

RENDIMENTO E COMPOSIÇÃO DAS AGUARDENTES DE CANA, LARANJA E UVA COM UTILIZAÇÃO DE LECITINA NO PROCESSO FERMENTATIVO

Yield and composition of sugar cane, orange and grape spirits using lecithin in the fermentation process

Francisco Vicente Gaiotto Cleto¹, Márcia Justino Rossini Mutton²

RESUMO

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito da adição de lecitina aos mostos de cana, laranja e uva sobre o rendimento e composição das aguardentes. O delineamento empregado para a análise estatística foi o de blocos casualizados, no esquema fatorial 2x3, empregando-se dois fatores - lecitina e mosto - em dois níveis para lecitina: ausência (índice um) e presença (índice dois); e em três níveis para mosto: cana, laranja e uva. A metodologia empregada foi a recomendada pelo setor aguardenteiro e as análises químicas dos componentes secundários foram realizadas por cromatografia gasosa e espectrofotometria. Pelos resultados, conclui-se que quando se adiciona lecitina aos mostos de cana, laranja e uva, o vinho obtido após a fermentação tem maior concentração de glicerol, e as aguardentes produzidas pela destilação têm maior concentração de isobutanol. Já nos mostos em que foi adicionada a lecitina, o rendimento alcoólico total das aguardentes foi menor do que nos mostos que não a recebeu. Os componentes secundários acetaldeído, acetato de etila e acidez total aumentaram com o aumento da acidez nos vinhos. Por outro lado, o propanol, isobutanol e álcool isoamílico aumentaram com os aumentos dos pH e das concentrações nos mostos, dos aminoácidos treonina, valina e leucina. A concentração do furfural foi maior nas aguardentes provenientes dos mostos de cana e laranja.

Termos para indexação: Lecitina, aguardente, componentes secundários, vinho, laranja, uva, cana-de-açúcar.

ABSTRACT

The present research was carried out to evaluate the effect of lecithin addition into sugar cane, orange and grape musts on the spirits yield and composition. The statistical design was randomized blocks, in 2x3 factorial array, using two factors: lecithin and must, two levels for lecithin (absence and presence); and three levels for must (sugar cane, orange and grape). The method used in this work is recommended by mills. The measurement of by-products was made through gas chromatography and spectrophotometry. The results showed that the lecithin addition into sugar cane, orange and grape increased the concentration of glycerol in these musts as well as the concentration of butyl alcohol in the spirits, and decreased the total alcoholic yield. Acetaldehyde, ethyl acetate and total acidity increased with the elevation of the acidity. On the other hand, propanol-1, butyl and isoamyl alcohols, increased with the elevation of the pH of the fermenting musts and the concentration of the amino acids threonine, leucine and valine in the musts. Furfural content was greater in the spirits made from the sugar cane and orange musts.

Index terms: Lecithin, spirits, by-products, orange, grape, musts.

(Recebido para publicação em 4 de dezembro de 2002 e aprovado em 7 de maio de 2003)

INTRODUÇÃO

O Brasil destaca-se na comunidade internacional como grande produtor de matérias-primas vegetais, por apresentar características essencialmente agrícolas. Não obstante, vivencia-se o momento em que é necessário ao país tornar-se grande produtor industrial, agregando valores à produção primária. Segundo estatísticas oficiais, a produção de aguardente no Brasil ultrapassa a marca de 1

bilhão de litros por ano. Entretanto, devido à falta de melhor elaboração do produto e conhecimentos técnico-científicos que possam cooperar para sua melhoria, as receitas obtidas com sua comercialização estão aquém daquelas recebidas por outros fabricantes de destilados, em outras partes do mundo, tais como uísque, rum, tequila, conhaque, vodca, entre outros, que utilizam alta tecnologia.

1. Engenheiro Agrônomo, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/MAPA.

2. Engenheiro Agrônomo, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária/UNESP, Campus de Jaboticabal, Departamento de Tecnologia, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, 14.884-900 – Jaboticabal, SP, Fone/fax: (016) 3209-2675/2676/2677. mjmut@fcav.unesp.br.

