo ser utilizado em setores básicos, como indústrias de bebidas, farmacêuticas, combustíveis, etc (Rasovsky, 1973). O álcool destinado para industrialização é submetido em alguns países, a desnaturação, que impede o consumo humano e mantém o uso industrial, desde que o agente seja escolhido adequadamente (Embrapa, 1979). Dentre suas aplicações inclui a utilização na indústria farmacêutica, de perfumes e cosméticos, como corantes e para a fabricação de vernizes, o preparo de matérias explosivas, a fabricação de seda artificial, a fabricação de matérias plásticas, o uso de iluminação, o uso de aquecimento, a fabricação de éter, a mistura com carburante e a fabricação de borracha sintética e como combustível para automóveis (Crueger & Crueger, 1993).

Ao contrário do uso industrial, o álcool destinado ao uso em bebidas não pode ser desnaturado, sendo empregado o mais puro possível. Além do uso para fins de bebidas, pode-se utilizar o álcool para alcoolização de vinhos naturais, para fabricação de vinagres e para conservas de frutas (Rasovsky, 1973; Zenebon et al., 1984).

A Alemanha e a França deram grande contribuição ao desenvolvimento das técnicas de fermentação alcoólica, de destilação e de construção de alambiques. Utilizava-se o etanol para fins farmacêuticos, para a obtenção de alguns produtos químicos derivados, para bebidas e como fonte de energia elétrica, por combustão em algumas atividades (Lima, 2001).

Em países com grandes áreas dedicadas a agricultura como Brasil, Sul da África e os Estados Unidos estão fazendo intensivos estudos sobre a produção de etanol a partir de carboidratos como a sacarose e o amido. O objetivo de tal investigação é utilizar o etanol, geralmente misturado à gasolina, como combustível para automóveis (Crueger & Crueger, 1993).

Após a água, o álcool é o solvente mais comum, além de representar a matéria-prima de maior uso no laboratório e na indústria química. Portanto, seu uso está relacionado às bebidas alcoólicas e como combustível, tanto puro como coadjuvante (aumento de octanagem). Em produtos farmacêuticos pode ser usado na formulação de loções e pomadas, colônias e perfumes. É ainda um tradicional anti-séptico local de uso caseiro. No laboratório é utilizado tanto como solvente, nas mais variadas sínteses químicas, bem como agente de limpeza de equipamentos e vidrarias. Pela concentração de álcool pode ser utilizado como eficiente bactericida, em higiene e sanitização de utensílios e equipamentos.

2.3 Compostos Voláteis

Para o processo de destilação é importante agrupar os diversos componentes do mosto (líquido resultante da fermentação) em duas frações: voláteis e não-voláteis. Os componentes voláteis são representados por água, etanol, metanol, álcoois superiores, ácido acético, ésteres e gás carbônico. Os não voláteis são constituídos de sólidos do mosto, células de leveduras, bactérias, minerais e ácidos orgânicos fixos (Yokoya, 1995).

Os principais objetivos da destilação são a extração dos compostos voláteis, a seleção (retificação) das substâncias voláteis e a ocorrência de transformações químicas, basicamente combinação e degradação de substâncias favoráveis à qualidade do destilado. Os álcoois superiores e os ésteres são de origem metabólica, porém são previsíveis e ajustáveis, conferindo ao destilado aroma e sabor (Maia et al., 1991). O uso de leveduras apropriadas, substrato adequado, controle do tempo de fermentação e recolhimento da fração ideal do destilado pode controlar o teor de álcoois e ésteres (Vargas & Glória, 1995).

Os álcoois superiores são produzidos a partir de aminoácidos correspondentes presentes no meio e que a quantidade formada é influenciada pela composição do meio (pH, concentração e tipo de fonte de nitrogênio), pela temperatura, pelo grau de aeração durante a fermentação e ainda pela linhagem da levedura (Giudici et al., 1993). Os ésteres são

geralmente formados durante a fermentação alcoólica (esterificação biológica) pelas leveduras e bactérias (Granella, 2004). A formação dos ésteres tem origem em fatores internos e externos. Os fatores internos são os aminoácidos, a glicose, certos ácidos e cátions, a concentração de carbonos, o suplemento nitrogenado, a utilização dos micronutrientes e a insaturação dos ácidos graxos sobre os níveis de esteróis. Os fatores externos são a linhagem de levedura, a temperatura de fermentação, a concentração de CO₂, a oxigenação, a turbidez e o pH do meio (Mariño et al., 1992 apud Dalla Costa, 2002).

Os aldeídos, embora sejam constituintes normais em vinhos e destilados, podem produzir modificações indesejáveis sobre o aroma dos mesmos (Curvello-Garcia, 1988 apud Dalla Costa, 2002). Vários são os aldeídos que podem ser formados a partir de aminoácidos. Os aminoácidos sofrem degradação parcial, originando álcoois superiores, e estes em presença de oxigênio, podem ser convertidos em aldeídos (Dalla Costa, 2002). Quando possuem até oito átomos de carbono, os aldeídos são responsáveis pelos aromas penetrantes nos destilados e no gosto enjoativo, sendo indesejáveis em bebidas destiladas (Dalla Costa, 2002). Durante um processo fermentativo normal, aldeídos, principalmente o acetaldeído, são formados nas primeiras horas mas tendem a diminuir, podendo até, praticamente desaparecer no estágio final da fermentação, se a aeração for minimizada ao máximo possível (Pigot et al., 1989 apud Dalla Costa, 2002). A deficiência de nutrientes no fermentado do mosto pode aumentar os níveis de aldeídos no destilado, isto porque a formação de álcool etílico fica retardada (Alcarde et al., 2003).

O metanol é principalmente um solvente industrial, pois dissolve alguns sais melhor do que o etanol. O metanol é utilizado na indústria de plásticos, na extração de produtos animais e vegetais, e como solvente em reações de importância farmacológica, como no preparo de colesterol, vitaminas e hormônios (Klein, 2006). Existem alguns efeitos potenciais à saúde, quando ocorrer a inalação do metanol, como: irritação às membranas das mucosas, efeito tóxico no sistema nervoso, particularmente no nervo óptico. Os sintomas da exposição incluem dor de cabeça, náusea, vômito, cegueira, coma e morte. Quando ingerido, o metanol é tóxico, pois irrita as membranas da mucosa e pode causar intoxicação e cegueira. A dose fatal é de 100 – 125 ml de metanol ingerido. Quando em contato com a pele pode deixar ressecada (Klein, 2006). A exposição contínua de contato com o metanol pode causar lesões nos olhos. Quando houver exposições mais severas, prejudica a visão e causa aumento do fígado. Pessoas com distúrbios de pele, problemas nos olhos, ou com função prejudicada do rim e fígado podem ser mais suscetíveis aos efeitos da substância com agravamento das condições pré-existentes (Klein, 2006). O metanol é considerado o mais tóxico de todos os tipos de álcool e

pode acarretar seqüelas como cegueira e até levar à morte. É usado em solvente de vernizes, polidor de madeira e desengraxantes (Klein, 2006).

2.4 Sub-produto

O principal efluente da destilação de álcool é a vinhaça. A produção anual de 10,7 milhões de m³ de álcool gera cerca de 140 milhões de m³ de vinhaça que, em média, está na proporção de 13 litros para cada litro de álcool produzido (Crispim, 2000).

