

**MINISTÉRIO DA DEFESA
EXÉRCITO BRASILEIRO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA
CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA NUCLEAR**

JAQUELINE MICHELE DA SILVA

**EMPREGO DA RADIAÇÃO GAMA NA MANUTENÇÃO NUTRICIONAL DO
FRUTO BURITI (*MAURITIA FLEXUOSA* L.) DO CERRADO BRASILEIRO**

Rio de Janeiro

2008

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA

JAQUELINE MICHELE DA SILVA

**EMPREGO DA RADIAÇÃO GAMA NA MANUTENÇÃO NUTRICIONAL
DO FRUTO BURITI (*MAURITIA FLEXUOSA* L.) DO CERRADO
BRASILEIRO**

Dissertação de Mestrado apresentado ao Curso de Mestrado em Engenharia Nuclear do Instituto Militar de Engenharia, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências em Engenharia Nuclear.

Orientadora: Maysa Joppert Coelho – Ph.D.
Co-orientadora: Keila dos Santos Cople Lima – D.C.

Rio de Janeiro
2008

c2008

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA

Praça General Tibúrcio, 80 – Praia Vermelha

Rio de Janeiro - RJ CEP: 22290-270

Este exemplar é de propriedade do Instituto Militar de Engenharia, que poderá incluí-lo em base de dados, armazenar em computador, microfilmear ou adotar qualquer forma de arquivamento.

É permitida a menção, reprodução parcial ou integral e a transmissão entre bibliotecas deste trabalho, sem modificação de seu texto, em qualquer meio que esteja ou venha a ser fixado, para pesquisa acadêmica, comentários e citações, desde que sem finalidade comercial e que seja feita a referência bibliográfica completa.

Os conceitos expressos neste trabalho são de responsabilidade do(s) autor(es) e do(s) orientador(es).

S 586 Da Silva, Jaqueline Michele

Emprego da radiação gama na manutenção nutricional do fruto buriti (*Mauritia Flexuosa* L.) do cerrado brasileiro / Jaqueline Michele da Silva. – Rio de Janeiro: Instituto Militar de Engenharia, 2008.

114p.; il; tab; graf.

Dissertação (mestrado) - Instituto Militar de Engenharia, 2008.

1. Irradiação de alimentos. 2. Radiação Gama. I Título. II. Instituto Militar de Engenharia.

CDD 664.0288

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA

JAQUELINE MICHELE DA SILVA

EMPREGO DA RADIAÇÃO GAMA NA MANUTENÇÃO NUTRICIONAL DO FRUTO BURITI (*MAURITIA FLEXUOSA L.*) DO CERRADO BRASILEIRO

Dissertação de Mestrado apresentado ao Curso de Mestrado em Engenharia Nuclear do Instituto Militar de Engenharia, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências em Engenharia Nuclear.

Orientadora: Maysa Joppert Coelho – Ph.D.

Co-orientadora: Keila dos Santos Cople Lima – D.C.

Aprovada em 13 de fevereiro de 2008 pela seguinte Banca Examinadora:

Prof. Maysa Joppert Coelho – Ph.D. do IME – Presidente

Prof. Keila Santos Cople Lima – D.C. do IME

Prof. Antonio Luiz Santos Lima – D.C. do IME

Prof. Ronoel Luiz de Oliveira Godoy – D.C. da Embrapa Agroindústria de alimentos

Prof. Rubemar de Souza Ferreira – D.C. da CNEN

Prof. Helio de Carvalho Vital – Ph. D. do CTEEx

Rio de janeiro
2008

À minha mãe, Eliana Vicente da Silva, por me educar apesar de toda adversidade, a meus irmãos Diego da Silva Aguiar, Eduardo Antônio de Aguiar Júnior e Maclaudio da Silva pela paciência, carinho e apoio e a meus lindos e amados sobrinhos Jenifer Vitória e Cauã.

AGRADECIMENTOS

É com muita alegria, orgulho e alívio que escrevo esta página. Alegria por ter alcançado mais um objetivo, orgulho por galgar mais um degrau na longa escada da vida e alívio por não ter fraquejado ou desistido no caminho. Devo confessar que não há espaço suficiente para listar as pessoas e momentos que contribuíram significativamente para que este dia chegasse, pois não foi em dois anos que conquistei esta vitória, mas sim a partir do momento que Deus permitiu a minha vinda a este mundo.

Bem, tenho que começar os meus agradecimentos e este início só poderia ser com Deus.

Obrigada, Senhor Deus, por me iluminar, pelo amor incondicional, pela segurança, pelas oportunidades e por me carregar nos braços quando se fez necessário.

A minha mãe, irmãos e sobrinhos pela força quando dela necessitei, pela paciência nos momentos que estava irritada e ansiosa, compreensão nos momentos de ausência e conforto na hora de angustia.

Ao Instituto Militar de Engenharia - IME, especialmente a seção de Engenharia Nuclear, pela oportunidade e credibilidade para a realização deste trabalho.

A minha estimada orientadora Maysa Joppert Coelho pela direção dada a meus estudos, aos ensinamentos diretos e indiretos, pelos “puxões” de orelha, pelos sorrisos, pela confiança e principalmente pelo carinho e respeito.

A minha co-orientadora Keila dos Santos Cople Lima pela orientação, ensinamentos e atenção.

Ao professor Santos Lima pelo incentivo às viagens a cavalo, pelos saltos de pára-quedas e aos pulos mortais a longas distâncias do centro da Terra.

Ao professor Ronaldo Glicério Cabral pelo conhecimento científico, pela amizade, incentivo e pelo carinho.

Aos professores Rex Nazaré, Rudnei Karan, Sérgio Gavazza, Nadya Maria, Domingos Cardoso, Lima Vaz, Javaroni, Victor Carvalho e Cláudio Luiz.

Ao professor Ronoel Godoy pela amizade, paciência, orientação e ajuda.

Ao professor Rubemar do Souza Ferreira - CNEN pelo apoio e fornecimentos dos frutos de buriti para a realização do trabalho.

