

# ESPECTRO DE RESSONÂNCIA PARAMAGNÉTICA ELETRÔNICA DE FRUTAS FRESCAS PROCESSADAS COM RAIOS GAMA

de Jesus, E. F. O.<sup>1</sup>; Rossi, A. M.<sup>2</sup> and Lopes, R. T.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Programa de Engenharia Nuclear, COPPE / Universidade Federal do Rio de Janeiro, Fax 55-21-2906626 - P.O. Box 68509, Rio de Janeiro, 21945-970, Brazil.

<sup>2</sup> Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, Rua Xavier Sigaud 150 Rio de Janeiro 22290-180, Brazil.

## 1. Introdução

Desde 1980, quando um Comitê de Especialistas da FAO/IAEA/WHO aceitou a irradiação como um tratamento adequado a melhoria da qualidade de alimentos, que muitos esforços tem sido feitos para desenvolver técnicas de análise que permitam identificação e medida de dose absorvida em alimentos irradiados. Esses métodos são necessários para permitir um controle de qualidade, independente da dosimetria efetuada nos irradiadores onde os alimentos são processados.

Nessa área, a Ressonância Paramagnética Eletrônica (RPE) é um das técnicas mais promissoras, existindo atualmente protocolos para identificação e dosimetria de alimentos que contenham uma matriz óssea como: carnes, aves, peixes e crustáceos onde o radical induzido pela radiação é bem conhecido e possui longa meia vida.

No caso das frutas frescas os radicais não são bem conhecidos uma vez que até recentemente acreditava-se que, devido ao elevado teor de água dos tecidos, os radicais induzidos pela radiação possuíam uma meia vida muito curta não sendo possível sua observação por RPE.

Amostras não irradiadas de produtos vegetais como sementes, talos, casca seca cereais e grãos em geral apresentam uma linha de absorção no espectro de RPE na região de  $g=2,0040$  que foi descrita por muitos autores. Alguns sugerem que esta linha pode estar associada a oxidação de ácidos graxos de origem vegetal, outros que ela seja formada por semiquinonas, substância presente em todos os tecidos vegetais, e outros ainda que ela seja devido a lignina, também presente nos tecidos vegetais em maior ou menor escala.

Amostras irradiadas de produtos vegetais como sementes, grãos e frutas secas, medidas por RPE apresentam um dublete com uma separação de 6,0 mT em ambos os lados da linha que aparece nas amostras não irradiadas. Alguns autores concluiriam que este dublete é na verdade parte de um triplete com uma separação hiperfina de 3,01 mT com uma relação de intensidade de 1:2:1, cuja parte central fica superposta com a linha de  $g=2,0040$  que também aparece nas amostras não irradiadas. Esse triplete que aparece apenas nas amostras irradiadas e pode ser utilizado como prova de irradiação de produtos vegetais, é atribuído à radicais formados na celulose pela irradiação.

## 2. Objetivos

Neste trabalho é descrita uma técnica de preparação de amostras aplicada a polpa de frutas frescas irradiadas que permite observar o radical formado pela irradiação nestes produtos, mesmo com baixas doses absorvidas. É efetuada também, uma análise dos radicais formados em amostras irradiadas e não irradiadas, através de espectros de RPE em banda X e banda Q, que são comparados com espectros de RPE obtidos nas substâncias puras como celulose, tanino, lignina e pectina que estão normalmente

presentes nas amostras vegetais mesmo após os tratamentos realizados para as medidas de RPE.

### **3. Materiais e Métodos**

Polpa de kiwi, proveniente de frutos irradiados e não irradiados foram submetidos a uma extração alcoólica em uma solução de álcool etílico a 80% durante meia hora, com agitação, para remoção de parte da água e de açúcares existentes na polpa. Em seguida as amostras foram prensadas para remoção do excesso de solução e fragmentadas para secagem em temperatura ambiente. O resíduo foi prensado para formação de um cilindro com 2,0mm de diâmetro e 15 mm de altura que é utilizado para as medidas de RPE em banda X.

As medidas de RPE foram realizadas em um espectrometro Bruker ESP300E. Para banda X foi utilizada uma cavidade retangular com medidas à temperatura ambiente, potência de 0,25 mW, amplitude de modulação de 0,64 mT. Para medidas em banda Q foram utilizadas potências variando de 0,25 a 5,0 mW, e amplitude de modulação de 0,4 mT.

Para comparação de espectros foram efetuadas medidas em substâncias puras e em amostras de sementes e casca de frutas secas irradiadas e não irradiadas.

### **4. Resultados e Conclusões**

As medidas efetuadas com a polpa de kiwi irradiado demonstrou que o processo de tratamento com álcool etílico é capaz de permitir a observação dos radicais induzidos pela radiação em amostras de frutos frescos irradiados. A intensidade das linhas laterais do triplete é proporcional a dose na faixa de 200 Gy até 5 kGy. Isso permite a utilização do processo de doses aditivas para a determinação de dose absorvida em frutos frescos irradiados, quando o processo é efetuado em um curto período após a irradiação. Frutos irradiados e estocados à baixa temperatura mostram que os radicais apresentam um decaimento com o tempo, mas são perfeitamente visíveis após 12 semanas, o que torna o processo efetivo para a identificação de frutos irradiados.

Medidas em banda Q de amostras não irradiadas de sementes e polpa de frutos permitem observar que a única linha presente no espectro de banda X é na verdade uma superposição de pelo menos quatro linhas com fatores  $g$  muito próximos. Simulações computacionais permitiram determinar a presença de quatro linhas isotrópicas com fatores  $g$  de 2,0060, 2,0046, 2,0033 e 2,0022. Espectros obtidos com as substâncias padrão permitiram concluir que essas espécies não estão presente nos espectros de celulose, mas aparecem com fator  $g=2,0033$  nas amostras de tanino e lignina.

O decaimento desse sinal com o tempo de estocagem da amostra segue uma cinética simples, de primeira ordem, o que demonstra que todas as espécies apresentam o mesmo comportamento químico de recombinação.

Espectros de polpa de fruta irradiada permitiram confirmar que a espécie produzida pela radiação é um triplete hiperfino com constante de acoplamento isotrópica de 3,05 mT, razão de intensidade 1:2:1 e fator  $g=2,0026$ . Os espectros obtidos em celulose, tanino, lignina e pectina apresentaram o triplete acima descrito apenas nas amostras de celulose o que parece confirmar as suposições de que o sinal identificador de frutos irradiados é formado na parede celular dos vegetais.

O decaimento com o tempo do triplete demonstrou um comportamento compatível com uma espécie composta, indicando a existência de mais de uma reação de recombinação eletrônica.

Embora ainda não seja possível identificar as espécies que produzem as linhas dos espectros de RPE, o processo de tratamento de amostras de frutas demonstrou que o sinal induzido pela radiação na polpa de frutas frescas irradiadas pode ser utilizado para identificação de frutos irradiados por RPE.