Basicamente, em função da sua riqueza em matéria orgânica, a vinhaça apresenta elevado índice de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), caracterizando-se como poluente quando descartado na água. Tendo em vista os nutrientes e matéria orgânica que contem, a vinhaça tem sido utilizada nas lavouras de cana em substituição parcial ou total da adubação mineral (Roseto ,1978 apud Crispim,2000). Além disso, a vinhaça pode fazer parte da composição de rações, de adubo para a produção de fertilizantes, e como substituto da adubação mineral (Leonel et al., 1999).

A composição química da vinhaça é bastante variável, dependendo da composição do mosto submetido à destilação e que também depende de fatores como natureza e composição da matéria prima, sistema usado no preparo do mosto, modo de fermentação adotado, raça de leveduras, tipo de alambique, modo de destilação e tipo de flegma separado (Almeida,1952 apud Crispim,2000).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Clones

Foram avaliados os clones SMINIA90244-3 e SMIJ461-1 do Programa de Genética e Melhoramento de Batata da Universidade Federal de Santa Maria. O clone SMINIA90244-3 é oriundo do cruzamento entre o clone INIA386464-7 e a cultivar Norte Americana Norland. Este clone tem ciclo precoce, casca rosada, polpa branca e os tubérculos têm formato oval. Apresenta alta resistência ao potato virus Y (PVY) e tolerância a requeima (*Phytophthora infestans*). O clone SMINIA90244-3 tem excelente aparência de tubérculo e muito boa qualidade culinária, sendo destinado, especialmente, ao consumo de mesa. As limitações para processamento são os teores elevados de açúcares redutores e os baixos teores de matéria seca.

O clone SMIJ461-1 é resultante do cruzamento entre a cultivar Mexicana Tollocan e o clone NY88. Apresenta alta resistência a requeima na parte aérea, oriunda da cultivar Tollocan, e excelente qualidade de processamento industrial. Os tubérculos têm excelente aparência, são arredondados, com coloração da casca e polpa branca. Nas condições de cultivo de Santa Maria apresenta teores aceitáveis de matéria seca e baixos de açúcares redutores, o que resulta em chips de coloração clara e atrativa para o consumidor (Freitas et al., 2006).

3.2 Análises nas amostras de tubérculos

As amostras foram obtidas a partir de tubérculos dos clones SMIJ461-1 e SMINIA 90244-3 de tamanho grande ou comercial (menor diâmetro $\geq 23\text{mm}$) e pequeno ou não comercial (menor diâmetro $\leq 23\text{mm}$). O tamanho pequeno é considerado como tubérculo imaturo e são, normalmente, deixado no campo por ocasião da colheita. Esses tubérculos são responsáveis, na maioria dos casos, pela emergência de plantas voluntárias na próxima safra, que são altamente indesejáveis.

As amostras de tubérculos de batata foram caracterizadas quanto a teores de matéria seca, amido e açúcares redutores. Os teores de açúcares redutores e amido foram avaliados na batata antes e depois da fermentação.

3.2.1 Matéria seca

O teor de matéria seca foi determinado através do acondicionamento das amostras de batata previamente picadas, em estufa com circulação forçada de ar e temperatura próxima de 60°C , até atingirem massa de matéria seca constante. A matéria dos tubérculos foi obtida antes e depois da secagem e, pela diferença obteve-se o teor de matéria seca.

3.2.2 Açúcares redutores

Os teores de açúcares redutores foram determinados após modificações da metodologia de Long & Chism (2004), utilizando-se a diluição de 1g de matéria seca em 5 ml de água destilada, de onde foram retirados 2 ml para reagir com 0,5 ml de 2,4-dinitro-fenol. As quantificações de açúcares redutores foram feitas em espectrofotômetro (Digimed DME-21) utilizando o comprimento de onda de 600nm. A determinação de açúcares redutores foi feita nas amostras de tubérculos antes e depois da fermentação.

3.2.3 Amido

O amido foi quantificado em açúcares redutores, obtidos por hidrólise ácida de 250mg de matéria seca de batata em uma solução contendo 10ml de água destilada e 0,5ml de HCl, após autoclavagem por 20min à temperatura de 120°C (1kgf cm⁻²). A solução foi então neutralizada com NaOH (50%) para pH=7,0 e retirado 1ml para adicionar à outra solução contendo 3ml de água destilada e 0,5ml de 2,4-dinitro-fenol. Após a homogeneização, a nova solução foi mantida em banho-maria por 6 min antes da quantificação. A quantificação foi feita em espectrofotômetro (Digimed DME-21) com comprimento de onda de 600nm. Os teores de amido foram avaliados nas amostras de tubérculos antes e depois da fermentação.

3.4 Obtenção do álcool

Os tubérculos de batata passaram por processos de fermentações e destilações até a obtenção do álcool. Esta etapa foi realizada na própria propriedade rural do Senhor Felisberto Barros e o álcool obtido foi trazido ao Departamento de Tecnologia e Ciência dos Alimentos da UFSM e ao LARV (Laboratório de Análises de Referência Vegetal) do Ministério da Agricultura em Porto Alegre, RS, onde foram realizadas as análises químicas subseqüentes.

Para a fermentação, as amostras de tubérculos foram lavadas, cortadas, inoculadas com levedura *Saccharomyces cerevisiae* e colocadas em tanques fermentadores (dornas). A evolução da fermentação alcoólica foi acompanhada pela leitura diária do grau Brix, através de um sacarímetro de Brix, e da temperatura, duas vezes ao dia. O término da fermentação foi determinado quando a leitura no sacarímetro se aproximou da marca de 0°Brix. A temperatura se manteve entre 26 a 28°C.

Com o término da fermentação, o que ocorreu entre três a quatro dias, o líquido resultante foi recolhido e transportado até o alambique de aço inoxidável para ser destilado. No tanque de fermentação restou o resíduo sólido, o qual também foi recolhido para analisar a composição química. Após a primeira destilação, o líquido restante (vinhaça) foi retirado do alambique para também ter sua composição química analisada. Desta forma eram obtidos dois resíduos do processo, um sólido da fermentação e outro líquido da destilação (vinhaça). Na seqüência, o mosto era novamente destilado (bi-destilado) para então ser separado em

frações: a primeira (cabeça), a intermediária (coração) e uma final (cauda). Do bi-distilado intermediário obtido (coração) foram retiradas amostras para as determinações de graduação alcoólica, densidade, acidez total e acidez volátil. Foram analisados também, teores de álcoois superiores, ésteres, metanol e aldeídos. Nos resíduos sólidos e líquidos foram também determinados N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn.

3.5 Análises dos elementos minerais nos resíduos sólidos e líquidos

As determinações de elementos minerais foram feitas com os resíduos da fermentação e da destilação, sendo amostra seca e úmida, respectivamente.

As determinações de Cu, Mg, Ca, Fe, Mn e Zn foram feitas em um Espectrofotômetro de Absorção Atômica, marca Perkim-Elmer, modelo 2380, utilizando como fonte primária, lâmpada de cátodo oco para elemento isolado, um nebulizador combustor de 1 fenda e como gases de combustão, uma mistura de acetileno e ar.

As determinações de K e Na foram feitas em fotômetro de chama marca Micronal B 262 e de P e B em espectrofotômetro UV visível. O método Kjeldahl foi utilizado para determinar teores de N.