Aos funcionários da seção de Engenharia Nuclear do IME Cléber (Clebibe's), Cristóvão (a quem me intitulou de broto), David (nosso amigo e S.O.S. na informática), D. Conceição (limpeza), D. Conceição (cozinha e limpeza) e Neriete (a organizadora dos maiores e melhores eventos da SE/7) pela paciência, pelo carinho, atenção e amizade.

Aos meus amigos de curso Luciana, Thiago (filé), Marcelo e Carlos.

A Embrapa Agroindústria de Alimentos pela oportunidade, conhecimento compartilhado, pelo espaço no laboratório de cromatografia líquida e pela parceria.

Aos meus queridos e inesquecíveis companheiros da Embrapa Agroindústria de Alimentos Rafael Santos de Souza, Cyntia Abreu Freire, Aline Soares da Silva, Sidney Pacheco e Manuela Araújo. Não poderia deixar de citar ainda a Gianna, o Ronaldo, a Fernanda, a Jeane, o Rodrigo e o Otniel. Obrigada por tudo!

A CTEEx pela parceria na irradiação e disponibilidade, em especial, aos pesquisadores Drs Helio Vital e Nilber Kenup.

A todos que contribuíram de forma direta e indireta para que este trabalho fosse realizado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa durante a execução deste trabalho.

Jaqueline Michele da Silva, 13/02/2008.

“...É preciso amar as pessoas
Como se não houvesse amanhã
Porque se você parar pra pensar
Na verdade não há...”

(Trecho da música Pais e Filhos de Villa-Lobos,
Renato Russo e Marcelo Bonfá)

SUMÁRIO

LISTA DAS ILUSTRAÇÕES.....	12
LISTA DE TABELAS.....	16
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS.....	18
LISTA DE SIGLAS.....	19
1. INTRODUÇÃO.....	22
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	24
2.1 Nutrição.....	24
2.1.1 Carotenóides - Vitamina A.....	26
2.1.1.1 Importância da Vitamina A.....	28
2.1.1.2 Hipovitaminose A.....	28
2.1.2 Vitamina C – Ácido Ascórbico.....	29
2.1.3 Açúcares - Sacarose, Frutose e Glicose.....	29
2.2 O cerrado Brasileiro.....	32
2.2.1 Buriti.....	33
2.2.2 Usos e Importância Econômica e Nutricional do Buriti.....	35
2.2.2.1 Frutos.....	35
2.2.2.2 Folhas e Fibras.....	36
2.2.2.3 Propriedades.....	36
2.2.2.4 Extração de Óleo e o Potencial da Espécie para a Produção de Biodiesel.....	37
2.3 Radiação.....	37
2.3.1 Emissão Gama.....	37
2.3.2 Aplicações da Radiação Gama.....	39
2.3.3 Irradiação de Alimentos.....	40
2.3.4 Irradiação de Alimentos no Brasil.....	44
2.3.5 Resumo do Histórico da Irradiação de Alimentos.....	47
2.3.6 Aceitabilidade da Irradiação.....	48
2.3.7 Custos do Processo de Irradiação de Alimentos.....	49

2.4	Técnicas Analíticas.....	51
2.4.1	Espectrofotometria.....	51
2.4.2	Cromatografia.....	54
2.4.2.1	Cromatografia Líquida de Alta Eficiência – CLAE.....	54
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	57
3.1	Origem dos Frutos Buriti (<i>Mauritia Flexuosa</i> L.).....	57
3.2	A Irradiação do Buriti.....	57
3.2.1	O Irradiador.....	57
3.2.2	Cálculo da Taxa de Dose.....	58
3.2.3	Preparação dos Buritis para Irradiação.....	58
3.3	Preparo da Amostra para as Análise.....	59
3.4	Determinação de Carotenóides Totais, Luteína, α e β Caroteno	
3.5	em Buritis.....	60
3.4.1	Extração dos Carotenóides.....	60
3.4.2	Buriti Controle (Não Irradiado).....	61
3.4.3	Buriti Irradiado.....	61
3.5	Determinação Ácido Ascórbico em Buritis.....	63
3.5.1	Preparo da Amostra.....	63
3.5.2	Extração do Ácido Ascórbico.....	63
3.6	Determinação dos Açúcares (Frutose, Glicose e Sacarose) em	
	Buritis.....	64
3.6.1	Preparo da Amostra.....	64
3.6.2	Extração dos Açúcares (Frutose, Glicose e Sacarose).....	64
3.7	Produção e Análise Nutricional do Doce de Buriti Irradiado e Controle	
	(Não-Irradiado)	65
3.7.1	Receita do Doce.....	65
3.7.2	Preparo da Amostra para Irradiar.....	66
3.7.3	Doses e o Tempo de Irradiação.....	66
3.7.4	Determinação dos Carotenóides.....	67
3.7.4.1	Preparo da Amostra.....	67
3.7.4.2	Extração e Análise de Carotenóides.....	67

3.7.5	Quantificação de Ácido Ascórbico.....	68
3.7.5.1	Preparo da Amostra.....	68
3.7.5.2	Extração e Análise de Ácido Ascórbico.....	68
3.7.6	Análise Sensorial.....	69
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	70
4.1	Quantificação de Carotenóides Totais, Luteína e Carotenos (α e β) em Buriti (<i>Mauritia Flexuosa</i> L.).....	70
4.1.1	Análise Preliminar para Caracterização do Fruto Buriti.....	70
4.1.2	Buriti Irrradiado.....	71
4.1.2.1	Análises de Carotenóides em Buriti Controle (Não-Irrradiado) e Irrradiado.....	71
4.1.2.2	Relação Entre as Duas Análises.....	77
4.2	Quantificação de Ácido Ascórbico em Buritis (<i>Mauritia Flexuosa</i> L.).....	78
4.3	Quantificação de Açúcares (Frutose, Glicose e Sacarose) em Buriti (<i>Mauritia Flexuosa</i> L.).....	80
4.4	Quantificação de Carotenos (α e β) em Balas de Buriti (<i>Mauritia Flexuosa</i> L.).....	83
4.5	Quantificação de Ácido Ascórbico de Ácido Ascórbico em Balas de Buriti (<i>Mauritia Flexuosa</i> L.).....	85
4.6	Análise Sensorial das Balas de Buriti.....	87
5	CONCLUSÃO.....	88
6	SUGESTÕES PARA OS FUTUROS TRABALHOS.....	91
7	TRABALHOS APRESENTADOS EM CONGRESSOS.....	92
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93
9	ANEXOS.....	98

