

**AUTORES**  
AUTHORS

✉ **Maria Djiliah C. A. de SOUZA**

Bolsista de doutorado (CNPq) do Instituto de Pesquisas  
Energéticas e Nucleares (IPEN-CNEN/SP)  
Travessa R, 400 - Cidade Universitária  
05508-900 São Paulo-SP

**Nélida Lucia DEL MASTRO**

Pesquisadora colaboradora do Instituto de Pesquisas  
Energéticas e Nucleares (IPEN-CNEN/SP)  
e bolsista CNPq de Produtividade em Pesquisa

**RESUMO**

Este trabalho teve como propósito estudar o efeito da radiação gama na qualidade de aguardentes de cana-de-açúcar, através da cromatografia gasosa e da análise sensorial. Foi observada a correlação entre as doses de radiação aplicadas e as concentrações de acetaldeído, ésteres, álcoois superiores, metanol e o grau alcoólico em todas as amostras. Foi encontrada correlação entre o pH e a radiação em todas as amostras de aguardentes Paulistas e Cearenses. As concentrações de metanol aumentaram por ação da radiação, no entanto, estas permaneceram muito inferiores ao limite máximo estabelecido pela legislação brasileira. Houve queda do pH na maioria das aguardentes, quando estas foram irradiadas. Foi verificada uma leve descoloração das amostras por ação da radiação. De acordo com os resultados da análise sensorial, não houve diferença significativa na aceitação das amostras, em relação ao aroma, sabor e impressão global, mas sim em relação à cor.

**SUMMARY**

This paper describes the study of the effect of gamma radiation on the quality of sugar cane spirit by gas chromatography analysis of volatile compounds and sensory analysis. A correlation between acetaldehyde, esters, higher alcohols, methanol contents, alcoholic graduation and radiation dose was found in all of the sugar cane spirits. There was found correlation between pH and radiation for spirits from Sao Paulo and Ceara. An increase in methanol concentration was verified, although remaining enough below the maximum permissible limit accepted by the Brazilian legislation. A decrease in pH in most of the irradiated samples was observed. A slight discoloration of the irradiated samples was verified. The sensory analysis showed that no significant difference due to irradiation related to odor, taste, global impression was verified, with the exception of color.

**PALAVRAS-CHAVE**  
KEY WORDS

Radiação gama; Aguardente de cana-de-açúcar;  
Cromatografia gasosa; Análise sensorial / Gamma  
radiation; Sugar cane spirit; Gas chromatography;  
Sensory analysis.

## 1. INTRODUÇÃO

A irradiação vem sendo apresentada como uma técnica alternativa na preservação de alimentos. Além da descontaminação a frio, a radiação pode incrementar a qualidade de certos produtos através da melhoria de propriedades tecnológicas (KOOIJ, 1981). No setor de bebidas alcoólicas, a utilização da radiação ionizante tem se limitado a experimentos com vinhos, uísques e cervejas, em países como a Tailândia e a China. O propósito desta técnica, nestes casos, tem sido acelerar o envelhecimento, melhorar as características sensoriais e esterilizar os mostos (DIEHL, 1990; GUOZHU; XIAOLING, 1993).

No âmbito internacional, já existem parâmetros definidos que servem de base para a determinação da qualidade de bebidas fermentadas, como, vinho, cerveja e bebidas destiladas, como, conhaque, saquê, rum e uísque. Vinhos, uísques e conhaques têm sido analisados através da cromatografia gasosa (PIGOTT et al., 1989). No Brasil, SOUZA; LLISTÓ (1978) utilizaram a cromatografia gasosa para analisar os congêneres de aguardentes de cana-de-açúcar.

O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito da radiação gama na qualidade de aguardentes de cana-de-açúcar, através da cromatografia gasosa e da análise sensorial.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Obtenção das amostras

Foram utilizadas amostras de aguardente de cana-de-açúcar, recém-distiladas (1 semana de fabricação) obtidas na destilaria experimental do Departamento de Tecnologia Sucro-Alcooleira da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da USP e na Indústria Muller de Bebidas.