Para determinar P, K, Na, Fe, Cu e Zn tratou-se 100ml de amostra com 2 ml de HCl 50%, agitando-se vigorosamente por 10 min, após deixou-se em repouso por 16 h. Completada esta etapa, retirou-se 3ml das amostras para determinação de P, tratando-as, também, com 3ml de Pb (mistura de ácido clorídrico e molibdato de amônio).

Para determinar Ca, Mg e Mn tratou-se 50ml de amostra com 2g de KCl, agitando-se vigorosamente por 10 min, colocando em repouso por 16h. Após esta etapa retirou-se 5ml para análise de Ca e Mg, acrescentando-se 5ml de SrCl_2 . Também foi retirado mais 5ml para análise de Mn, onde acrescentou-se 5ml de HCl 0,1N.

3.5.1 Determinação da densidade e da graduação alcoólica

Para a determinação da densidade e da graduação alcoólica foi utilizado um densímetro digital da marca DMA 48-Antom Paar, com precisão de aproximadamente $1 \times 10^{-4} \text{g/cm}^3$. O aparelho foi calibrado, segundo a especificação do fabricante. A checagem das condições de operação foram realizadas antes do início do trabalho. Na célula devidamente seca e limpa, foi introduzida com uma seringa, uma quantidade de amostra necessária até que a mesma chega-se ao orifício superior da célula. Deixou-se a seringa presa ao orifício inferior da célula. Apagou-se a luz para que não houvesse interferência na temperatura. Injetou-se amostra do destilado até não haver mais bolhas. Depois de atingir a temperatura de equilíbrio, o valor da massa volumétrica estabilizou-se. O grau alcoólico corresponde ao conteúdo em porcentagem de álcool do produto, a temperatura de 20°C . O aparelho é equipado com uma carta eletrônica de conversão de massa volumétrica em % alcoólica. Estas determinações foram realizadas no LARV (Laboratório de Análises de Referência Vegetal) do Ministério da Agricultura, em Porto Alegre, RS.

3.5.2 Determinação da acidez total

A determinação da acidez total foi feita pela técnica de titulometria, utilizando 20 ml de amostra em Erlenmeyer, titulando com NaOH 0,1N até coloração rósea ou pH 8,2, ponto em que todo o ácido da amostra é neutralizado pelo NaOH.

3.5.3 Determinação da acidez volátil

A determinação da acidez volátil foi feita em um destilador eletrônico de álcool da marca Gibertini. Coloca-se no balão de destilação 20 ml de amostra, introduzindo o bico de injeção de vapor na parte frontal do balão de destilação, abaixando a tampa e colocando a rolha de vedação. A destilação se dá por arraste de vapor, fracionando os diversos

componentes da amostra segundo seus diferentes pontos de ebulição. O destilado é coletado em frasco volumétrico, onde é titulado com NaOH 0,1N até a coloração rósea.

3.5.4 Determinação dos álcoois superiores, ésteres, metanol e aldeídos

O destilado foi diretamente injetado em um aparelho de cromatografia gasosa. O aparelho utilizado foi um Varian Star 3400 cx, equipado com injetor eletrônico Varian 8200 cx Auto Sampler. O equipamento foi programado para determinar, em um mesmo cromatograma, aldeídos, metanol, ésteres e álcoois superiores (propanol, butanol e isoamílico).

Uma boa separação dos componentes foi atingida com o controle de temperatura da coluna, tendo uma temperatura inicial de 50°C por 3 min. Após este período, a temperatura atingia 100°C, numa taxa de 8°C/min. Utilizou-se uma coluna DB-WAX, Megabore, filme de 1 micron, comprimento de 30m, diâmetro interno de 0,53mm. O gás carreado foi o nitrogênio líquido; a temperatura do detector foi de 220°C e a do injetor 200°C. O volume de amostra injetado foi de 1 µL. O padrão interno utilizado foi 4-metil2-pentanol.

As análises foram realizadas no LARV (Laboratório de Análise de Referência Vegetal) do Ministério da Agricultura em Porto Alegre, RS.

3.6 Análise estatística

Os dados obtidos com as amostras de tubérculos foram submetidos à análise de variância e comparadas pelo teste de Duncam (5% de probabilidade de erro). Os dados da fração álcool e nos resíduos sólidos e líquidos foram analisados estatisticamente através do sistema SOC, 2002.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análises nos tubérculos de batata

Foram obtidas diferenças significativas entre clones e tamanhos de tubérculos (Tabela 1).

TABELA 01 – Matéria seca, açúcares redutores e amido em amostras de tubérculo de tamanhos diferentes de dois clones de batata, antes e depois da fermentação.

		MS (%)	AÇÚCARES REDUTORES ¹	AMIDO ¹
Antes fermentação	1 [*]	17,3ab***	15,4 a	512,5 a
	2 ^{**}	18,2 a	8,4 d	442,0b
	3 [*]	16,0 b	12,9 b	452,1b
	4 ^{**}	17,5ab	10,4 c	472,1ab
Depois fermentação	1 [*]	-	4,4e	486,6ab
	2 ^{**}	-	4,4 e	490,2ab
	3 [*]	-	2,2f	469,5ab
	4 ^{**}	-	5,5e	516,1a
CV(%)		2,00	5,89	4,34

***Médias seguidas pela mesma letra diferem pelo teste de Duncam a 5% de probabilidade de erro

Legenda: 1* SMIJ461-1 pequeno; 2** SMIJ461-1 grande;

3* SMINIA90244 pequeno; 4**SMINIA90244 grande

1-expresso em mg de glicose+frutose/g MS;

A quantidade de matéria seca encontrada foi maior em tubérculos grandes do que em pequenos. A matéria seca encontra-se em maior quantidade em tubérculos em estágio fenológico mais avançado, pois tubérculos pequenos são considerados imaturos. A composição da matéria seca pode variar de acordo com a cultivar, condições de cultivo e grau de maturidade dos tubérculos, sendo que os compostos químicos não são distribuídos homogeneamente no tubérculo (Pastorini et al., 2003).

O teor de açúcares redutores foi maior antes do que depois da destilação (Tabela 1). Isso mostra que grande parte desse açúcar foi aproveitado pelas leveduras para a obtenção de álcool. Antes da destilação, a quantidade de açúcares redutores variou bastante entre as amostras. O maior valor encontrado foi no clone SMIJ461-1, tubérculo imaturo, com 15,4mg de glicose+frutose/gMS. O menor valor foi no mesmo clone, porém em tubérculos maduros com 8,4 mg de glicose+frutose/gMS. No clone SMINIA90244-3 obteve-se 12,9 e 10,4 mg de glicose+frutose/gMS para tubérculos imaturos e maduros, respectivamente. Estas diferenças de açúcares redutores e matéria seca entre clones e tamanho de tubérculo era esperado. O clone SMIJ 461-1 apresenta normalmente maiores teores de matéria seca e menores teores de açúcares redutores, por ser um clone desenvolvido para a indústria de processamento. Da mesma forma, tubérculos imaturos apresentam menores teores de matéria seca e maiores teores de açúcares redutores.

Depois da destilação, os valores não variaram no clone SMIJ461-1 tendo valores iguais de 4,4 mg de glicose+frutose/gMS para tubérculos maduros e imaturos. Mas no clone SMINIA90244-3 o valor de açúcar redutor foi maior em tubérculos maduros com 5,5mg de glicose+frutose/gMS e em tubérculos imaturos 2,2 mg de glicose+frutose/gMS.

