

# ESTUDO DOS EFEITOS DA RADIAÇÃO GAMA NAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DO AÇÚCAR LÍQUIDO INVERTIDO

Priscilla Podadera<sup>1</sup> e Susy F. Sabato<sup>2</sup>

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN/CNEN - SP)  
Av. Professor Lineu Prestes, 2242  
05508-000 São Paulo, SP  
ppodadera@yahoo.com.br<sup>1</sup>  
sfsabato@ipen.br<sup>2</sup>

## RESUMO

O Brasil apresenta posição consagrada no mercado mundial de açúcar, configurando como o maior produtor mundial e também como o maior exportador. O açúcar é extraído da cana de açúcar na forma de um dissacarídeo: a sacarose, comercializada na forma bruta ou refinada. As usinas de açúcar a fim de agregar valor a esse produto, e como consequência do grande interesse das indústrias de alimentos e bebidas, começaram a produzir o açúcar na forma líquida, constituído unicamente de sacarose diluída em água ou uma mistura de sacarose, glicose e frutose, sendo denominado, nesse último caso, de açúcar invertido. A presença de açúcares, na forma sólida ou em solução, ocorre em muitos alimentos e por isso é importante conhecer o efeito da radiação sobre esses compostos. O açúcar líquido invertido foi irradiado em doses de 5, 10, 20, 30 e 50 kGy em fonte Gammacell 220 (AECL) de Cobalto 60. Os valores de pH diminuíram à medida que a dose aumentava, variando de  $4,72 \pm 0,03$ , para a amostra controle, até  $3,27 \pm 0,03$ , para a amostra de 50 kGy. A análise das médias da viscosidade, pelo teste estatístico de Tukey, mostrou diferença significativa somente entre a média das amostras controle e as demais amostras irradiadas.

## 1. INTRODUÇÃO

O açúcar líquido invertido é composto por uma mistura de sacarose e dois açúcares redutores. A sacarose é um dissacarídeo e a quebra da ligação glicosídica desta molécula seja por via ácida ou enzimática, libera os monossacarídeos: glicose e frutose. Esta reação, também, é conhecida como inversão. A sacarose apresenta caráter dextrógiro, portanto se uma solução contendo esse açúcar for atravessada por um feixe de luz polarizada, este será desviado para a direita. No açúcar líquido invertido, este feixe é desviado para a esquerda, decorrente do forte caráter levógiro da frutose [1]. O açúcar líquido invertido é utilizado em indústrias de alimentos e bebidas, pois alia à elevada solubilidade da frutose à difícil cristalização da glicose. A proporção entre esses açúcares pode variar, porém o produto com maior valor comercial é o que apresenta grau de inversão próximo à 55%, pois neste caso a solubilidade é máxima, podendo trabalhar com concentração de sólidos solúveis em torno de 76,5% [2].

O processo de irradiação de alimentos tem demonstrado ser efetivo como tratamento para prevenir perdas pós-colheita e para assegurar a qualidade sanitária de alimentos. Entre os diversos benefícios estão: a redução da carga microbiana, desinfestação de grãos e frutas, inibição do brotamento de raízes e tubérculos e até a melhora das propriedades tecnológicas. Pelo alto poder de penetração, a radiação pode ser aplicada ao produto já em sua embalagem final, evitando recontaminação. O processo apresenta a vantagem de não elevar a

temperatura, o que poderia acarretar mudanças em propriedades físico-químicas dos alimentos [3].

Nos açúcares, a irradiação pode provocar alterações na estrutura da molécula dependendo da dose aplicada e que podem levar à mudanças no *flavour*, textura e cor. No caso de açúcares em solução, o principal papel é feito pelo radical hidroxila, formado pela radiólise da água e responsável pela quebra da ligação entre o carbono e o hidrogênio. Outra reação possível é a quebra das ligações glicosídicas, aumentando a proporção de açúcares redutores presentes na amostra, conseqüentemente diminuindo o peso molecular [4]. Neste trabalho, através das medidas de viscosidade e pH, verificaremos o efeito da radiação no açúcar líquido invertido, utilizando doses variando de 5 à 50 kGy.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Materiais

As amostras, do mesmo lote, foram fornecidas gentilmente pela Usina Da Barra S/A e as especificações do produto estão apresentadas na tabela 1 abaixo.