Muitos produtores de aguardente utilizam nos processos fermentativos coadjuvantes como o fubá, farelo de arroz e suco de limão, entre outros, objetivando a melhoria do destilado final (MAIA e NELSON, 1994), sem conhecerem as verdadeiras funções desses suplementos. A lecitina é o subproduto da fabricação do óleo de soja que contém em sua composição fosfatídeos e ácidos graxos, que são utilizados pelas leveduras no processo fermentativo. Não obstante, seu emprego requer maiores estudos.

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, "Brandy" ou aguardente de fruta é a bebida com graduação alcoólica de 36 a 54% em volume a 20°C, obtida do destilado alcoólico simples de fruta ou do mosto fermentado de fruta (BRASIL, 1997a). Aguardente de cana é a bebida com graduação alcoólica de 38 a 54% em volume a 20°C, obtida do destilado alcoólico simples de cana-de-açúcar ou pela destilação do mosto fermentado de cana-de-açúcar, podendo ser adicionada de açúcares até 6 g/L (BRASIL, 1997b). A fermentação dos mostos de cana-de-açúcar, laranja e uva produzem, além do álcool etílico, seu principal produto, vários outros componentes chamados secundários, como os aldeídos, metanol, álcoois superiores, ácidos, ésteres, cetonas, fenóis, mercaptanas, entre outros (MAIA, 1994). Apesar da pequena quantidade dessas substâncias, em relação à água e ao etanol, elas são determinantes na caracterização do "flavour", que é definido como sendo a mistura das sensações de aroma e sabor (STEVENS, 1960) e tem grande influência sobre a qualidade das aguardentes.

Considerando-se a importância do rendimento alcoólico e dos componentes secundários das aguardentes envolvendo a utilização de lecitina no processo fermentativo, destinado a produção de bebidas destiladas, com o presente estudo objetivou-se avaliar o efeito da lecitina em mostos de cana, laranja e uva, e seus reflexos sobre o rendimento e a composição das aguardentes obtidas.

MATERIAL E MÉTODOS

Os mostos utilizados foram obtidos de xarope de cana-de-açúcar e de sucos concentrados de laranja e de uva, obtidos em usina e fábricas de sucos concentrados da região de Jaboticabal - SP, na safra 1999/2000. As leveduras utilizadas na fermentação foram células de *Saccharomyces cerevisiae*.

Para o preparo dos pés-de-cuba, foram utilizadas 100 g de fermento prensado, dissolvido em água, adicionando-se em seguida 2,5 g de lecitina/L de mosto.

Após o preparo dos mostos (3100 mL) e a adição do inóculo ou pé-de-cuba (800 mL), iniciou-se a fermentação, a 32°C, que foi conduzida em batelada, com duração de 28 horas. No final da fase fermentativa, foram realizadas análises de brix, açúcares redutores residuais totais, acidez, pH, glicerol e contagens de bactérias e leveduras, segundo Copersucar (1987).

Concluída a etapa fermentativa, e tendo decantado todo o fermento, o vinho sobrenadante foi coletado para a destilação em um minialambique de vidro, com dispositivo de cobre e capacidade para 3 litros (Figura 1).

O destilado produzido foi coletado, sem a separação de "cauda" e "cabeça", para permitir a verificação dos reflexos da adição de lecitina e das diferenças nos mostos no processo fermentativo. Os componentes secundários presentes foram avaliados por cromatografia gasosa, empregando-se coluna Megabor DB Wax, temperaturas mínima de 20°C e máxima de 230 – 240°C (MONICK, 1986).