9.1 ANEXO 1	Instituições que Contribuição para a Realização deste Trabalho.....	99
9.2 ANEXO 2	Teste de Preferência.....	101
9.3 ANEXO 3	Teste Estatístico para a Bala.....	103

LISTA DAS ILUSTRAÇÕES

FIG.2.1	Estrutura química e clivagem do β -caroteno.....	27
FIG.2.2	Ácido L-ascórbico e seus isômeros.....	29
FIG.2.3	Glicose - $C_6H_{12}O_6$	30
FIG.2.4	Sacarose - $C_{12}H_{22}O_{11}$	30
FIG.2.5	Frutose - $C_6H_{12}O_6$	31
FIG.2.6	Galactose - $C_6H_{12}O_6$	31
FIG.2.7	Fruto do cerrado - Araticum (<i>Annona crassiflora</i> Mart.).....	32
FIG.2.8	Fruto do cerrado - Cagaita (<i>Eugenia dysenterica</i> DC).....	32
FIG.2.9	Fruto do cerrado - Mangaba (<i>Hancornia speciosa</i> Gomez).....	33
FIG.2.10	Fruto do cerrado - Pequi (<i>Caryocar brasiliense</i> Camb.).....	33
FIG.2.11	Fruto do cerrado - Baru (<i>Dipteryx alata</i> Vog.).....	33
FIG.2.12	Fruto do cerrado - Buriti (<i>Mauritia Flexuosa</i> L.).....	33
FIG.2.13	Palmeira do Buriti (<i>Mauritia Flexuosa</i> L.).....	34
FIG.2.14	Representação da emissão da radiação gama pelo núcleo.....	37
FIG.2.15	Materiais cirúrgicos esterilizados com radiação gama, fonte de ^{60}Co na EMBRARAD – Empresa Brasileira de Radiações.....	39

FIG.2.16	Espectro eletromagnético.....	51
FIG.3.1	Irradiador do Centro Tecnológico do Exército – CTEEx.....	57
FIG.3.2	Buritis separados em sacos plásticos para receber uma dose de 2,0 kGy de radiação gama.....	59
FIG.3.3	Buritis sendo descascados no laboratório da Embrapa Agroindústria de Alimentos.....	59
FIG. 3.4	Solução de éter de petróleo, acetona, água e carotenóides.....	60
FIG. 3.5	Cromatógrafo da WATERS – Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE).....	61
FIG.4.1	Cromatograma do buriti “ <i>in natura</i> ”: quantidade de luteína, α e β carotenos.....	70
FIG.4.2	Cromatograma de carotenóides do buriti controle em 03/04/2007.....	72
FIG.4.3	Cromatograma de carotenóides do buriti irradiado, em 03 de abril de 2007, com uma dose de 0,5 kGy.....	72
FIG.4.4	Cromatograma de carotenóides do buriti irradiado, em 03 de abril de 2007, com uma dose de 1,0 kGy.....	72
FIG.4.5	Cromatograma de carotenóides do buriti irradiado, em 03 de abril de 2007, com uma dose de 2,0 kGy.....	73
FIG.4.6	Espectros do 9 - cis β -caroteno, α - caroteno, β - caroteno e 13-cis β -caroteno para um comprimento de onda igual a 450 nm.....	74

FIG.4.7	Cromatograma de carotenóides do buriti controle em 03/07/2007.....	75
FIG.4.8	Cromatograma de carotenóides do buriti irradiado em 03/07/2007 com uma dose de 0,5 kGy.....	76
FIG.4.9	Cromatograma de carotenóides do buriti irradiado em 03/07/2007 com uma dose de 1,0 kGy.....	76
FIG.4.10	Cromatograma de carotenóides de buriti irradiado em 03/07/2007 com uma dose de 2,0 kGy.....	76
FIG.4.11	Carotenóides totais das duas análises realizadas nos meses de Abril (análise 1) e julho (análise 2).....	77
FIG.4.12	Concentrações de açúcares (frutose e glicose) em buritis controle e irradiado obtidas por CLAE.....	81
FIG.4.13	Cromatograma de açúcares do buriti controle (não irradiado).....	82
FIG.4.14	Cromatograma de açúcares do buriti irradiado com uma dose de 0,5 kGy de radiação gama.....	82
FIG.4.15	Cromatograma de açúcares do buriti irradiado com uma dose de 1,0 kGy de radiação gama.....	82
FIG.4.16	Cromatograma de açúcares do buriti irradiado com uma dose de 2,0 kGy de radiação gama.....	83
FIG.4.17	Concentrações de retinol, em µg/100g, encontradas em balas controle e irradiadas no dia 13 de dezembro de 2007.....	84
FIG.4.18	Cromatograma do ácido ascórbico da bala controle (não irradiada).....	85

FIG. 4.19	Cromatograma do ácido ascórbico da bala irradiada com uma dose de 0,5 kGy.....	86
FIG.4.20	Cromatograma do ácido ascórbico da bala irradiada com uma dose de 1,0 kGy.....	86
FIG.4.21	Cromatograma do ácido ascórbico da bala irradiada com uma dose de 2,0 kGy.....	86