**Tabela 1. Especificações do açúcar líquido invertido**

Cinzas	0,09 %
SO <sub>2</sub>	2 ppm
Dureza	0 ppm
Cor ICUMSA	75 U.I.
Turbidez	1 NTU
Grau de inversão	69 % p/p
Brix	76,7 %
PH	4,93

### 2.2. Irradiação

As amostras foram acondicionadas em frascos de vidro e irradiadas em doses de 5, 10, 20, 30 e 50 kGy. As irradiações foram realizadas à temperatura ambiente na fonte de Cobalto-60, tipo Gammacell 220 (AECL, procedente do Canadá), com taxa de dose, atualmente, ao redor de 3,88 kGy/h, pertencentes ao Centro de Tecnologia das Radiações - IPEN.

### 2.3. Medidas de pH

As medidas de pH foram realizadas em triplicata em pHmetro digital (Quimis, modelo Q400M), acoplado com sensor de temperatura. Após cada medida, o eletrodo foi lavado com água destilada.

#### 2.4. Estudo reológico

O estudo reológico foi realizado em um viscosímetro Brookfield modelo LV-DVIII, com adaptador para pequenas amostras com capacidade de 8 mL e spindle SC4-34. O banho termostático Neslab operou com água destilada à  $24,6 \pm 0,1$  °C. As amostras permaneceram no copo do viscosímetro por 10 minutos até atingir o equilíbrio térmico com o banho, antes de efetuar as medidas.

O comportamento do fluido foi estudado em três dias diferentes, utilizando as mesmas amostras. Nos dois primeiros dias de ensaio, a velocidade de rotação do spindle foi programada para variar entre 2 e 20 rpm, com acréscimo de 1 rpm entre as leituras. No terceiro dia, a velocidade foi alterada para a faixa entre 5 e 20 rpm, com acréscimo de 2,5 rpm entre as leituras. O torque permaneceu entre 10 e 90 %.

A medida de viscosidade foi realizada à temperatura constante e com as mesmas amostras do ensaio anterior e em três dias diferentes. A rotação do spindle foi mantida em 20 rpm e as medidas foram realizadas 5 vezes em cada amostra.

#### 2.5. Tratamento dos dados

A análise de variância (anova) e o teste de Tukey foram utilizados para comparar as médias da viscosidade e do pH das amostras de açúcar líquido, com nível de significância de  $\alpha=0,05$ . As análises foram realizadas usando-se o programa Statistica (Statistica 5.1, StatSoft, 1998).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As medidas de pH foram realizadas em triplicata. As médias e seus respectivos desvios padrão estão apresentadas na tabela 2. Os dados da tabela mostram que à medida que a dose de irradiação aumenta, ocorre decréscimo do pH, de 4,72 para a amostra controle até 3,27 para a amostra irradiada à 50 kGy.

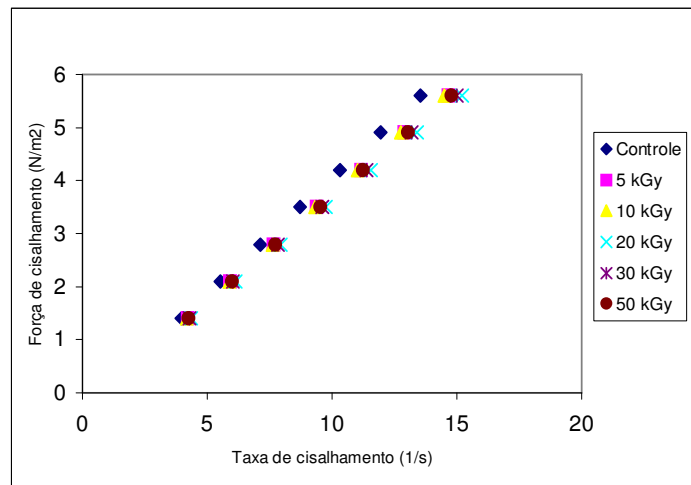
**Tabela 2. Medidas de pH**

Amostras	pH
Controle	$4,72^a \pm 0,03$
5 kGy	$4,30^b \pm 0,05$
10 kGy	$4,01^c \pm 0,10$
20 kGy	$3,72^d \pm 0,06$
30 kGy	$3,49^e \pm 0,09$
50 kGy	$3,27^f \pm 0,03$

As médias representadas por letras diferentes são significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

De acordo com Muñoz *et al.* [5], os radicais hidroxilas, formados pela radiólise da água, podem retirar qualquer átomo de hidrogênio ligado a um átomo de carbono pertencente à molécula do açúcar redutor formando os ácidos: 2-desoxiglucônico e 5-desoxiglucônico. Nos dados apresentados na tabela 2, nota-se uma queda sensível do pH que é influência direta da dose de irradiação aplicada, provavelmente a maior dose é responsável pela formação de radicais em maior quantidade, aumentando o número de reações radical-molécula de açúcar formando compostos com caráter ácido que seriam responsáveis pela queda do pH da solução.