O teor de açúcares redutores diminui com a maturidade dos tubérculos, sendo o acúmulo de açúcares redutores uma característica genética, também influenciada por fatores ambientais. Isto explicaria a diferença entre as cultivares em relação ao teor de açúcares redutores, como também o maior teor de açúcares redutores nos tubérculos de menor diâmetro, visto que os teores de açúcares redutores são indicativos de imaturidade dos tubérculos (Melo, 1999).

Em geral, a quantidade de amido foi maior depois da destilação do que antes, comprovando que grande parte do amido não foi utilizada na fermentação. Antes da destilação, tubérculos imaturos apresentaram maiores valores de amido no clone SMIJ461-1 com 512,5 mg de glicose+frutose/gMS. Porém, no clone SMINIA90244-3 os valores foram menores para tubérculos imaturos, com 452,1 mg de glicose+frutose/gMS e tubérculos maduros tendo 472,1 mg de glicose+frutose/gMS. Depois da destilação, os valores de amido

foram semelhantes, porém maiores do que antes da destilação. O clone SMIJ461-1 obteve valores de 486,6 e 490,2 mg de glicose+frutose/gMS para tubérculos imaturos e maduros, respectivamente. No clone SMINIA90244-3, houve diferença entre tamanho de tubérculo, onde em tubérculos maduros encontrou-se 516,1 mg de glicose+frutose/gMS e em tubérculos imaturos 469,5 mg de glicose+frutose/gMS (Tabela 01).

Os valores maiores de amido, após a fermentação, podem ser por falta do seu aproveitamento no processo de obtenção de álcool. Pode ser justificado pela falta de enzimas específicas que desdobrassem o amido em açúcares, para então serem aproveitados e transformados em etanol.

Os grãos de amido são formados já nos estádios iniciais da tuberização, aumentando o conteúdo durante o crescimento do tubérculo. O maior teor de carboidratos solúveis totais, açúcares redutores e sacarose verificado nos tubérculos menores, indica o transporte de assimilados, via floema, até o órgão em desenvolvimento (Pastorini et al., 2003).

4.2. Análises no álcool obtido no processo de destilação

4.2.1 Álcoois superiores

TABELA 02 - Valores médios de álcoois superiores, isoamílico, isobutílico e propanol, (mg/100 ml de álcool anidro), nas amostras de destilado obtidos de tubérculos de tamanhos diferentes de dois clones de batata:

	Álcoois superiores	Isoamílico	Isobutílico	Propanol
1*	250,30	37,39	30,73	31,84
2**	312,46	100,77	74,51	56,38
3*	230,01	88,98	39,14	52,29
4**	229,76	86,67	19,27	53,29
Desvio padrão	39,08	28,06	23,84	11,21
CV(%)	15,28	35,76	58,26	23,13

Legenda: 1*SMIJ461-1 pequeno; 2**SMIJ461-1 grande;

3*SMINIA90244-3 pequeno; 4**SMINIA90244-3 grande

As diferenças encontradas nos valores de álcoois superiores nas amostras foram expressivas, tendo sido encontradas grandes disparidades de valores tanto em tamanhos de tubérculos, quanto clones avaliados (Tabela 02). Desta forma, os valores encontrados estão mais relacionados com o processamento de fermentação e destilação do que aos tratamentos aplicados, embora se saiba que é possível reduzir, ainda que não muito significativamente, o conteúdo final através da correta remoção das frações cabeça e cauda (Dalla Costa, 2002).

O álcool isoamílico, entre os álcoois superiores, foi encontrado em maior concentração nas amostras de destilado de batata. Tubérculos pequenos do clone SMIJ461-1, tiveram o menor valor de álcool isoamílico, com 37,3906 mg/100ml de álcool anidro. Tubérculos grandes do mesmo clone tiveram maior valor de álcool isoamílico, com 100,7774mg/100ml de álcool anidro.

Com relação ao álcool isobutílico, houve diferença entre as amostras. O valor máximo (74,5198mg/100ml de álcool anidro) foi encontrado no clone SMIJ 461-1 grande. O menor valor foi 19,2736mg/100ml de álcool anidro no clone SMINIA 90244 também em tubérculo grande.

Os valores de propanol variaram bastante no clone SMIJ461-1, tendo valores médios de 31,8477mg/100ml de álcool anidro e 56,3892 mg/100ml de álcool anidro, para tubérculos pequenos e grandes, respectivamente. Já para o clone SMINIA 90244, não houve grande diferença entre os valores. Nos tubérculos pequenos obteve-se 52,2959 mg/100ml de álcool anidro e para os tubérculos grandes 53,2978 mg/100ml de álcool anidro.

A diferença entre os valores de propanol pode ser reflexo da maneira como foi conduzido o processo destilatório e, principalmente o fermentativo.

Assim teores elevados de álcoois superiores totais têm origem nas condições em que se realizou o processo fermentativo, pois a presença em excesso de borras ao longo da fermentação alcoólica, provoca um aumento de até 50% no teor de álcoois superiores, exceto do propanol-1. Este último sofre influência direta da cepa de levedura utilizada, o que já não ocorre com os álcoois superiores isoamilicos e isobutílicos (Guidici et al.,1993). Além disso, a fermentação lenta, normalmente pelo uso de leveduras inadequadas aumenta a produção de álcoois superiores (Yokoya,1995).

4.2.2. Aldeído

O maior valor de aldeído encontrado foi no clone SMIJ461-1, tubérculo grande com 42,02 mg/100ml de álcool anidro e o menor valor foi no clone SMINIA90422-3, também tubérculo grande com 6,59 mg/100ml de álcool anidro.

Desta forma, observamos que o teor de aldeído não deve ter relação quanto ao tamanho de tubérculo. O clone SMIJ461-1 apresentou valores mais elevados de aldeído, quando comparado com o clone SMINIA90244-3.

TABELA 03 – Valores médios de Aldeídos, Ésteres e Metanol (mg/100ml de álcool anidro), nas amostras de destilado obtidos de tubérculos de tamanhos diferentes de dois clones de batata:

	Aldeído	ésteres	metanol
1*	39,57	114,26	87,03
2**	42,02	116,46	75,64
3*	26,22	356,36	31,58
4**	6,59	96,14	30,41
Desvio padrão	16,23	124,04	29,44
CV (%)	56,75	72,62	52,42

Legenda: 1*SMIJ461-1 pequeno; 2**SMIJ461-1 grande;

3*SMINIA90244-3 pequeno; 4**SMINIA90244-3 grande

4.2.3 Ésteres

O maior valor de ésteres, em acetato de etila, encontrado foi na amostra de destilado do clone SMINIA 90244-3, pequena (Tabela 03). Por outro lado, o valor mais baixo encontrado foi do mesmo clone, porém com a amostra de tubérculo grande com 96,14 mg/100ml de álcool anidro. O clone SMINIA 90244-3 obteve o maior e o menor valor de ésteres, em acetato de etila, não tendo relação entre tamanho de tubérculo, já que no outro

clone estudado, os valores ficaram bem próximos. O teor de ésteres é dado em acetato de etila, por ser este, o éster presente em maior concentração em vinhos e destilados. Segundo Borzani et al. apud Maia (1994), o acetato de etila corresponde a cerca de 80% do conteúdo total de ésteres em aguardente. O éster é característico da fração “cabeça” do destilado e participa de forma negativa sobre a qualidade final do mesmo. Por isso, teores baixos são sempre desejáveis em destilados.