LISTA DE TABELAS

TAB.2.1	Carotenóides precursores de vitamina A.....	27
TAB.2.2	Composição química e o valor energética de 100g da polpa do Buriti.....	34
TAB.2.3	Investimentos, em dólares, para irradiação de alimentos.....	49
TAB.2.4	Custos líquidos da irradiação de alimentos de acordo com a dose.....	50
TAB.2.5	Comparação de custos entre uma instalação de tratamento de alimento com irradiação com outros métodos.....	50
TAB.2.6	Comprimentos de onda da luz visível.....	52
TAB.3.1	Massas das polpas de buritis irradiados e controle (não irradiado) para extração e quantificação, em 03 de abril de 2007, de carotenóides.....	62
TAB.3.2	Massas das polpas de buritis irradiados e controle (não irradiado) Para extração e quantificação, em 03 de julho de 2007, de Carotenóides.....	62
TAB.3.3	Massas das polpas de buritis irradiados e controle (não irradiado) Para extração e quantificação, em 03 de abril de 2007, de ácido ascórbico.....	64
TAB.3.4	Massas das polpas de buritis irradiados e controle (não irradiado) para extração e quantificação, em 03 de abril de 2007, de açúcares (frutose, glicose e sacarose).....	65
TAB.3.5	Tempo de exposição para obtenção das doses de 0,5 kGy, 1,0 kGy e 2,0 kGy.....	66

TAB.3.6	Massas dos doces de buritis irradiados e controle (não irradiados) para extração e quantificação, em 13 de dezembro de 2007, de carotenóides.....	67
TAB.4.1	Valores de carotenos em 100g de polpa de buriti <i>in natura</i> e a correspondência em retinol de acordo com as recomendações do IOM.....	71
TAB.4.2	Concentração de carotenóides totais e carotenos em 100g de polpa do controle e buritis irradiados no dia 3 de abril de 2007 e o valor correspondente em retinol de acordo com as recomendações do IOM (2001).....	74
TAB. 4.3	Quantidade de carotenóides totais em 100g de polpa de buritis controle (não irradiado) e irradiados no dia 3 de julho de 2007.....	75
TAB.4.4	Concentração de ácido ascórbico em buritis controle (não irradiado) e irradiados com doses de 0,5 kGy, 1,0 kGy e 2,0 kGy.....	79
TAB.4.5	Concentrações de α e β caroteno encontradas em balas de buriti do brejo (<i>Mauritia Flexuosa</i> L.).....	84
TAB.4.6	Concentrações de ácido ascórbico em balas de buritis controle (não irradiado) e irradiado com doses de radiação gama.....	87

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ABREVIATURAS

Bq	-	Bequerel
kGy	-	Quilogray
μBq	-	Micro Bequerel (10^{-6} Bequerel)
μg	-	Micrograma
μm	-	Micrômetro (10^{-6} metros)
Th	-	Tório
U	-	Urânio

SÍMBOLOS

α	-	alfa
β	-	beta
λ	-	comprimento de onda
γ	-	radiação Gama

LISTA DE SIGLAS

AIEA	Agência Internacional de Energia Atômica
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CRCN - CO	Centro Regional de Ciências Nucleares - Centro Oeste
CTEx	Centro Tecnológico do Exército
DEP	Desnutrição Energética-Protéica
DINAL	Divisão Nacional de Vigilância Sanitária
DVA	Deficiência de Vitamina A
EMBRAED	Empresas Brasileira de Radiação
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.
FAO	Food and Agriculture Organization
IAEA	International Atomic Energy Agency
ICGFI	International Consultative Group on Food Irradiation
IME	Instituto Militar de Engenharia.
IOM	Institute of Medicine
ONU	Organizações das Nações Unidas
PNAN	Política Nacional de Alimentação e Nutrição
REA	Retinol Equivalent Activity
WHO	World Health Organization

RESUMO

Buriti do Brejo (*Mauritia Flexuosa* L.) é um típico fruto do cerrado brasileiro, muito utilizado na culinária para produção de sucos, doces e vinhos. O Buriti é considerado como uma excelente fonte de carotenóides com maior concentração em β -caroteno, o qual é precursor da vitamina A. Os carotenóides são pigmentos amplamente encontrados em frutas e vegetais e apresentam várias funções benéficas ao ser humano. Além dos carotenóides também existem ácido ascórbico e açúcares (frutose e glicose) nos Buritis. O ácido ascórbico é conhecido como promotor de numerosos processos químicos, bioquímicos e fisiológicos, tanto em animais como em plantas; a maioria dos animais pode sintetizar o ácido ascórbico em quantidades suficientes para prevenir os sinais clínicos de deficiência, conhecido como escorbuto. Os açúcares têm função estrutural e de armazenamento energético em animais, sob a forma de glicogênio e nos vegetais, sob a forma de amido. O presente trabalho teve como objetivo analisar os efeitos da radiação gama sobre o valor nutricional do fruto e da bala de buriti. O emprego da radiação ionizante gama tem demonstrado o vasto potencial do processo como tecnologia auxiliar na redução de perdas pós-colheita, desinfestação de grãos, controle de microrganismos patogênicos, prolongamento da vida útil em carnes, frutas, vegetais e inibição de brotamento em tubérculos e bulbos, com manutenção da qualidade nutricional. Este estudo foi realizado pelo Instituto Militar de Engenharia – IME, em parceria com o Centro Tecnológico do Exército - CTEX e a Embrapa Agroindústria de Alimentos. O fruto buriti do Brejo, assim, como também as balas, foram irradiados utilizando uma fonte de césio 137 com 0,5 kGy, 1,0 kGy e 2,0 kGy para avaliar o efeito das doses de radiação gama na concentração de carotenóides totais e ácido ascórbico. Além disso, foram analisados açúcares (frutose, glicose e sacarose) no fruto do buriti. A determinação dos carotenos (α , β) e luteína, ácido ascórbico e açúcares foi realizada por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) e os carotenóides totais por espectrofotometria. Os resultados indicam que o fruto e a bala de Buriti são excelentes fontes de β -caroteno, podendo ser utilizados no combate à hipovitaminose A, e que os efeitos da irradiação sobre os nutrientes analisados não foram significativos, fato este que indica esta técnica como um meio produtivo na manutenção dos alimentos.. É importante salientar que outras técnicas de conservação de alimentos também podem interferir em seu valor nutricional.