Amostras de aguardente de cana-de-açúcar produzidas em diferentes regiões, Estado de São Paulo (Velho Barreiro), Estado do Ceará (Ypióca) e Estado do Rio de Janeiro (Nega Fulô), obtidas no comércio foram também utilizadas.

As cachaças (1 amostra de cada tratamento) foram transferidas de suas embalagens originais e irradiadas em frascos de vidro (Pyrex) e tonéis de carvalho (*Quercus alba* sp) de 1L., empregando uma fonte de <sup>60</sup>Co Gammacell 220 (AECL), taxa de dose de  $\cong 7,7$  kGy/h com doses de 0; 0,1; 2; 5 e 10 kGy. Após a irradiação, as amostras ficaram acondicionadas em frascos de vidro (25mL) tampados e armazenados sob refrigeração. As análises foram realizadas 1 dia após a irradiação.

### 2.2 Determinações físico-químicas

As determinações analíticas de compostos voláteis foram efetuadas por meio de um cromatógrafo a gás, com detector de ionização de chama utilizando coluna CG-Megabore 745. As condições experimentais foram as

seguintes: temperatura do injetor: 150°C; temperatura do detector: 180°C; temperatura da coluna: 40°C; fluxo de H<sub>2</sub> para o DIC: 30mL/min; fluxo de ar para o DIC: 300mL/min; gás de arraste (N<sub>2</sub>): 7mL/min e volume de injeção: 1,0μL.

A identificação dos compostos voláteis (acetaldeído, ésteres e álcoois superiores) das amostras de aguardente baseou-se na comparação dos tempos de retenção de compostos desconhecidos com os de padrões, nas mesmas condições de trabalho. Os compostos foram quantificados pelo método de padronização interna (n-butanol). Os resultados foram analisados por regressão linear (SPIEGEL, 1994).

A graduação alcoólica foi medida no alcoômetro de Gay-Lussac, segundo as normas do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985). O pH foi determinado em pHmetro Analyser modelo pH 300. As mudanças de cor foram medidas pela absorção a 420nm em um espectrofotômetro Shimadzu UV1601.

Todas as análises foram feitas em triplicatas.

### 2.3 Análise sensorial

Neste item do trabalho, as amostras de aguardente recém-distiladas (ESALQ e MULLER) e comerciais provenientes dos Estados de São Paulo, Ceará e Rio de Janeiro foram transferidas de suas embalagens originais e irradiadas em frascos de vidro (Pyrex) e tonéis de carvalho (*Quercus alba* sp) de 1L., empregando uma fonte de <sup>60</sup>Co Gammacell 220 (AECL), taxa de dose de  $\cong 7,7$  kGy/h com dose de 5kGy. Após a irradiação, as amostras ficaram acondicionadas em frascos de vidros (1L) para transporte e posterior análise. Os testes foram realizados durante a semana seguinte à irradiação.

As amostras recém-distiladas irradiadas e não-irradiadas foram submetidas a testes de aceitação em relação ao aroma, sabor, impressão global e cor no laboratório de qualidade da Indústria Muller de Bebidas.

As amostras comerciais de aguardente provenientes dos Estados de São Paulo, Ceará e Rio de Janeiro não irradiadas e irradiadas foram submetidas a testes de aceitação, em relação ao aroma, sabor, impressão global e cor, por uma equipe de 30 pessoas, constituída por professores, alunos e funcionários da faculdade de Ciências Farmacêuticas, UNESP/Araraquara, com idade entre 20 e 45 anos, em cabines individuais, sendo utilizadas escalas hedônicas não-estruturadas, de 9 centímetros que variavam do "desgostei muitíssimo" ao "gostei muitíssimo". Para os testes de aroma, sabor e impressão global, as amostras foram apresentadas de forma monádica, em cálices vermelho-opacos, codificados com algarismos de três dígitos com vidro de relógio, que eram retirados no momento do teste. Para o teste de cor, as amostras foram apresentadas em cálices codificados transparentes, sobre superfície branca em blocos completos casualizados. Os resultados foram analisados por testes de média de Tukey ( $p \leq 0,05$ ), análise de variância univariada (ANOVA) e análise dos histogramas da frequência da distribuição das notas dadas pelos provadores.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 1, 2, 3 e 4 são apresentados os resultados das análises cromatográficas.