Por ser característico da fração “cabeça” do destilado, o acetato de etila, pode ter seu conteúdo controlado e ajustado através de técnicas adequadas de destilação, objetivando o recolhimento da fração ideal do destilado “corpo”. O uso de levedura apropriada, substrato adequado e controle do tempo de fermentação auxilia no controle de altas quantidades deste éster (Maia,1991). Desta forma, justifica-se as diferenças encontradas nos valores de ésteres encontrados nos clones SMINIA 90244-3 e SMIJ461-1 .

4.2.4. Metanol

Os valores de metanol, em mg/100ml de álcool anidro, foram maiores no clone SMIJ461-1 quando comparado com o clone SMINIA90244-3 (Tabela 03). Os maiores valores encontrados foram no clone SMIJ461-1 com 87,03 mg/100ml de álcool anidro e 75,64 mg/100ml de álcool anidro para tubérculos pequenos e grandes, respectivamente. No clone SMINIA 90244-3 os valores foram 30,41 mg /100ml de álcool anidro e 31,58 mg/ 100ml de álcool anidro para tubérculos grandes e pequenos, respectivamente.

O metanol ocorre naturalmente como produto secundário no processo de fermentação, em pequenas quantidades, não oferecendo risco à saúde. É organolépticamente imperceptível quando presente, mesmo em grandes quantidades. Nas amostras analisadas, o nível de metanol ficou abaixo do máximo permitido pela legislação, para o uso em bebidas alcoólicas. Entretanto, pode causar danos a saúde, se a quantidade ingerida for superior ao limite permitido por lei que é de, no máximo, 35g/L (Brasil,1997) de álcool anidro, tolerado em bebidas alcoólicas destiladas.

Em vinhos sua origem está relacionada com as pectinas da uva e a presença de enzimas pectinesterase e polimetilesterase que hidrolisam a molécula de pectina (Granella, 2004). Desta forma, os clones de maior valor de metanol, provavelmente tenham maior concentração de pectina e/ou enzimas pectinólíticas.

4.2.5 Teor alcoólico

A maior graduação alcoólica encontrada nos destilados obtidos a partir da fermentação de tubérculos de batata de dois clones e dois tamanhos de tubérculos ocorreu no clone SMINIA 90244-3 com tubérculos pequenos (Tabela 04).

TABELA 04 – Valores médios de graduação alcoólica e rendimento (litros de álcool) nas amostras de destilado obtidos de tubérculos de tamanhos diferentes de dois clones de batata:

Amostra	Graduação Alcoólica (%GL)	Rendimento (litros)
1*	69,86	4,250
2**	74,15	6,425
3*	78,44	8,450
4**	69,31	5,550
Desvio Padrão	4,24	4,75
CV(%)	5,84	5,68

Legenda: 1* SMIJ461-1pequeno; 2**SMIJ461-1 grande;

3*SMINIA90244-3 pequena; 4**SMINIA90244-3 grande

°GL: grau Gay Lussac

Os tubérculos grandes do mesmo clone resultaram em uma graduação alcoólica de 69,31% de álcool, semelhante ao clone SMIJ461-1 pequeno que obteve 69,86% de álcool .

Os métodos utilizados foram eficazes, não encontrando diferença entre as amostras de batata onde se conseguiu um bom rendimento em álcool, independente do clone estudado ou do tamanho de tubérculo. A maturidade fisiológica da batata não está relacionada com o rendimento em álcool. O tubérculo pequeno possui maior concentração de açúcares , mas por outro lado o tubérculo grande possui maior massa seca. Isso comprova que tanto tubérculos de tamanho grande como pequeno podem ser adequados ao processamento para a obtenção de álcool, pois desta forma se equiparam em massa seca e quantidade de açúcares redutores.

Com relação ao rendimento de álcool, tanto nos tubérculos grandes (comerciais) como pequenos (não comercializados), não houve diferença estatística. Isto mostra que os

tubérculos pequenos que não teriam consumo produtivo podem , porém, ser perfeitamente transformados em etanol.

4.2.6. Rendimento

O rendimento em litros de álcool foi quantificado a partir de amostra composta por 20 Kg de tubérculo de batata, em cada tratamento. O clone SMIJ461-1 produziu obteve-se 4,250 litros de álcool em amostra de tubérculos pequenos, com 21,25% de rendimento. Os tubérculos grandes produziram 6,425 litros de álcool, com rendimento de 32,12%. O clone SMINIA 90244-3, produziu 8,450 litros de álcool em amostra de tubérculos pequenos, com rendimento de 42,25%. Os tubérculos grandes produziram 5,550 litros de álcool, com rendimento de 27,75%. Isso resulta em média 30,84% de álcool em 20 Kg de batata. No clone SMIJ461-1 a quantidade de álcool em litros, foi menor quando comparada com o clone SMINIA 90244-3. Observa-se que o clone SMIJ461-1 apresentou rendimento de 26,68%. Já, o clone SMINIA 90244-3 resultou em maior quantidade em litros de álcool, com rendimento de 35%.

4.2.6. Acidez

Os valores de acidez encontrados nos destilados não diferiram entre os tratamentos. Observa-se que os valores foram heterogêneos não tendo relação entre clones e tamanho de tubérculo (Tabela 05).

TABELA 05 – Valores médios de Acidez total, acidez volátil e densidade nas amostras de destilado obtidos de tubérculos de tamanhos diferentes de dois clones de batata:

	Acidez Total (g/100ml)	Acidez Volátil (g/100ml)	Densidade
1*	10	8	0,9900
2**	13	10	0,8765
3*	15	14	0,8652
4**	11	8	0,8889
Desvio padrão	1,82	3,3	0,057
CV (%)	15,16	32,19	6,29

Legenda: 1*SMIJ461-1 pequeno; 2**SMIJ461-1 grande;

3*SMINIA90244-3 pequeno; 4**SMINIA90244-3 grande

No clone SMIJ461-1 os valores de acidez total foram 10 g/100ml de álcool anidro para tubérculos pequenos e 13 g/100ml de álcool anidro para tubérculos grande. Por outro lado, no clone SMINIA 90244-3 os valores de acidez total foram 15g/100ml de álcool anidro e 11 g/100ml de álcool para tubérculos pequenos e grandes, respectivamente. No clone SMIJ461-1 o maior valor em acidez total foi em tubérculo grandes, já no clone SMINIA90244-3 foi em tubérculos pequenos. Isso mostra que não há relação entre tamanho de tubérculo e clone. Conforme a tabela 05, com valores de acidez volátil, o comportamento foi o mesmo.

A acidez é representada por compostos solúveis principalmente em água e com elevado ponto de ebulição, que destilam nas primeiras porções do destilado, na metade final do coração e na totalidade da cauda. Dentre os ácidos, produtos secundários da fermentação alcoólica, o ácido acético tem sido quantitativamente o principal componente da fração ácida, tendo sido expresso em acidez volátil (Lima et al., 1994).

Os valores de acidez estão, intimamente, ligados ao processo de destilação; já que durante este, o ácido acético encontra-se na maior quantidade na fração “cauda”. A remoção da fração “cauda” e correto fracionamento do destilado, reduzem os teores de acidez (Lafond et al. , 1973 apud Dalla Costa, 2002).

Do começo ao fim da fermentação notou-se um acréscimo na acidez titulável, não devendo haver grande diferença entre a acidez final e a inicial. Quando a acidez final for maior do que o dobro da inicial é indicativo de má fermentação.