O delineamento empregado para análise estatística foi o de Blocos Casualizados, segundo Banzatto e Kronka (1992), no esquema fatorial 2x3, empregando-se 2 fatores: lecitina e mostos de cana, laranja e uva, sendo 2 níveis para lecitina: ausência (índice um) e presença (índice dois); e 3 níveis para mosto (cana, laranja e uva). O experimento, com seis repetições, foi realizado durante a safra 1999/2000. Da combinação entre os fatores, obtiveram-se os seguintes tratamentos: L₁M₁ (ausência de lecitina e mosto de cana); L₁M₂ (ausência de lecitina e mosto de laranja); L₁M₃ (ausência de lecitina e mosto de uva); L₂M₁ (presença de lecitina e mosto de cana); L₂M₂ (presença de lecitina e mosto de laranja); L₂M₃ (presença de lecitina e mosto de uva).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores das análises físico-químicas e microbiológicas dos mostos estão apresentados nos Quadros 1 e 2.

As leveduras utilizadas na fermentação foram células de *Saccharomyces cerevisiae*, cujas características químicas e microbiológicas estão apresentadas no Quadro 3.



FIGURA 1 – Minialambique de vidro empregado na destilação do vinho.

QUADRO 1 – Quantidades de alguns aminoácidos nos mostos de cana, laranja e uva.

Aminoácidos	Cana (mg/L)	Laranja (mg/L)	Uva (mg/L)
Treonina	1213,0	42,6	25,2
Leucina	84,0	15,2	10,6
Valina	229,0	50,5	12,6
TOTAL	1556,0	108,3	48,4

Fonte: Laranja – Coinbra-Frutesp S.A. – Bebedouro, SP; Uva – Embrapa – Bento Gonçalves, RS; Cana – Ital – Campinas, SP.

QUADRO 2 – Resultados médios das características químicas e microbiológicas dos mostos.

	Brix %	ART %	pH	Acidez Total (g H ₂ SO ₄ /L)	MCF (UFC . 10 ³ /mL)	PCA (UFC . 10 ⁴ /mL)	MRS (UFC . 10 ⁴ /mL)
Cana Média	15,4	14,0	6,7	0,6	5,5	1,5	7,6
Laranja Média	17,9	13,9	4,0	7,7	2,2	0,4	1,9
Uva Média	15,4	13,8	3,1	4,6	0,3	0,04	0,3

MCF = Contagem de Leveduras; PCA = Contagem de Microrganismos Totais; MRS = Contagem de bactérias (lactobacilos).

QUADRO 3 – Resultados médios das análises químicas e microbiológicas do fermento.

Fermento	Acidez Total (g H ₂ SO ₄ /L)	pH	Viabilidade (%)	MCF (UFC x 10 ¹⁰ /mL)	PCA (UFC x 10 ¹⁰ /mL)	MRS (UFC x 10 ⁶ /mL)
Médias	0,72	4,43	95,7	6,4	6,5	6,0

MCF = Contagem de Leveduras; PCA = Contagem de Microrganismos Totais; MRS = Contagem de bactérias (lactobacilos)

Pelos resultados de porcentagem alcoólica das aguardentes, verificou-se que não houve diferença significativa entre médias em relação aos fatores lecitina e mosto. Nas parcelas em que foi adicionada lecitina ao mosto, essas médias foram da ordem de 40,7% em volume, enquanto na testemunha, foi de 41,5%. As porcentagens alcoólicas médias das aguardentes obtidas foram de 41,5% em volume; 41,2% e 40,5%, respectivamente para uva, cana e laranja. Verificou-se que os fosfatídeos e ácidos graxos, existentes na lecitina, e as condições diferentes de acidez sulfúrica e pH dos mostos utilizados não influenciaram a via fermentativa da levedura.

Pelos resultados de rendimento alcoólico total (fermentação e destilação), constataram-se diferenças significativas entre os tratamentos com lecitina e mosto (Tabela 1). A média entre as parcelas que tiveram adição de lecitina foi 65,0% e a das sem lecitina, 66,2%, inferindo-se que a produção de etanol foi prejudicada pela adição desse componente.

As médias dos rendimentos alcoólicos das aguardentes obtidas dos mostos de uva, cana e laranja (Tabela 1) foram, respectivamente, 66,8%; 65,3%; 64,6%. Houve diferença entre as médias de uva e laranja (66,8% e 64,6%). O melhor rendimento foi o obtido para o vinho proveniente do mosto de uva, que apresentou as menores contagens bacterianas, e os menores valores de pH, indicando que os contaminantes encontraram condições adversas no meio e, como consequência, utilizaram menores quantidades de açúcares do mosto, resultando em melhores condições para o desenvolvimento das leveduras.