De acordo com a legislação brasileira (BRASIL, 1997), a concentração máxima de metanol permitida é 197mg/100mL álcool anidro ou 0,25mL/100mL álcool anidro.

A Tabela 4 apresenta os teores médios de metanol das amostras de aguardente de cana-de-açúcar não-irradiadas e irradiadas em recipiente de vidro e tonel de madeira.

Os teores de metanol aumentaram por ação da radiação, no entanto, estes permaneceram muito inferiores ao limite máximo estabelecido pela Legislação Brasileira (BRASIL, 1997).

Na Tabela 5 são apresentados os resultados da medida da graduação alcoólica. O intervalo definido na legislação brasileira (BRASIL, 1997) é de 38 a 54°GL.

Todas as amostras avaliadas apresentaram valores dentro do intervalo permitido pela legislação.

Foram determinados os valores de pH das amostras de aguardente. Os dados são apresentados na Tabela 6.

Segundo SILVA JÚNIOR (1999), a diminuição do pH é característica de aguardente envelhecida. Foi constatada a diminuição deste índice na maioria das amostras, quando estas foram irradiadas.

Nas Tabelas 7 e 8, encontram-se os valores de  $r$  e  $R^2$ , respectivamente, para os parâmetros identificados nas Tabelas 1, 2, 3, 4, 5 e 6.

**TABELA 1.** Valores médios de concentração de acetaldeído (g/100mL álcool anidro) em aguardentes de cana-de-açúcar não-irradiadas e irradiadas em recipiente de vidro (v) e tonel de madeira (m).

Tratamento	Muller	ESALQ	Paulista	Cearense	Carioca
0kGy (v)	0,009 ± 0,001	0,015 ± 0,001	0,009 ± 0,002	0,011 ± 0,002	0,007 ± 0,002
0,1kGy (v)	0,010 ± 0,002	0,015 ± 0,002	0,016 ± 0,002	0,016 ± 0,002	0,007 ± 0,001
2kGy (v)	0,009 ± 0,015	0,014 ± 0,001	0,022 ± 0,001	0,019 ± 0,002	0,018 ± 0,002
5kGy (v)	0,011 ± 0,002	0,017 ± 0,002	0,028 ± 0,003	0,024 ± 0,003	0,019 ± 0,001
10kGy (v)	0,026 ± 0,001	0,028 ± 0,001	0,033 ± 0,003	0,028 ± 0,003	0,034 ± 0,002
0kGy (m)	0,009 ± 0,002	0,011 ± 0,002	0,009 ± 0,002	0,010 ± 0,002	0,007 ± 0,002
0,1kGy (m)	0,010 ± 0,002	0,013 ± 0,002	0,010 ± 0,002	0,015 ± 0,002	0,006 ± 0,004
2kGy (m)	0,011 ± 0,001	0,016 ± 0,002	0,017 ± 0,001	0,024 ± 0,003	0,013 ± 0,001
5kGy (m)	0,025 ± 0,001	0,022 ± 0,002	0,024 ± 0,003	0,030 ± 0,002	0,021 ± 0,004
10kGy (m)	0,036 ± 0,001	0,034 ± 0,002	0,033 ± 0,002	0,039 ± 0,002	0,036 ± 0,002

**TABELA 2.** Valores médios de concentração de ésteres (g/100mL álcool anidro) em aguardentes de cana-de-açúcar não-irradiadas e irradiadas em recipiente de vidro (v) e tonel de madeira (m).