Durante a destilação, as primeiras porções do destilado possuem acidez elevada, diminuindo na parte intermediária, voltando a se elevar na parte final (Ribeiro, 1997).

O lêvedo *Sacharomyces cerevisiae* na presença de oxigênio pode converter até 30% do açúcar do mosto em ácido acético. Existem ainda os ácidos graxos que são produzidos durante o período de aeração das leveduras para a formação do mosto fermentativo, sendo esses altamente indesejáveis, porque seu arraste durante a destilação acarreta turvação e aromas desagradáveis na bebida (Maia, 1994; Faria et al., 1989).

4.2.8 Densidade

Os valores de densidade foram para o clone SMIJ461-1 grande 0,8765 e pequeno 0,9999; para o clone SMINIA 90244 grande foi 0,8889 e pequeno 0,8652.

Na literatura encontra-se valores de densidade de álcool de cana-de-açúcar de 0,806025 à 0°C e de 0,79433 à 15°C (Rasovsky,1973). Conforme Crispim et al. (1998), a densidade do álcool etílico a 20°C é de 0,7893.

Durante a fermentação a densidade do mosto decresce de acordo com as fases da fermentação. A curva da densidade decresce à medida que ocorre o consumo de açúcares do mosto, e se esse consumo apresentar irregularidade indica defeitos de fermentação.

4.3 Elementos minerais nos resíduos

Foram analisados os resíduos da fermentação (resíduo sólido) e os resíduos da destilação (resíduo líquido), para observação da composição química em termos de quantificação.

Na tabela 06 e 07 encontramos os valores para a análise dos elementos N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn para as amostras sólidas e líquidas, respectivamente.

TABELA 06 – Valores médios da concentração de minerais em amostras sólidas obtidos de tubérculos de tamanhos diferentes de dois clones de batata:

	1*	2**	3*	4**	Desvio padrão	CV(%)
N					4,49	29,11
P					0,29	25,83
K					1,13	16,79
Ca					0,16	14,64
Mg					0,046	3,95
S	21,16	10,22	15,58	14,74	0,16	15,8
B	1,53	0,90	1,15	0,91	-	-
Cu	7,98	5,32	7,16	6,45	0,63	23,12
Fe	1,20	0,87	1,22	1,08	24,75	32,58
Mn	1,18	1,10	1,21	1,16	1,06	12,9
Zn	1,25	0,96	0,93	0,90	4,82	56,82

Legenda: 1-SMIJ461-1 pequeno 2-SMIJ461-1 grande

3-SMIN IA90244 pequeno 4-SMNINIA90244 grande

Macronutrientes expressos em gKg^{-1} ; Micronutrientes expressos em mgKg^{-1}

Os valores encontrados nas amostras sólidas foram, em todas os tratamentos, superiores aos valores das amostras líquidas. Isso se deve as amostras sólidas serem retiradas do material antes da destilação, conseqüentemente tendo minerais em maiores concentrações, já que na destilação muito deles foram carreados.

TABELA 07 – Valores médios de concentração de minerais em amostras líquidas obtidos de tubérculos de tamanhos diferentes de dois clones de batata:

	1*	2**	3*	4**	Desvio padrão	CV(%)
N	1,08	1,31	0,16	0,60	0,51	64,76
P	0,04	0,06	0,03	0,07	0,018	36,00
K	1,54	1,26	1,36	1,72	0,2	13,60
Ca	0,04	0,03	0,03	0,29	0,13	133,33
Mg	0,08	0,05	0,06	0,15	0,045	52,94
S	0,04	0,02	0,04	0,04	0,01	28,57
B	N/A	N/A	N/A	N/A	-	-
Cu	0,01	0,25	0,18	0,61	0,19	52,41
Fe	1,92	5,27	1,00	21,80	9,71	129,50
Mn	1,82	0,61	0,54	2,12	0,81	63,65
Zn	N/D	0,16	N/D	2,78	1,85	125,85

Legenda: 1-SMIJ461-1pequeno 2-SMIJ461-1grande

3-SMIN IA90244 pequena 4-SMINIA90244 grande

Macronutrientes expressos em gKg^{-1} ; Micronutrientes expressos em mgKg^{-1}

Muitos trabalhos de pesquisa já foram realizados para determinação de teores de macronutrientes nos tubérculos, porém poucas informações estão disponíveis na literatura sobre os teores de micronutrientes nos tecidos vegetais da batateira.

Nas amostras sólidas obteve-se valor médio de Nitrogênio(N) de $14,42 \text{ gKg}^{-1}$, e nas amostras líquidas $0,78 \text{ g Kg}^{-1}$ de N. Os valores de Fósforo(P) foram maiores nas amostras sólidas (tabela 06) tendo valor médio de $1,12 \text{ gKg}^{-1}$ e nas amostras líquidas foi de $0,05 \text{ gKg}^{-1}$ de P.

Verificou-se que os valores de Potássio (K), foram maiores nas amostras sólidas. O valor médio encontrado no clone SMIJ461-1 foi de $6,65 \text{ gKg}^{-1}$ e no clone SMINIA90244 foi de $6,80 \text{ gKg}^{-1}$ (Tabela 06). Nas amostras líquidas, os valores foram menores. No clone SMIJ461-1 obteve valor médio de $1,4 \text{ gKg}^{-1}$ e no clone SMINIA90244 foi de $1,54 \text{ gKg}^{-1}$ (Tabela 07).

O potássio (K) é o nutriente absorvido em maior quantidade pela batateira sendo, particularmente, necessário para a translocação de açúcares, síntese de amido e portanto, para a obtenção de altas produções de tubérculos de boa qualidade. Muitos produtores têm adotado o sulfato de potássio como fonte de K, pois há o conceito de que a utilização de K_2SO_4 melhora a qualidade dos tubérculos (Reis Junior & Monnerat, 2001).

Na literatura existem vários trabalhos sobre a exportação de nutrientes pelos tubérculos de batata. Constata-se variações expressivas nas quantidades exportadas de nutrientes. Contudo, salienta-se que a quantidade de nutrientes exportadas é dependente da produção de matéria seca de tubérculos e concentração de nutrientes na matéria seca dos tubérculos (Maier, 1986 apud Reis Junior & Monnerat, 2001).

Os tubérculos de batata exportam do solo muito mais potássio do que outros nutrientes. A exportação de potássio é normalmente 1,5 vez a de nitrogênio e quatro a cinco vezes a de fósforo, enquanto que as exportações de magnésio, enxofre e cálcio são bem menores quando comparadas a de potássio, mas ainda significantes. A quantidade de nutrientes presente, tanto na parte aérea quanto nos tubérculos, fornecerá estimativas do requerimento nutricional para a cultura da batata (Reis Junior & Fontes, 1996).

Os valores de Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S) em valores médios nas amostras sólidas foram $1,09 \text{ mgKg}^{-1}$; $1,16 \text{ mgKg}^{-1}$; $1,01 \text{ mgKg}^{-1}$, respectivamente (Tabela 06). Nas amostras líquidas foram de Ca $0,09 \text{ mgKg}^{-1}$, Mg $0,08 \text{ mgKg}^{-1}$ e de S $0,14 \text{ mgKg}^{-1}$ (Tabela 07).