ABSTRACT

Buriti (*Mauritia Flexuosa* L.) , a typical brazilian fruit, which can be found at north, northeast and center-west regions in the coutry, is very used in many regional dishes. It is considered an excellent source of carotenoids, showing a majority of β carotene. Carotenoids are pigments found in many fruits and vegetables, very important for human health. Besides, ascorbic acid and sugars (fructose and glucose) are also found in buritis. Ascorbic acid is know as a promotor of a number of chemical, biochemical and physiological processes in animals as well as in plants. Most animals is able to synthetisize it in quantities large enough to prevent deficient clinical sinals, known as scorbitic. Sugars have structural functions and work as energetic storage for animals, under glycogen form, and under polissacarids form for plants. The aim of this work is to evaluate the effects of gamma irradiation in the nutritional value of Buriti fruit and in candies made of the fruit. The use of ionizing radiation has shown a potential effect as auxiliar technology to reduce post-harvesting losses, desinfestation of grains, control of pathogenic microorganisms, life extention of meats, fruits and vegetables and sprouting inibition in tubercles, keeping nutritional quality of food. This study was performed by Instituto Militar de Engenharia – IME, Centro Tecnológico do Exército – CTE_x and Embrapa Agroindústria de Alimentos. The Buriti fruits and candies were irradiated with doses of 0,5, 1,0 and 2,0 kGy, in order to evaluate the effects of low gamma radiation doses in the concentration of total carotenoids, ascorbic acid and sugars (fructose, glicose and sacharose). The determination of carothenoids (α and β) and lutein, ascorbic acid and sugars were determined by High Performance Liquid Chromatography – HPLC and the total carotenoids by spectrophotometry. The results show that Buriti fruit as well as candies are excellent sources of β -carotene. They can be used to fight vitamin A deficiency, and that irradiation is not different from other conservation technology. Therefore, regional health policies should intensity their conscemption to aiming to decrease A-hipovitaminosis on regional populations.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, no Brasil, existe um desequilíbrio entre a população e a oferta de alimentos, e o problema da disponibilidade de alimentos é um fato que se agravou nos últimos 20 anos. A redução das perdas pós-colheita, que ocorrem anualmente nas diferentes etapas de obtenção dos alimentos, desde a produção até o consumo, é uma medida para alterar o padrão de crescimento deste desequilíbrio (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

Métodos convencionais de conservação, como tratamentos pelo emprego do calor, do frio e controle de umidade, proporcionam uma completa inativação enzimática e microbiológica, além de prolongarem consideravelmente a vida útil dos produtos (FLOROS, 1993). Entretanto, novas tecnologias estão sendo desenvolvidas no processamento dos alimentos devido à nova tendência de consumo da vida moderna, por alimentos mais nutritivos, atrativos, convenientes e prontos para o consumo (WILEY, 1997).

O emprego da irradiação em nosso país mostra-se muito promissor e de suma importância, por seu importante papel em potencial conservação de alimentos, reduzindo as perdas pós-colheita e a possibilidade de melhorar a oferta de alimentos (DIEHL, 2002). O processo de irradiação representa um benefício econômico para a agricultura, através da redução de perdas pós-colheita, desde que estejam em conformidade com “Good Irradiation Practices” (GIPs) nas condições de manipulação, armazenagem e transporte, estabelecidos pelas autoridades nacionais ou internacionais (MATIN *et al.*, 1996).

O impacto da irradiação sobre os nutrientes tem sido motivo de muitas pesquisas na área de alimentos, observando-se que as alterações são as mesmas que ocorrem nos outros processos empregados na conservação de alimentos, principalmente no que se refere a oxidação de lipídios e à formação de radicais livres. (NARVAIZ & LADOMERY, 1998). Os micronutrientes, em especial as vitaminas, podem sofrer redução em pequenas proporções pelo emprego de irradiação. As vitaminas C e B são as mais sensíveis no grupo das hidrossolúveis e, as vitaminas E e A são as mais sensíveis no grupo das lipossolúveis (KILCAST, 1994).

Em 1997 o comitê FAO/ IAEA/ WHO se reuniu e concluiu que a irradiação em altas doses é semelhante ao convencional processamento térmico, como a esterilização de alimentos de baixa acidez, em que se elimina o perigo biológico dos alimentos destinados ao consumo humano, sem acarretar alterações físicas ou químicas que se constituam em um perigo (LIMA *et al*, 2001).

Informações e dados epidemiológicos levantados, sobretudo nas três últimas décadas, indicam que a hipovitaminose A constitui um problema de saúde pública em várias regiões brasileiras, sobretudo na Região Nordeste do Brasil, identificada como a mais grave da América Latina. Como forma de combater a hipovitaminose A, a Política Nacional de Alimentação e Nutrição – PNAN, aprovada no ano de 1999 pelo Ministro do Estado da Saúde, José Serra, orienta que além da aplicação periódica e emergencial de megadoses de retinol, deverá ser promovido o estímulo à produção e ao consumo de fontes alimentares ricas em vitamina A ou seus precursores. Ressalta-se a importância de um programa de educação nutricional, com o incentivo do consumo de frutas, legumes e hortaliças, que contêm precursores de vitamina A que são os carotenóides ou alimentos que forneçam a vitamina A pré-formada na forma ativa como os alimentos de origem animal (leite e seus derivados, fígado e ovos) (BRASIL, 1999; COZZOLINO, 2005).

As cenouras são consideradas as principais fontes de origem vegetal de α e β -caroteno, que são carotenóides provitamínicos A, entretanto, outros alimentos tais como o fruto buriti do brejo (*Mauritia Flexuosa* L.), foco deste estudo, possuem concentração de carotenóides ainda maiores que as encontradas em cenouras.