Tratamento	Muller	ESALQ	Paulista	Cearense	Carioca
0kGy (v)	0,014 ± 0,002	0,022 ± 0,002	0,011 ± 0,002	0,013 ± 0,002	0,023 ± 0,003
0,1kGy (v)	0,014 ± 0,004	0,025 ± 0,002	0,023 ± 0,002	0,016 ± 0,003	0,023 ± 0,002
2kGy (v)	0,015 ± 0,002	0,030 ± 0,001	0,030 ± 0,002	0,019 ± 0,001	0,030 ± 0,002
5kGy (v)	0,017 ± 0,002	0,035 ± 0,001	0,035 ± 0,001	0,024 ± 0,003	0,038 ± 0,002
10kGy (v)	0,032 ± 0,001	0,037 ± 0,002	0,044 ± 0,002	0,025 ± 0,002	0,055 ± 0,004
0kGy (m)	0,011 ± 0,001	0,021 ± 0,002	0,014 ± 0,002	0,012 ± 0,003	0,027 ± 0,001
0,1kGy (m)	0,012 ± 0,002	0,024 ± 0,002	0,016 ± 0,003	0,016 ± 0,002	0,029 ± 0,004
2kGy (m)	0,012 ± 0,002	0,028 ± 0,001	0,020 ± 0,002	0,025 ± 0,003	0,031 ± 0,003
5kGy (m)	0,024 ± 0,001	0,034 ± 0,002	0,028 ± 0,001	0,035 ± 0,002	0,040 ± 0,006
10kGy (m)	0,026 ± 0,002	0,041 ± 0,005	0,034 ± 0,002	0,043 ± 0,003	0,040 ± 0,002

**TABELA 3.** Valores médios de concentração de álcoois superiores (g/100mL álcool anidro) em aguardentes de cana-de-açúcar não-irradiadas e irradiadas em recipiente de vidro (v) e tonel de madeira (m).

Tratamento	Muller	ESALQ	Paulista	Cearense	Carioca
0kGy (v)	0,112 ± 0,009	0,231 ± 0,008	0,320 ± 0,005	0,235 ± 0,006	0,270 ± 0,003
0,1kGy (v)	0,117 ± 0,009	0,237 ± 0,009	0,326 ± 0,006	0,246 ± 0,005	0,275 ± 0,003
2kGy (v)	0,122 ± 0,007	0,243 ± 0,007	0,328 ± 0,004	0,263 ± 0,005	0,329 ± 0,003
5kGy (v)	0,121 ± 0,009	0,274 ± 0,005	0,332 ± 0,007	0,280 ± 0,009	0,337 ± 0,003
10kGy (v)	0,236 ± 0,008	0,273 ± 0,004	0,338 ± 0,003	0,300 ± 0,003	0,422 ± 0,004
0kGy (m)	0,150 ± 0,008	0,207 ± 0,007	0,275 ± 0,005	0,257 ± 0,007	0,258 ± 0,003
0,1kGy (m)	0,177 ± 0,008	0,219 ± 0,008	0,281 ± 0,006	0,294 ± 0,006	0,280 ± 0,006
2kGy (m)	0,200 ± 0,005	0,228 ± 0,003	0,286 ± 0,002	0,307 ± 0,003	0,298 ± 0,004
5kGy (m)	0,232 ± 0,009	0,262 ± 0,005	0,292 ± 0,001	0,338 ± 0,006	0,312 ± 0,005
10kGy (m)	0,231 ± 0,003	0,269 ± 0,007	0,298 ± 0,006	0,350 ± 0,006	0,323 ± 0,006

**TABELA 4.** Valores médios de concentração de metanol (mg/100mL álcool anidro) em aguardentes de cana-de-açúcar não-irradiadas e irradiadas em recipiente de vidro (v) e tonel de madeira (m).