A adição da lecitina ao mosto deve ter estimulado a multiplicação das leveduras, através da via aeróbica (ciclo do ácido cítrico), em detrimento da via fermentativa. Os açúcares dissolvidos foram utili-

zados pelas leveduras para a multiplicação celular, por meio da respiração, ficando prejudicada a produção de etanol pela via anaeróbica. Resultados semelhantes foram obtidos por Duarte (1996), que constataram o efeito favorável da lecitina no desempenho fermentativo e no estímulo ao brotamento nas leveduras.

Quanto aos componentes secundários, as médias apresentadas na Tabela 1 mostraram não haver diferenças significativas em relação ao fator lecitina, o que não ocorreu com os componentes glicerol e isobutanol.

Em relação ao fator mosto, houve diferenças entre todas as médias analisadas.

Para o glicerol, observaram-se diferenças entre os fatores lecitina e mosto, o que permitiu constatar que quando se adiciona lecitina no processo, os vinhos obtidos apresentaram quantidades maiores desse composto. A média de glicerol para os tratamentos com lecitina foi de 10,8 mg/100 mL de álcool anidro, ou seja, 4,8% maior do que a dos sem lecitina, que foi de 10,3 mg/100 mL de a.a.

O esquema fatorial estatístico permite analisar separadamente os fatores mosto e lecitina. Quando se analisa o fator lecitina, o fator mosto permanece constante, e vice-versa. O aumento do glicerol nas parcelas que foi adicionada à lecitina se deve à hidrólise das moléculas dos fosfatídeos (fosfatidil colina, etanolamina e inositol) encontrados na lecitina, em consequência do pH ácido do meio fermentativo. Verifica-se que nos tratamentos em que foi adicionada lecitina, houve aumento do glicerol, devido à hidrólise dos fosfatídeos, além das quantidades produzidas de glicerol, pelo metabolismo da levedura, Connstein e Ludecke, citados por Amorim (1977).

TABELA 1 – Resultados das análises estatísticas do pH e acidez do vinho, componentes secundários e rendimento.

Causas de variação	pH do vinho	Acidez vinho	Glicerol	Rendimento	Acetaldeído	Acetato de etila	Acidez total	Furfural	Propanol-1	Isobutanol	Isoamílico
Média geral	3,8	3,9	10,5	65,6	62,3	35,4	44,5	1,4	34,0	96,7	215,0
Desvio padrão	0,07	0,2	10,7	1,6	14,5	3,1	5,0	0,9	7,1	20,5	40,3
Coefficiente de variação	1,8	4,6	7,0	2,5	23,3	8,9	11,3	66,1	21,1	21,2	18,7
Médias											
Tratamento com lecitina	3,8	4,0A	10,8A	65,0A	63,0A	35,0A	45,4A	1,2A	35,4A	103,9A	217,6A
Tratamento sem lecitina	3,8	3,9A	10,3B	66,2B	61,6A	35,9A	43,6A	1,6A	32,5A	89,4B	212,5A
Desvio mínimo significativo	0,05	0,1	0,5	1,1	10,0	2,2	3,4	0,6	4,9	14,1	27,6
Mosto de cana	4,2A	1,7C	11,2A	65,3AB	42,0C	33,7B	32,7B	1,9A	30,3B	140,7A	290,7A
Mosto de laranja	4,0B	6,1A	10,8A	64,6B	86,2A	37,9A	29,7B	1,6A	52,8A	111,1B	237,2B
Mosto de uva	3,1C	4,0B	9,5B	66,8A	58,6B	34,7B	71,2A	0,6B	18,9C	38,2C	117,2C
Desvio mínimo significativo	0,07	0,2	0,7	1,6	14,7	3,2	5,1	0,9	7,3	20,9	40,9