O estudo reológico comprovou o comportamento Newtoniano do açúcar líquido invertido, como pode ser observado no gráfico 1. Este gráfico representa as medidas realizadas no terceiro dia de ensaio. O coeficiente de correlação para todas as doses estudadas, inclusive o controle foi de 1. Nos dois primeiros dias de análise os coeficientes de correlação variaram entre 0,9965 e 1.



**Gráfico 1 Reograma do açúcar líquido invertido à 24,6 °C para a amostra controle e para as amostras irradiadas nas doses de 5, 10, 20, 30 e 50 kGy.**

As médias das medidas de viscosidade estão apresentadas na tabela 3.

**Tabela 3. Medidas de viscosidade**

Amostras	Viscosidade (cp)
Controle	2370,89 <sup>a</sup> ± 75,23
5 kGy	2541,06 <sup>b</sup> ± 86,41
10 kGy	2535,06 <sup>b</sup> ± 60,26
20 kGy	2556,66 <sup>b</sup> ± 118,70
30 kGy	2566,05 <sup>b</sup> ± 154,35
50 kGy	2510,06 <sup>b</sup> ± 101,45

As médias representadas por letras diferentes são significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

Os valores das viscosidades médias das amostras irradiadas foram maiores que os valores obtidos com a amostra controle. O número de reações que podem ocorrer entre os radicais formados pela irradiação e as moléculas de açúcar são inúmeras. Duas das possíveis reações que podem ocorrer após a irradiação são a quebra da ligação glicosídica da molécula de sacarose, liberando a glicose e a frutose, o que resultaria em uma diminuição da viscosidade da solução, e a dimerização através de uma reação radical-radical (C-OH) [4]. Neste último caso, a viscosidade tenderia a aumentar. Vale ressaltar, que as reações podem ocorrer simultaneamente e, neste caso específico a reação de dimerização apresentaria uma prevalência sobre a reação de quebra da ligação glicosídica. Os valores de viscosidade média não apresentaram diferença estatística entre as amostras que foram irradiadas, portanto se está ocorrendo a formação de dímeros eles não são influência direta da dose de radiação recebida pela amostra.

#### 4. CONCLUSÃO

As amostras de açúcar invertido analisadas apresentaram decréscimo de pH diretamente proporcional a dose de radiação aplicada, indicando a formação de compostos com caráter ácido. Os valores médios de viscosidade apresentaram variação apenas entre a amostra controle e as amostras irradiadas. A elevação no valor deste parâmetro pode ter sido provocado pela formação de moléculas com estruturas maiores, uma possível dimerização, que não seria influência direta da dose de radiação aplicada. Estudos futuros visam quantificar o teor de açúcares redutores e sacarose da amostra a fim de verificar possíveis mudanças na concentração destes componentes.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Usina Da Barra S/A pelo fornecimento das amostras, e ao Senai Mario Amato-SP.

#### REFERÊNCIAS

1. Shallenberger, R.S., Birch, G.G., *Sugar Chemistry*, The AVI Publishing Company, Westport & USA (1975).

2. Rodrigues, M.V.N., Rodrigues, R.A.F., Serra, G.E., Andrietta, S.R., Franco, T.T., "Produção de xarope de açúcar invertido obtido por hidrólise heterogênea, através de planejamento experimental," *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, **20**, pp.103-109 (2000).
3. Oliveira, I.B., Sabato, S.F., "Dissemination of the food irradiation process on different opportunities in Brazil," *Radiat. Phys. Chem.*, **71**, pp.493-497 (2000).
4. Sonntag, C.V., "Free-radical reactions of carbohydrates as studied by radiation techniques," *Advances in carbohydrate chemistry and biochemistry*, **37**, pp. 7-74 (1980).
5. Muñoz, R.B.; Sanchez, M.V.; Uzcategui, E.A.; Vaca, C.F., *Preservación de alimentos por irradiación*, Escuela Politécnica Nacional, Quito & Ecuador (1985).