Tratamento	Muller	ESALQ	Paulista	Cearense	Carioca
0kGy (v)	2,117 ± 0,047	5,000 ± 0,200	4,197 ± 0,031	5,200 ± 0,036	7,630 ± 0,002
0,1kGy (v)	2,12 ± 0,040	5,200 ± 0,200	4,587 ± 0,080	5,600 ± 0,140	7,797 ± 0,025
2kGy (v)	2,190 ± 0,021	5,800 ± 0,100	4,957 ± 0,035	5,900 ± 0,0200	8,010 ± 0,050
5kGy (v)	2,277 ± 0,031	6,300 ± 0,100	6,703 ± 0,025	7,300 ± 0,026	8,203 ± 0,021
10kGy (v)	2,388 ± 0,108	6,533 ± 0,153	7,410 ± 0,020	7,497 ± 0,031	8,560 ± 0,070
0kGy (m)	1,990 ± 0,020	4,433 ± 0,208	4,000 ± 0,026	4,807 ± 0,015	5,917 ± 0,051
0,1kGy (m)	2,00 ± 0,025	4,600 ± 0,200	4,223 ± 0,040	4,903 ± 0,025	6,103 ± 0,083
2kGy (m)	2,187 ± 0,021	8,767 ± 0,208	5,107 ± 0,025	9,613 ± 0,025	8,763 ± 0,060
5kGy (m)	4,520 ± 0,030	10,667 ± 2,237	7,000 ± 0,053	11,617 ± 0,035	11,017 ± 0,057
10kGy (m)	4,771 ± 0,030	12,700 ± 0,721	9,007 ± 0,031	12,350 ± 0,032	13,727 ± 0,035

**TABELA 5.** Graduação alcoólica (°GL) em aguardentes de cana-de-açúcar não-irradiadas e irradiadas em recipiente de vidro (v) e tonel de madeira (m).

Tratamento	Muller	ESALQ	Paulista	Cearense	Carioca
0kGy (v)	44 ± 0,1	44 ± 0,1	40 ± 0,1	40 ± 0,1	43 ± 0,1
0,1kGy (v)	44 ± 0,1	44 ± 0,1	40 ± 0,1	40 ± 0,1	42 ± 0,1
2kGy (v)	44 ± 0,1	44 ± 0,1	39 ± 0,1	39 ± 0,1	42 ± 0,1
5kGy (v)	43 ± 0,1	43 ± 0,1	39 ± 0,1	39 ± 0,1	41 ± 0,1
10kGy (v)	43 ± 0,1	43 ± 0,1	38 ± 0,1	38 ± 0,1	40 ± 0,1
0kGy (m)	42 ± 0,1	42 ± 0,1	39 ± 0,1	40 ± 0,1	42 ± 0,1
0,1kGy (m)	42 ± 0,1	42 ± 0,1	39 ± 0,1	40 ± 0,1	42 ± 0,1
2kGy (m)	42 ± 0,1	42 ± 0,1	39 ± 0,1	39 ± 0,1	41 ± 0,1
5kGy (m)	41 ± 0,1	41 ± 0,1	38 ± 0,1	38 ± 0,1	41 ± 0,1
10kGy (m)	41 ± 0,1	41 ± 0,1	38 ± 0,1	38 ± 0,1	40 ± 0,1

**TABELA 6.** Valores médios de pH em aguardentes de cana-de-açúcar não-irradiadas e irradiadas em recipiente de vidro (v) e tonel de madeira (m).

Tratamento	Muller	ESALO	Paulista	Cearense	Carioca
0kGy (v)	4,98 ± 0,071	4,80 ± 0,060	4,62 ± 0,080	4,88 ± 0,060	4,33 ± 0,056
0,1kGy (v)	4,70 ± 0,083	4,78 ± 0,050	4,59 ± 0,055	4,68 ± 0,035	4,26 ± 0,050
2kGy (v)	4,52 ± 0,040	4,50 ± 0,040	4,35 ± 0,070	4,51 ± 0,040	4,15 ± 0,046
5kGy (v)	4,50 ± 0,025	4,48 ± 0,040	4,12 ± 0,047	4,37 ± 0,055	4,10 ± 0,015
10kGy (v)	4,48 ± 0,015	4,48 ± 0,050	4,02 ± 0,046	4,29 ± 0,050	4,08 ± 0,017
0kGy (m)	4,94 ± 0,095	4,90 ± 0,095	4,30 ± 0,030	4,44 ± 0,067	4,28 ± 0,020
0,1kGy (m)	4,80 ± 0,050	4,87 ± 0,090	4,26 ± 0,055	4,33 ± 0,070	4,22 ± 0,055
2kGy (m)	4,44 ± 0,070	4,47 ± 0,070	4,19 ± 0,026	4,21 ± 0,030	4,13 ± 0,040
5kGy (m)	4,43 ± 0,060	4,40 ± 0,060	4,17 ± 0,036	4,18 ± 0,040	4,09 ± 0,015
10kGy (m)	4,38 ± 0,114	4,38 ± 0,060	4,07 ± 0,046	4,05 ± 0,050	4,10 ± 0,020