Unidade: mg/100mL de álcool anidro

Acidez: g/L de H₂SO₄

Glicerol: mg/100mL de vinho

Rendimento: %

Médias ao lado de letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Letras diferentes diferem a 5% de probabilidade

Não houve interação entre os fatores lecitina e mosto

As concentrações médias de glicerol nos vinhos, provenientes dos três mostos utilizados, foram maiores para os mostos com pH maiores: cana (pH 6,7) e laranja (pH 4,0), sendo 11,2 mg/100 mL de a.a. e 10,8 mg/100mL de a.a., respectivamente maiores do que as obtidas para o mosto de uva, que apresentou o menor pH (3,1) e 9,5 mg/100mL de a.a. de glicerol no vinho. Connstein e Ludecke, citados por Amorim (1977), concluíram que o aumento do pH do meio fermentativo provocava o aumento na produção de glicerol, que é formado pelas leveduras através da via glicolítica. O pH alcalino libera o grupo OH^- , que reage com o hidreto, necessário para a redução do aldeído a álcool, na reação de oxidação-redução, catalisada pela desidrogenase alcoólica. Dessa maneira, o equilíbrio inverso da reação é favorecido (AMORIM, 1977).

Quanto ao acetaldeído obtido nas aguardentes, as diferenças foram significativas para todas as médias analisadas (fator mosto), sendo 86,2 mg/100mL de a.a. para o acetaldeído proveniente do mosto fermentado de laranja e 58,6 mg/100mL de a.a. para o de uva, maiores do que o de cana, que foi de 42,0 mg/100mL de a.a. de acetaldeído.

Nesse caso, a matéria-prima influenciou sobre a composição da aguardente obtida. Quanto maior a acidez do vinho de laranja, uva e cana, que foi respectivamente de 6,1 g de $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{L}$; uva, 4,0; e cana, 1,7 (Tabela 1), maior a quantidade de acetaldeído nas aguardentes. Segundo Suomalainen e Lehtonen (1979), os aldeídos são de suma importância como compostos aromáticos, devido aos seus baixos valores sensoriais. A baixa acidez dos mostos de laranja e uva provoca a diminuição do pH do meio, liberando o íon H^+ , que reage com o íon OH^- , oxidando o álcool etílico a acetaldeído.

Para o acetato de etila, observaram-se diferenças significativas entre as duas médias analisadas. Elas foram não-significativas, para uva e cana, ou seja, 34,7 mg/100mL de a.a. e 33,7 mg/100mL de a.a., menores do que para a laranja (37,9 mg/100mL de a.a.), que se apresentou significativa em relação a elas. Verificou-se que quanto maior a acidez do mosto (Quadro 2) e maior a acidez do vinho (Tabela 1), maior a concentração de acetato de etila na aguardente obtida. Trabalho de Cleto e Mutton (1997) corrobora essas informações. A formação dos ésteres realiza-se pela reação da acetil-CoA, com um álcool, originando a CoA e um

éster Nordström (1964). A maior acidez do mosto de laranja pode ter incrementado a via metabólica da produção dos ésteres.

Na acidez total, observaram-se diferenças significativas para as duas médias analisadas. Elas foram para cana e laranja, respectivamente, 32,7 mg/100mL de a.a. e 29,7 mg/100mL de a.a., não-significativas, menores do que para uva (71,2 mg/100mL de a.a.), que foi significativa em relação às outras duas. Considerando-se a relação ao pH do mosto (Quadro 2) e a concentração de ácidos nas aguardentes, observou-se comportamento inverso, ou seja, o mosto com menor pH (uva) apresentou maior concentração de ácidos. O menor valor de pH pode ter incrementado as vias metabólicas da levedura, que produzem os ácidos graxos de cadeia curta. Zee (1984), analisando "brandies" (destilados de uva), concluíram que o aumento da acidez reduz a apreciação sensorial dos destilados.

O furfural não é formado durante a fermentação alcoólica. Sua presença, no caso da cana, foi constatada no destilado devido à desidratação parcial de pequenas quantidades de pentoses provenientes de cana queimada na colheita (MAIA, 1994). Diferenças significativas para as duas médias analisadas foram observadas para cana e laranja, respectivamente, 1,9 mg/100mL de a.a. e 1,6 mg/100mL de a.a., maiores que as de uva (0,6 mg/100mL de a.a.).