Este trabalho tem como objetivo principal analisar as concentrações de carotenóides e ácido ascórbico no fruto e bala de buriti (*Mauritia Flexuosa* L.) após irradiação Gama, fonte césio 137, com doses de 0,5 kGy, 1,0 kGy e 2,0 kGy, assim como também avaliar a concentração de açúcares (frutose, glicose e sacarose) do fruto.

A necessidade desta pesquisa é oriunda da escassez de informações sobre o tema e da aplicabilidade dos resultados no combate á hipovitaminose A.

Deste modo, os seguintes objetivos específicos foram atingidos:

a) Quantificação da concentração de carotenóides totais por espectrofotometria.

b) Determinação de açúcares (frutose, glicose e sacarose), ácido ascórbico, luteína, α e β carotenos por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE).

c) Avaliação da influência da irradiação e do tempo de armazenamento na concentração de carotenóides, açúcares e ácido ascórbico por meio de testes estatísticos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 NUTRIÇÃO

A alimentação e a nutrição constituem requisitos básicos para a promoção e a proteção da saúde, possibilitando a afirmação plena do potencial de crescimento e desenvolvimento humano, com qualidade de vida e cidadania. No plano individual e em escala coletiva, esses atributos estão consignados na Declaração Universal dos Direitos Humanos, promulgada há 50 anos, os quais foram posteriormente reafirmados no Pacto Internacional sobre Direitos Econômicos, Sociais e Culturais (1966) e incorporados à legislação nacional em 1992 (BRASIL, 2003).

São inúmeros os problemas inerentes à alimentação e nutrição inadequados. De início, as informações oriundas do Unicef (1998) dão conta que nos países em desenvolvimento, cerca de 55% das mortes infantis estão ligadas à desnutrição.. Cabe destacar que não há na história recente da humanidade, qualquer situação mórbida com esta magnitude, apesar dos avanços alcançados na redução da prevalência do problema. Além do efeito mais desfavorável, ou seja, a mortalidade, a desnutrição energético-protéica (DEP) agrava o curso de outras doenças, prolonga o tempo de internação e resulta em seqüelas para o desenvolvimento mental (BRASIL, 2003).

A Política Nacional de Alimentação e Nutrição (PNAN) aprovada pela Portaria 710, de 10 de junho de 1999 apresenta como propósito a garantia da qualidade dos alimentos colocados para consumo no país, a promoção de práticas alimentares saudáveis e a prevenção e o controle dos distúrbios nutricionais, bem como o estímulo às ações intersetoriais que propiciem o acesso universal aos alimentos. Uma das diretrizes da política é a promoção da saúde através da promoção das práticas alimentares e estilos de vida saudáveis, destacando a socialização do conhecimento sobre alimentos e o processo de alimentação, bem como acerca da prevenção dos problemas nutricionais, desde a desnutrição, incluindo as carências específicas, até a obesidade. Ela também amplia o conceito de segurança alimentar e nutricional, e um de seus pontos prioritários está relacionado com deficiências de

micronutrientes, centralizadas no trinômio vitamina A/ferro/iodo, sobre as quais as avaliações recentes evidenciaram um quadro preocupante (BRASIL, 1999).

2.1.1 CAROTENÓIDES – VITAMINA A

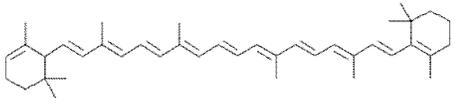
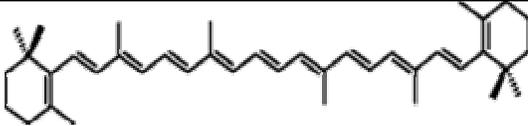
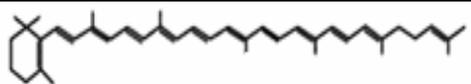
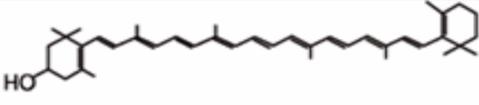
Carotenóides são pigmentos naturais, de cor amarela, laranja e vermelha, presentes em frutos, legumes, flores, cogumelos, peixes e frutos do mar. Atualmente, são conhecidos, aproximadamente, 600 tipos de carotenóides. Estes são usados como corantes, entretanto, é na nutrição que os carotenóides ganham maior importância, pois, aproximadamente, 10% deles apresentam atividades pró-vitamina “A”. Os carotenóides precursores de vitamina “A” mais encontrados na natureza são: α -caroteno, β -caroteno, γ -caroteno e criptoxantina (tabela 2.1), sendo que o de maior mérito é o β -caroteno e seus isômeros, tendo em vista a sua maior atividade de vitamina “A”, em relação aos demais. Os carotenóides (α , γ e criptoxantina) apresentam 50% ou menos de atividade pró-vitáminica A (RODRIGUEZ-AMAYA, 1989).

Estima-se que os alimentos de origem vegetal, em especial as hortaliças verdes folhosas e as frutas coloridas, possam servir como fonte alternativa e barata desta vitamina em alguns países em desenvolvimento, devido aos preços elevados dos alimentos de origem animal (RODRIGUEZ-AMAYA, 1996). O reconhecimento da importância desses compostos na saúde humana tem levado inúmeros pesquisadores a realizarem estudos, buscando determinar as concentrações desses pigmentos nos alimentos mais consumidos.

Dos mais de 600 carotenóides conhecidos, aproximadamente 50 são precursores da vitamina A. O carotenóide precursor possui pelo menos um anel de β -ionona não substituído, com cadeia lateral poliênica (figura 2.1) com um mínimo de 11 carbonos. Entre os carotenóides, o β -caroteno é o mais abundante em alimentos e o que apresenta a maior atividade de vitamina A (AMBRÓSIO, 2006).

O β -caroteno, além de sua transformação em vitamina A, apresenta uma gama enorme de aplicações na indústria de alimentos como corante natural, podendo ser empregado em margarinas, manteigas, queijos, carnes e macarrão (BARUFFALDI *et al*, 1983).

TAB. 2.1 Carotenóides precursores de vitamina A.