**TABELA 7.** Fator de correlação r dos parâmetros analisados em função da dose.

	Acetaldeído	Ésteres	Álc. superiores	Metanol	G.L.	pH
Muller (v)	0,969	0,971	0,915	0,992	-0,886	-0,706
ESALO (v)	0,980	0,875	0,846	0,881	-0,886	-0,694
Paulista (v)	0,899	0,904	0,963	0,954	-0,947	-0,932
Cearense (v)	0,996	0,892	0,982	0,901	-0,947	-0,878
Carioca (v)	0,974	0,998	0,965	0,972	-0,948	-0,752
Muller (m)	0,980	0,925	0,893	0,926	-0,886	-0,798
ESALO (m)	0,913	0,967	0,919	0,869	-0,886	-0,761
Paulista (m)	0,965	0,963	0,946	0,998	-0,886	-0,921
Cearense (m)	0,974	0,962	0,875	0,890	-0,887	-0,869
Carioca (m)	0,999	0,980	0,868	0,986	-0,947	-0,770

**TABELA 8.** Fator de correlação R<sup>2</sup> dos parâmetros analisados em função da dose.

	Acetaldeído	Ésteres	Álc. superiores	Metanol	G.L.	pH
Muller (v)	0,939	0,943	0,837	0,984	0,785	0,498*
ESALO (v)	0,960	0,766	0,716	0,776	0,785	0,482*
Paulista (v)	0,808	0,817	0,927	0,910	0,897	0,869
Cearense (v)	0,992	0,795	0,964	0,811	0,897	0,771
Carioca (v)	0,947	0,996	0,931	0,945	0,899	0,566*
Muller (m)	0,960	0,856	0,797	0,857	0,785	0,637*
ESALO (m)	0,834	0,935	0,845	0,755	0,785	0,579*
Paulista (m)	0,931	0,927	0,895	0,996	0,784	0,848
Cearense (m)	0,949	0,925	0,766	0,792	0,787	0,755
Carioca (m)	0,998	0,960	0,753	0,972	0,897	0,592*

De acordo com os resultados apresentados nas Tabelas 7 e 8, pode-se afirmar que houve correlação entre as doses de radiação aplicadas e as concentrações de acetaldeído, ésteres, álcoois superiores, metanol e graduação alcoólica em todas as amostras. Foi encontrada correlação entre pH e a radiação em todas as amostras de aguardente Paulistas e Cearenses. Entretanto, aparentemente não houve correlação para alguns valores de pH indicados por asterisco (\*).

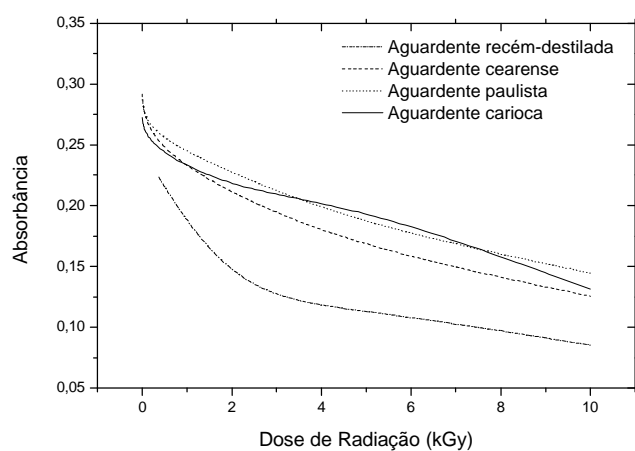
Sabe-se que um dos processos básicos para a melhoria da qualidade da aguardente é o envelhecimento em tonéis de madeira. Este processo modifica a bebida por meio de reações de esterificação e oxidação, com um aumento da acidez, devido à elevação do teor de ácido acético formado pela oxidação do etanol e da extração a partir da madeira. Há, também, uma elevação da concentração de ésteres, devido ao aumento da acidez, que auxilia a esterificação. Por outro lado, há um aumento da concentração de álcoois superiores pela redução da concentração alcoólica, induzida pela evaporação pelos poros da madeira; melhorando assim, significativamente, as propriedades sensoriais da bebida (LIMA, 1999).