Para o propanol-1, pelos números, infere-se que há diferenças significativas para todas as médias analisadas. Elas foram para laranja e cana, respectivamente, 52,8 mg/100mL de a.a. e 30,3 mg/100mL de a.a., maiores do que para uva (18,9 mg/100mL de a.a.). Rankine (1967) verificou que o aumento do pH de 3,0 para 4,2 no processo fermentativo, utilizando-se quatro leveduras, produziu 28% a mais de álcoois isoamílico e amílico ativo, 85% a mais de isobutanol e 11% a mais de propanol. Neste estudo, verificou-se que o pH dos vinhos de uva, laranja e cana foram respectivamente, 3,1; 4,0; 4,2 (Tabela 1). Observou-se que as concentrações do propanol, isobutanol e isoamílico nas aguardentes obtidas aumentaram à medida que os pHs dos vinhos foram aumentando, confirmando os resultados obtidos por Rankine (1967).

Segundo Reazin (1973), os álcoois propílico, d-amílico e isoamílico são produzidos, em parte, pelo me-

tabolismo do aminoácido treonina, pelas leveduras. Conforme os dados do Quadro 1, a maior quantidade da treonina nos mostos de cana e laranja pode ter promovido maior atividade da via metabólica relativa à formação do ácido α cetobutírico e, posteriormente, do álcool propílico.

Pelas análises estatísticas para o isobutanol, constatou-se que houve diferença significativa quando se analisaram as médias dos fatores lecitina e mosto. Com os resultados pôde-se verificar que quando se adiciona lecitina nos mostos, as aguardentes obtidas apresentam quantidades maiores de isobutanol. A média para os tratamentos nos quais foi adicionada lecitina foi 103,9 mg/100mL de a.a., maior do que a que não foi adicionada (89,4 mg/100mL de a.a.). Esses resultados foram corroborados por Gutierrez (1990) que, utilizando os ácidos palmítico, oléico e linoléico, trabalhando com *S. cerevisiae* em fermentações com mosto a concentrações de 14 a 16% de sacarose, observou maior produção de álcoois superiores (propílico, isobutílico e isoamílico). Na lecitina, os ácidos oléico e linoléico encontram-se em altas concentrações. Quanto ao fator mosto, observaram-se diferenças significativas para todas as médias analisadas. Elas foram para cana e laranja, respectivamente, 140,7 mg/100mL de a.a. e 111,1 mg/100mL de a.a., maiores do que para uva (38,2 mg/100mL de a.a.).

Engan (1970), estudando os álcoois superiores em cerveja, constatou que a adição da valina no meio fermentativo aumentava a concentração do isobutanol, que é formado do ceto ácido, correspondente a esse aminoácido, obtido de sua descarboxilação e posterior redução. O ceto ácido pode ser derivado da valina, existente no meio fermentativo, ou sintetizado de outras fontes de carbono pela mesma via que o correspondente aminoácido (esquema Ehrlich-Neubauer e Fromherz), Guymon (1961). Conforme dados do Quadro 1, a maior quantidade de valina nos mostos de laranja e cana pode ter promovido maior atividade das vias metabólicas da levedura, relativas à valina, resultando no aumento da concentração do isobutiraldeído e, posteriormente, do isobutanol. Resultados semelhantes foram obtidos por Cleto e Mutton (1997) e Cleto (1997), trabalhando com a adição de fubá (rico em valina), no processo fermentativo.

Para o álcool isoamílico, observaram-se diferenças em todas as médias analisadas. Elas foram para cana e laranja, respectivamente, 290,7 mg/100mL de a.a. e 237,2 mg/100mL de a.a., maiores do que para uva (117,2 mg/100mL de a.a.).

Segundo Engan (1970), Guymon (1961), Maia (1994) e Cleto (1997), a concentração do álcool isoamílico é incrementada pela conversão do aminoácido leucina, pela levedura, conforme o esquema de Ehrlich-Neubauer e Fromherz, Guymon (1961), na fermentação alcoólica.