A composição química de tubérculo de batata, foram relatados em 100g de tubérculos frescos. Podemos observar valores de alguns elementos, como: Ca $9\text{mg}/100\text{g}$; P $50\text{mg}/100\text{g}$; Fe $0,8\text{mg}/100\text{g}$; K $295\text{mg}/100\text{g}$; Na $43\text{mg}/100\text{g}$; Mg $10\text{mg}/100\text{g}$; Mn $0,35\text{mg}/100\text{g}$; Zn $0,28\text{mg}/100\text{g}$ e Cu $0,2\text{mg}/100\text{g}$. Sabe-se que durante a fermentação parte dos nutrientes são consumidos no processo, e na destilação alguma fração ainda é carregada, por esta razão valores superiores são encontrados em tubérculos *in natura*.

Os valores de Boro(B) não foram analisados nas amostras líquidas (Tabela 07), por falta de adequação ao método, mas nas amostras sólidas (Tabela 06) foram detectados, em média, $6,67 \text{ mgKg}^{-1}$ (Tabela 6). Os valores de Cobre (Cu) não são expressivos. Temos o maior valor encontrado, no tubérculo maturo da amostra sólida, do clone SMIJ461-1 com $2,90\text{mgKg}^{-1}$; e o menor valor foi na amostra líquida (Tabela 07) do tubérculo imaturo do clone SMINIA90244 com $0,18\text{mgKg}^{-1}$.

Convém citarmos o cobre (Cu), pois o excesso deste é nocivo para o organismo por interferir nas atividades catalíticas normais de algumas enzimas. No presente estudo os

valores não foram significativos, comprovando a eficiência na assepsia do aparelho destilatório entre uma destilação e outra (Dalla Costa,2002).

A presença de Ferro (Fe), conforme a tabela 07, variou consideravelmente, atingindo o mínimo de $1,00\text{mgKg}^{-1}$ para a amostra líquida de tubérculos imaturos do clone SMINIA90244-3, e o máximo de $107,15\text{mgKg}^{-1}$ na amostra sólida (Tabela 06) de tubérculos imaturos do clone SMIJ461-1. Os valores mais elevados devem-se ao contato com materiais ou partes de ferro, presença comum em alambiques. O cobre e outros metais pesados como o Fe, Mn e Mo exercem importante efeito catalítico durante o envelhecimento de destilados no processo de oxidação, contribuindo para o processo de desenvolvimento de aroma (Litchev,1998 apud Dalla Costa, 2002).

Os menores valores foram encontrados no clone SMINIA90244-3 (tubérculo imaturo), em amostra líquida, com $0,54\text{mgKg}^{-1}$ de Manganês e não foi detectado Zinco (Tabela 07). Em média os valores de Manganês e Zinco ficaram em torno de $4,74\text{mgKg}^{-1}$ e $4,60\text{mgKg}^{-1}$, respectivamente.

Observa-se na tabela 06, valores de Manganês em torno de $9,7\text{mgKg}^{-1}$ e de Zinco em torno de $14,19\text{mgKg}^{-1}$ para o clone SMIJ461-1 (tubérculo imaturo), em amostra sólida.

Esses valores diferem dos encontrados em trabalhos avaliando a influência da adubação com cálcio, na composição mineral de tubérculos coletados na época da colheita, constataram que os teores de Mn e Zn na cultivar Russet Burbank foi de 11,3 e $17,0\text{g kg}^{-1}$ de matéria seca, respectivamente. Enquanto que, na cultivar Frontier foi de 13,4 e $18,8\text{g kg}^{-1}$ de matéria seca, respectivamente (Reis Junior & Monnerat, 2001).

5 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos e nas condições do experimento, pode-se chegar às seguintes conclusões:

- É possível obter álcool a partir da fermentação e destilação de tubérculos de batata (*Solanum tuberosum*).
- O rendimento em litros de álcool por Kg de batata foi considerável, em média aproximadamente 30%.
- O tamanho dos tubérculos de batata não está relacionado com o rendimento de álcool. Como os tubérculos pequenos são inadequados para a comercialização *in natura*, e altamente prejudiciais se ficarem na lavoura, surge uma alternativa viável, que seria a produção de álcool para o aproveitamento dos tubérculos pequenos, não comerciais.
- Observou-se grande similaridade entre os tratamentos, não havendo diferenças quanto a composição, volume de produção e rendimento do álcool obtido. Desta forma, é viável a produção de álcool, independente do tamanho de tubérculo. Surge então, uma nova alternativa para o comércio de tubérculos grandes, quando o preço de comercialização *in natura* não for satisfatório.
- De acordo com os valores de elementos minerais encontrados nos resíduos da destilação e fermentação, torna-se possível e viável sua utilização na adubação e também como suplementação alimentar.

6 PERSPECTIVAS

O assunto apresentado nesta dissertação é relevante, uma vez que se propõe a investigar alternativas para aproveitamento de produtos que seriam descartados na lavoura. Portanto, a complementação de algumas pesquisas aqui iniciadas seria muito pertinente.

Primeiramente, a adição de enzimas no processo de fermentação, que fariam a hidrólise do amido o que, com certeza, acarretaria um aumento no rendimento em álcool, bem como na graduação alcoólica.

Num segundo momento, verificar a utilização dos resíduos líquidos e sólidos, respectivamente, na adubação da lavoura e suplementação alimentar.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCARDE, J.C.; RODELLA, A.A. Qualidade e legislação de fertilizantes e corretivos. *In*: CURI, N. et al.. (Ed.). Top.Cienc. Solo. Viçosa: SBCS, v. 3, p. 291-334, 2003.

AQUARONE, E.; LIMA, V. A. BORZANI, W. **Alimentos e bebidas produzidos por fermentação**. São Paulo. Edgar Blucher, p. 70 – 103 (Biotecnologia, v. 5). 1983.

BATISTA, V. **Produção de Etanol**. 2002. 69p .Trabalho de conclusão de curso (Título de graduação em Engenharia de Alimentos) - Universidade Católica de Goiás, Goiás, Brasil, Dezembro, 2002.

BAYMA, C. Álcool de cana ou de milho? **Brasil Açucareiro**, p.36. 1985.

BIZELLI, L.C.; RIBEIRO, C.A.F.; NOVAES, F.V. Dupla destilação de aguardente de cana: teores de acidez total e de cobre. **Ciência Agrícola**, v.57, Piracicaba. Out/ Dez, 2000.

BOZA, Y.; HORII, J. Influência do grau alcoólico e da acidez do destilado sobre o teor de cobre na aguardente. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, vol.20, p.279-284, set.-dez. 2000.

BOZA, Y.; HORII, J. Influência da destilação sobre a composição e a qualidade sensorial da aguardente de cana de açúcar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, vol.18, out.-dez. 1998.

BRASIL, Decreto nº 2.314, de 04 de set. 1997. Dispõe sobre o registro, classificação, padronização, controle, inspeção e fiscalização de bebidas. **Diário Oficial da União**, Brasília, 05 de set., 1997.

CASTRO, M.M.S.; **Leveduras contaminantes do processo de fermentação alcoólica: diversidade taxonômica e metabólica**. Campinas, 1995. 124 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

CETEC. Processo produtivo do álcool de milho. In: SBRT - Boletim de resposta Técnica. São Paulo, 2004. Acesso:26/05/05. Disponível em: <http://sbrt.ibict.br/upload/sbrr92.pdf>.

CRISPIM, J.C. et al. **Manual da Produção de Aguardente de Qualidade**. Guaíba: Editora Agropecuária. 1998, 336p.