A exposição de amostras aquosas à radiação gama sob condições aeróbicas aumenta o potencial de oxidação-redução do sistema, formando radicais livres, compostos altamente reativos como o superóxido (O<sub>2</sub><sup>-</sup>) e radical hidroxila (.OH) (BABIOR, 1997). De acordo com os presentes resultados, houve boa correlação entre a dose de radiação e o aumento dos compostos que definem a qualidade da bebida através do envelhecimento. Nesse sentido, conclui-se que os radicais livres formados pela interação da radiação com os compostos contidos na aguardente induziram um fenômeno químico semelhante àquele que acontece através da lenta ação do tempo, ou seja, um aumento de algumas das substâncias responsáveis pelo flavour específico da bebida envelhecida.

A Figura 1 mostra a redução gradual da cor da aguardente com a dose de radiação. URBAIN (1986) também observou que houve um descoramento de vinhos, quando submetidos à radiação com doses de 6,0 - 7,0kGy.

Os resultados da análise sensorial das amostras recém-distiladas (Muller e ESALQ) mostraram não haver diferença significativa entre as amostras de aguardente não-irradiadas e irradiadas em relação ao aroma e sabor, no entanto, as amostras irradiadas em tonel de madeira apresentaram aceitação superior em relação à cor.

Para as amostras comerciais de aguardente de cana (São Paulo, Ceará e Rio de Janeiro), os valores das médias dadas na avaliação sensorial em relação aos atributos, aroma, sabor, impressão global e cor, estão expressos na Tabela 9.



**FIGURA 1.** Valores de absorbância a 420nm em função da dose de radiação (kGy) em amostras de aguardente de cana-de-açúcar não-irradiadas e irradiadas em tonel de carvalho.

**TABELA 9.** Médias\* da avaliação sensorial para as amostras comerciais de aguardente de cana-de-açúcar em relação ao aroma, sabor, impressão global e cor.

Amostra	Aceitação/ Aroma	Aceitação/ Sabor	Aceitação/ IGL	Aceitação/ Cor
S.P. armazenada em vidro	4,9933 <sup>a</sup>	5,1900 <sup>a</sup>	5,0700 <sup>a</sup>	5,6767 <sup>a,b</sup>
S.P. irradiada em vidro	5,0767 <sup>a</sup>	4,5833 <sup>a</sup>	5,0033 <sup>a</sup>	4,8333 <sup>a,b</sup>
S.P. armazenada em madeira	5,6633 <sup>a</sup>	5,2933 <sup>a</sup>	5,5333 <sup>a</sup>	5,4400 <sup>a,b</sup>
S.P. irradiada em madeira	5,7500 <sup>a</sup>	5,1500 <sup>a</sup>	5,6700 <sup>a</sup>	6,1900 <sup>a</sup>
CE armazenada em vidro	5,2100 <sup>a</sup>	4,2633 <sup>a</sup>	4,2967 <sup>a</sup>	5,5400 <sup>a,b</sup>
CE irradiada em vidro	4,5233 <sup>a</sup>	4,0167 <sup>a</sup>	4,2700 <sup>a</sup>	4,7867 <sup>a,b</sup>
CE armazenada em madeira	5,6167 <sup>a</sup>	4,7800 <sup>a</sup>	5,2700 <sup>a</sup>	5,5533 <sup>a,b</sup>
CE irradiada em madeira	5,5267 <sup>a</sup>	5,0767 <sup>a</sup>	5,5033 <sup>a</sup>	5,9333 <sup>a,b</sup>
R.J. armazenada em vidro	4,9667 <sup>a</sup>	4,4533 <sup>a</sup>	4,7467 <sup>a</sup>	4,9867 <sup>a,b</sup>
R.J. irradiada em vidro	5,5700 <sup>a</sup>	4,7233 <sup>a</sup>	5,0700 <sup>a</sup>	4,3100 <sup>b</sup>
R.J. armazenada em madeira	4,5300 <sup>a</sup>	4,2300 <sup>a</sup>	4,6233 <sup>a</sup>	5,1433 <sup>a,b</sup>
R.J. irradiada em madeira	5,4500 <sup>a</sup>	4,8500 <sup>a</sup>	5,1667 <sup>a</sup>	5,2967 <sup>a,b</sup>