Carotenóides	Fórmula estrutural
α -caroteno	
β -caroteno	
γ -caroteno	
criptoxantina	

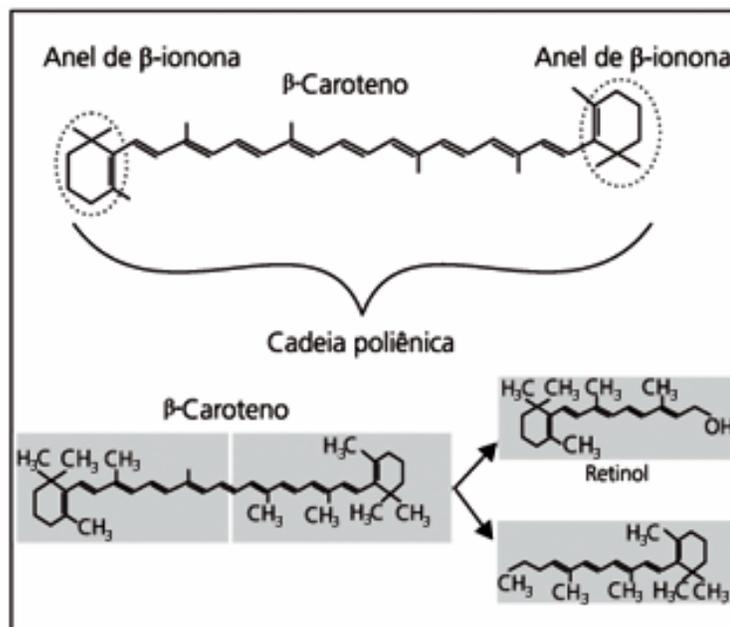


FIG. 2.1 Estrutura química e clivagem do β -caroteno.

2.1.1.1 IMPORTÂNCIA DA VITAMINA A

A Vitamina A é essencial ao crescimento e desenvolvimento do ser humano. Atua também na manutenção da visão, no funcionamento adequado do sistema imunológico (defesa do organismo contra doenças, em especial as infecciosas), mantêm saudáveis as mucosas (cobertura interna do corpo que recobre alguns órgãos como nariz, garganta, boca, olhos, estômago) e também atuam como barreiras de proteção contra infecções (RAMALHO *et al*, 2002).

2.1.1.2 HIPOVITAMINOSE A

Vários estudos nutricionais realizados na Amazônia Ocidental Brasileira têm apontado a deficiência de vitamina A (DVA) como um dos principais problemas de saúde pública, pois atinge populações do mundo inteiro (CAMPOS *et al*, 2005). Segundo a Organização Mundial da Saúde, só nas Américas a prevalência de hipovitaminose A é de cerca de 20%. A deficiência de vitamina A foi detectada em vários estados brasileiros dentre eles: Amazonas, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Bahia, Minas Gerais, São Paulo e Santa Catarina (WHO, 1995). A deficiência de vitamina A constitui problema endêmico em boa parte das regiões Norte, Nordeste e Sudeste. Apesar da escassez de informações, é possível identificar a população infantil do Nordeste como a mais vulnerável ao problema, uma vez que entre 16% a 55% das crianças apresentam dosagem de vitamina A abaixo de 20 µg/dl, caracterizando situações de carências endêmicas.

Existem, igualmente, indicações da ocorrência da hipovitaminose A em bolsões de pobreza de Minas Gerais e de São Paulo, além de áreas da região Norte. Nessas áreas, mais de 15% das amostras de sangue examinadas comprovaram que a dosagem de vitamina A estava também abaixo do limite.

2.1.2 VITAMINA C - ÁCIDO ASCÓRBICO

O ácido L-ascórbico apresenta grande importância para sistemas bioquímicos, farmacológicos, eletroquímicos, processamento de alimentos e outros, sendo suas propriedades de oxidação uma das características químicas de maior interesse.

Vitamina C é o termo frequentemente usado para referir-se ao ácido L-ascórbico (I), e ao seu produto de oxidação inicial, o ácido L-deidroascórbico, sendo que ambos apresentam atividade como vitaminas. No entanto, os isômeros (II), (III) e (IV) (figura 2.2) praticamente não apresentam atividades vitamínicas. (DAVIES, *et al*, 1991).

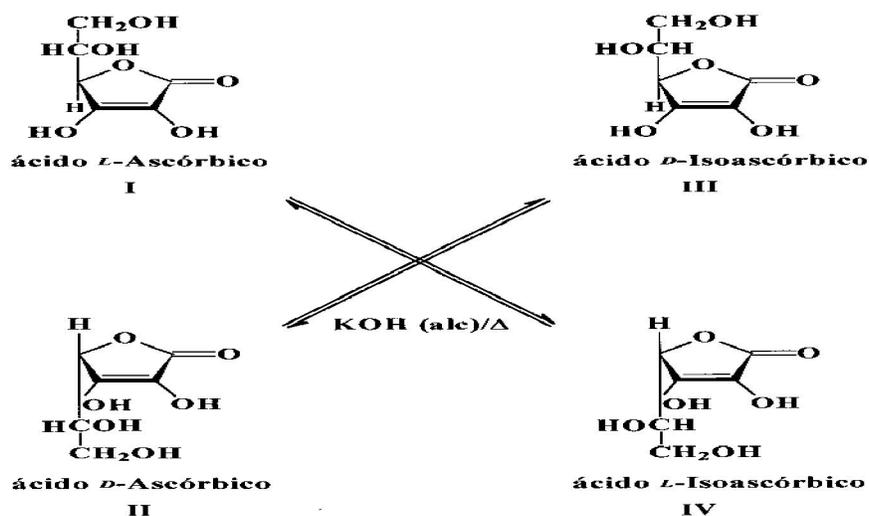


FIG. 2.2 Ácido L-ascórbico e seus isômeros.