CRISPIM, J.C.; **Manual da Produção de Aguardente de Qualidade**. Guaíba: Editora Agropecuária. 2000, 336p.

CRUEGER, W; CRUEGER, A.; **Biotecnología: Manual de Microbiologia Industrial**. Zaragoza (España). Editora Acribia. 1993. 3ª edição.

DALLA COSTA, E. R. **Perfil Analítico das Aguardentes Produzidas na Região Central do Rio Grande do Sul**. 2002. 73p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS). **Sorgo Sacarino para a produção de álcool**. Sete Lagoas-MG. 1979.

FAO. Food and Agriculture organization of the United Nations. **Database Gateway**. Acesso em: 12/11/2003. Disponível em: <http://www.fao.org>

FAO. Food and Agriculture organization of the United Nations. **Database Gateway**. Acesso em: 02/10/2005. Disponível em: <http://www.fao.org>

FARIA, J.B.; CAMPOS, M.A.P. Eliminação do cobre contaminante das aguardentes de cana-de-açúcar brasileiras. **Alimentação e Nutrição**, v.1, p.117-28, 1989.

FREITAS, S.T.; RAMPELOTTO, M.V.; BISOGNIN, D.A.; et.al. Qualidade para processamento de clones de batata cultivados durante a primavera e outono no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 36, n. 1, p. 80-85, 2006.

GAVA, Altair Jaime; **Princípios de tecnologia de Alimentos**. São Paulo. Editora Nobel. 1998.

GIUDICI, P.; ZAMBONELLI, C.; KUNKEE, R.E. Increased production of n-propanol in wine by yeast strains having an impaired ability to form hydrogen sulfide. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 44, n. 1, p.17-21, 1993.

GUYMON, J. F. INGRAHAN, J. L.; CROWELL, E. A. The formation of n-propanol alcohol by *Saccharomyces cerevisiae*. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, New York, n.95, 1974.

GRANELLA, V. **Teores de Metanol, Álcoois Superiores e Rendimento do Mosto durante a Fermentação de Uvas com o uso de Enzimas Pectinolíticas**. 2004. 59 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos alimentos) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

_____, IBGE. (2004), **Anuário Estatístico do Brasil de 2004**, IBGE, Rio de Janeiro. Acesso em: 04/11/2005. Disponível em: WWW.ibge.org

KLEIN, S.L. Metanol e Etanol, São Paulo, 2006. [http: Acesso em: 16/10/05](http://inorgan221.iq.unesp.br/quimgeral/respostas/metanol_etanol.html). Disponível em: inorgan221.iq.unesp.br/quimgeral/respostas/metanol_etanol.html.

LEONEL, M., CEREDA, M. P. and ROAU, X. Aproveitamento do resíduo da produção de etanol a partir de farelo de mandioca, como fonte de fibras dietéticas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, vol.19, n.2, p.241-245, Maio 1999.

LEONEL, M. e CEREDA, M.P. Avaliação da concentração de pectinase no processo de hidrólise-sacarificação do farelo de mandioca para obtenção de etanol. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, vol.20, n.2, p.220-227, maio-ago. 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em 16 de abril de 2006.

LIMA NETO, B.S.; FRANCO, D.W. A aguardente e o controle químico de sua qualidade. **Engarrafador Moderno**, V. 4, N. 33, p. 5-8, 1994.

LIMA, Urgel de Almeida, et. al. **Biotecnologia Industrial: Processos Fermentativos e Enzimáticos** (vol. 3). São Paulo – SP. Editora Edgard Blucher. 2001. 1ª edição.

LONG, A.R.; CHISM, G.W. Physical and chemical methods of evaluation foods. Acesso em 8 jun. 2004. Disponível na Internet: <http://food.oregonstate.edu/research/test/reducing.html>

MAIA, A.B.R.A. Componentes Secundários da Aguardente. **STAB**, v.12, julho-agosto, 1994.

MAIA, A. B. R. A. PEREIRA, A. M.; LIMA, C. A. A.; CARVALHO, J. S.; RINCON, R. G.; CARVALHO, P. D.; NELSON, D. L. Fermentação alcoólica semi-contínua destinada a produção de aguardente. **Boletim SBCTA**, v.25, p.33-36, jan-jun, 1991.

MELO, P.E. Cultivares de batata potencialmente úteis para processamento na forma de fritura no Brasil e manejo para obtenção de tubérculos adequados. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 197, 1999.

NEIVA, J. L. **Produção de álcool etílico por fermentação**. Brasil Açucareiro. 27- 35, 1977.

NOVAES, F.V.; STUPIELLO, J.P.; OLIVEIRA, E.R. et al. **Apontamentos: I Curso de Extensão em tecnologia de aguardentes de cana**. Piracicaba: USP-ESALQ, 1974.

NYKÄNEN, L. Formation and Occurrence of Flavor Compounds in Wine and Distilled Alcoholic Beverages. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v.37, n.1, p.84-96, 1986.

PATERNIANI, E. **Perspectivas do milho para a produção de álcool**. In: REUNIAO BRASILEIRA DE MILHO E SORGO, 1980, Londrina. Anais... Londrina: IAPAR, 1980.

PASTORINI, L.H.; BACARIN, M.A.; TREVIZOL, F.C.; BERVALD, C.M.P.; FERNANDES, H.S. Produção e teor de carboidratos não estruturais em tubérculos de batata obtidos em duas épocas de plantio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, outubro/dezembro 2003.

RASOVSKY, E. M; **Álcool:destilaria**. Rio de Janeiro. Coleção Canavieira. 1973.nº 12.

REIS JUNIOR, R.A.; FONTES, P.C. Qualidade dos tubérculos em função de doses da adubação potássica. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.14, n.2, p.170-174, Novembro 1996.

REIS JUNIOR A., FONTES, P.C.R.; Morfologia e Partição de assimilados na batateira em função de época de amostragem e de doses de Potássio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.5, p.795-799, maio 1999.

REIS JÚNIOR, R.A.; MONNERAT, P.H. Exportação de nutrientes nos tubérculos de batata em função de doses de sulfato de potássio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 3, novembro 2001.

TEIXEIRA, C. G. et al. Produção de álcool etílico de colmos de sorgo sacarino em microdestilaria. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, Belo Horizonte, MG, 1986. **Resumos**. Sete Lagoas, EMBRAPA/ CNPMS.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. Centro de Ciências Rurais. Produção de Sementes. **Cultura da Batata**. Santa Maria. 2000.

VALSECHI, O. **Aguardente de cana-de-açúcar**. Piracicaba: USP – ESALQ. 119p., 1960.

VARGAS, E. A. & GLORIA, M. B. Qualidade da Aguardente de cana (*Saccharum officinarum*, L.) produzida, comercializada e/ou engarrafada no Estado de Minas Gerais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 15, n. 1, p.43 – 46, jan – jun.1995.

WARD, Owen; **Biotechnologia de la fermentacion**. Zaragoza (España). Editora Acribia. 1991.

YOKOYA, F. **Fabricação da Aguardente de Cana**. Campinas, Fundação Tropical de Pesquisa e Tecnologia “André Tosello”, 92p. (Série Fermentações industriais, 2), 1995.

ZENEON, O. et al. Metanol – Avaliação da Ocorrência de Intoxicação Causada pela Ingestão de Bebidas Alcoólicas no Estado de São Paulo. **Boletim SBCTA**, v. 30, n.1, p. 71-74, 1984.