\* Médias com letras iguais na mesma coluna, não diferem entre si significativamente.  
IGL = impressão global.

De acordo com os resultados da análise de variância (ANOVA) não houve diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre as amostras comerciais, em relação ao aroma, sabor e impressão global. No entanto, em relação à cor, houve diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre elas.

#### 4. CONCLUSÕES

Houve correlação entre as doses de radiação aplicadas e as concentrações de acetaldeído, ésteres, álcoois superiores, metanol e grau alcoólico em todas as amostras. Foi encontrada correlação entre o pH e a radiação em todas as amostras de aguardente Paulistas e Cearenses.

As concentrações de metanol aumentaram por ação da radiação, no entanto, estes permaneceram muito inferiores ao limite estabelecido pela Legislação Brasileira. Houve queda do pH na maioria das amostras, quando estas foram irradiadas. Foi verificada uma leve descoloração das amostras por ação da radiação. De acordo com os resultados da análise sensorial, não houve diferença significativa entre as amostras, em relação ao aroma, sabor e impressão global. Em relação à cor, no entanto, houve diferença entre elas. A partir destes resultados, abre-se a possibilidade da aplicação de radiação ionizante para o benefício de bebidas alcoólicas, isto é, de mais um item de interesse de agroindústria.

#### AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa de mestrado concedida (MDCAS) e Auxílio Integrado à Pesquisa (NLDM).

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BABIOR, B. M. Superoxide: a two-edged sword. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v.30, p.141-155, 1997.
- BRASIL. Decreto nº 2374, de 4 de setembro de 1997. Dispõe sobre registro, classificação, padronização, controle, inspeção e fiscalização de bebidas. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília. D.F. 5 de setembro de 1997.
- DIEHL, J. F. **Safety of Irradiated Foods**. 1 ed. New York, N. Y.: Marcel Dekker, 1990. 454p.
- GUOZHU, L.; XIAOLING, H. A Study on the wine-date preservation using Co-60,  $\gamma$ , gamma. **In: Proceedings of International Meeting in Radiation Processing**, Beijing, China: Radiat. Phys. Chem., 1992. p.101.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. 3 ed. São Paulo, SP: O Instituto, 1985. 533p.
- KOOIJ, J. V. Food preservation by irradiation. **Int. At. Energy Agency Bull.**, v.23, n.3, p.33-36, 1981.
- LIMA, U. A. **Aguardente: Fabricação em pequenas destilarias**. Piracicaba, SP: FEALQ, 1999. 187p.
- PIGOTT, J. R.; SHARP, R.; DUNCAN, R. E. B. (Eds.). **The Science and Technology of Whiskies**. Essex: Longman, 1989. 400p.
- SILVA JÚNIOR, L. S. **Avaliação físico-química e sensorial da cachaça durante o envelhecimento em ancorote de carvalho (Quercus sp) irradiado**. (Mestrado) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", 1999, 113p.
- SPIEGEL, M.R. **Estatística**. 3 ed. São Paulo, S.P.: Makron, 1994. 639p.
- SOUZA, L. G.; LLISTÓ, A. M. S. M. Alguns componentes do coeficiente não-álcool das aguardentes de cana. Determinação por cromatografia em fase gasosa. **Brasil Açucareiro**, v.91, n.13, p.13-16, 1978.
- URBAIN, W. M. **Food Irradiation**. New York, N.Y.: Academic, 1986. 351p.