CONCLUSÕES

A utilização da lecitina no processo fermentativo diminuiu o rendimento alcoólico, proporcionando o aumento das concentrações de glicerol no vinho e do álcool isoamílico nas aguardentes obtidas. As matérias-primas utilizadas (mostos de cana, laranja e uva) influenciaram o rendimento alcoólico e a concentração dos componentes secundários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIM, H. V. **Introdução à bioquímica da fermentação alcoólica**. Araras: Planalsucar, 1977. 95 p.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 247 p.
- BRASIL. **Decreto n. 2.314, de 4 de set. de 1997**. Dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. Brasília, cap. IV, Seção IV, Art. 96a. 1997a.
- BRASIL. **Decreto n. 2.314 de 4 de set. de 1997**. Dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. Brasília, cap. IV, Seção IV, Art. 91b. 1997b.
- CLETO, F. V. G. **Influência da adição do ácido sulfúrico e fubá de milho no processo fermentativo, rendimento e composição da aguardente**. 1997. 109 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1997.
- CLETO, F. V. G.; MUTTON, M. J. R. Rendimento e qualidade da aguardente de cana produzida utilizando fermento tratado com ácido e fubá de milho. **Stab – Açúcar, Álcool e Subprodutos**, [S.l.], v. 16, n. 2, p. 38-40, 1997.

- COPERSUCAR. **Fermentação**. Piracicaba: Centro de Tecnologia Copersucar, 1987. 434 p.
- DUARTE, M. C. T. Effect of lecithin and of soy oil on the fermentative performance of *Saccharomyces uvarum* IZ 1904. **Journal of the Brazilian Society for Microbiology**, São Paulo, v. 27, p. 255-262, 1996.
- ENGAN, S. The influence of some amino acids on the formation of higher aliphatic alcohol and esters. **Journal of the Institute of Brewing**, Brewing, v. 76, p. 254-256, 1970.
- GUTIERREZ, L. E. Capacidade fermentativa de *Saccharomyces cerevisiae* enriquecida de ácidos graxos. **Anais ESALQ**, Piracicaba, v. 47, parte 2, p. 575-595, 1990.
- GUYMON, J. F. The formation of n-propanol by *Saccharomyces cerevisiae*. **Archives Biochemistry Biophysics**, New York, v. 95, p. 163-168, 1961.
- MAIA, A. B. R. A. Componentes secundários da aguardente. **Stab Açúcar, Álcool e Subprodutos**, [S.l.], v. 12, n. 6, p. 29-33, 1994.
- MAIA, A. B. R. A.; NELSON, D. Comparative study of soy and corn flours on the of alcoholic fermentation in successive batches. **Journal Chemical Technology Biotechnology**, v. 59, p. 171-179, 1994.
- MONICK, J. A. **Alcohol**: their chemistry, properties and manufacture. New York: Renhold Book, 1986. 576 p.
- NORDSTRÖM, K. Formation of esters from acids by brewer's yeast: II. formation from lower fatty acids. **Journal of the Institute of Brewing**, Brewing, v. 70, p. 42-55, 1964.
- RANKINE, B. C. Formation of higher alcohols by wine yeasts. **Journal Science Food Agricultural**, London, v. 18, p. 583-589, 1967.
- REAZIN, G. Production of higher alcohols from threonine and isoleucine in alcoholic fermentations of different types of grain mash. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 21, n. 1, p. 50-54, 1973.
- STEVENS, R. Beer Flavour: I. volatile products of fermentation: a review. **Journal of the Institute of Brewing**, Brewing, v. 66, p. 456-471, 1960.
- SUOMALAINEN, H.; LEHTONEN, M. The production of aroma compounds by yeast. **Journal of the Institute of Brewing**, Brewing, v. 85, p. 149-156, 1979.
- ZEE, J. Comparative composition of fusel oils in brandies made from six grape varieties and their relationship with sensory analysis. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, London, p. 54-59, 1984.