2.1.3 AÇÚCARES (SACAROSE, FRUTOSE E GLICOSE)

Os açúcares pertencem a uma classe de compostos orgânicos chamada carboidratos, ou hidratos de carbono. O nome deriva da reação de fotossíntese que ocorre nas plantas, com a ação catalítica da clorofila: o dióxido de carbono se combina com a água e formam a glicose. As moléculas de glicose (figura 2.3) podem se combinar e formar outros três componentes característicos das plantas: a sacarose (figura 2.4), a celulose e o amido. As moléculas de celulose garantem a sustentação da planta, e as de amido servem como um armazenamento energético.

Tanto a sacarose (figura 2.3) e amido são vitais para as necessidades básicas do homem (MINATTI, 2007).

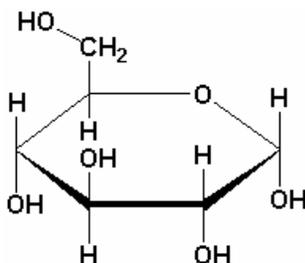


FIG. 2.3 Glicose - $C_6H_{12}O_6$

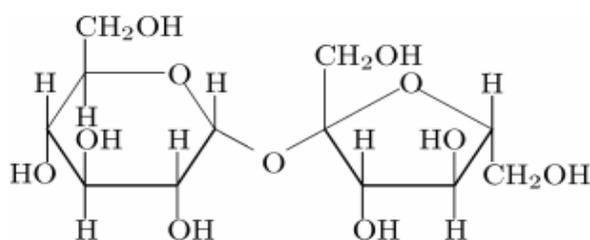


FIG. 2.4 Sacarose - $C_{12}H_{22}O_{11}$

Os carboidratos podem ser vistos como aldeídos poli-hidroxilados ou cetonas poli-hidroxiladas; ou, ainda, compostos que, pela hidrólise, podem se transformar nestes. Eles podem ser divididos em quatro grandes grupos: monossacarídeos, dissacarídeos, oligossacarídeos e polissacarídeos. Os monossacarídeos são carboidratos não polimerizados, por isso, não sofrem hidrólise. Possuem em geral entre três e sete átomos de carbono. A estrutura de um monossacarídeo consiste em uma cadeia carbônica não-ramificada, apresentando ligações simples entre os carbonos. A glicose (figura 2.3), a frutose (figura 2.5) e a galactose (figura 2.6) são os monossacarídeos mais comuns, e possuem a mesma fórmula molecular: $C_6H_{12}O_6$. A frutose e a glicose são encontradas em frutas e no mel e a galactose no leite dos mamíferos. Embora tenham a mesma fórmula molecular, estes compostos têm estruturas químicas diferentes, isto é, são isômeros. O sabor de cada um também é diferente. Sabe-se que o doce do açúcar depende grandemente da posição dos grupos -OH que compõe a estrutura molecular (MINATTI, 2007).

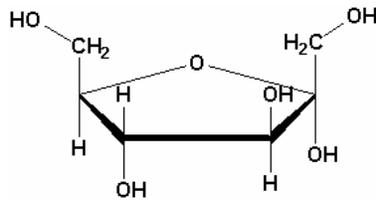


FIG. 2.5 Frutose - $C_6H_{12}O_6$

Quando duas moléculas de um açúcar simples se unem elas formam um dissacarídeo. A sacarose (figura 2.4), por exemplo, é um dissacarídeo formado por uma unidade de frutose e outra unidade de glicose. A energia contida nas ligações químicas na frutose, glicose ou sacarose é a responsável por suprir, na maioria dos seres vivos, a energia necessária para suas atividades (MINATTI, 2007).

Os monossacarídeos podem, também, se combinar e formar macromoléculas, com longas cadeias de unidades de frutose, glicose ou galactose repetidas. Estes são os polissacarídeos: moléculas com mais de 10.000 unidades de açúcares. Mais de uma centena de espécies foram identificadas, mas as mais comuns são a celulose e o amido (MINATTI, 2007).

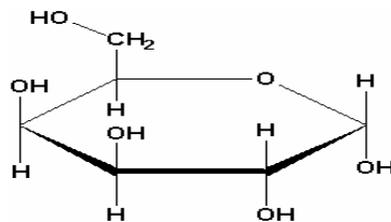


FIG. 2.6 Galactose – $C_6H_{12}O_6$

Os carboidratos são muito importantes para os seres vivos. O mecanismo de armazenamento de energia, em quase todos os seres vivos de nosso planeta, baseia-se em carboidratos ou lipídeos; os carboidratos são uma fonte de energia imediata, enquanto que os lipídeos queimam em uma velocidade menor, servindo para longo prazo. O ciclo metabólico da glicose, por exemplo, é vital para os organismos vivos, tal como o homem. Falhas neste ciclo acarretam vários males, tal como os desencadeados pela diabetes (MINATTI, 2007).

2.2 O CERRADO BRASILEIRO

A região do cerrado ocupa uma área de aproximadamente 204 milhões de hectares e localiza-se no Centro-Oeste brasileiro, englobando, também, áreas satélites em outras regiões do país.

A vegetação apresenta outras fitofisionomias variadas como Campo Limpo, Campo Sujo, Cerrado e Cerradão.

A temperatura média anual varia de 18°C a 23°C e a precipitação média é de 1500 mm, com distribuição caracterizada por uma estação chuvosa (setembro a abril) e outra seca (maio a agosto). Cerca de 80% da precipitação anual concentra-se entre os meses de setembro a abril, podendo ocorrer, nesse período, intervalos de seca de uma a três semanas, denominados veranicos. Os solos dominantes são da classe latossolos que ocupam as vastas chapadas de relevo plano a suave-ondulado. Suas propriedades físicas tornam esses solos adequados para a produção agrícola, embora apresentem limitação quanto a fertilidade natural, hoje, contornadas pela tecnologia existente. Estima-se que 138 milhões de hectares sejam terras aptas à produção agrícola, enquanto 60 milhões de hectares deverão contemplar às áreas marginais e àquelas recomendadas para a preservação da biodiversidade (PLANTARUM, 2007).

Dentro da variedade das frutas encontradas nesta região destacam-se a araticum (figura 2.7), a cagaita (figura 2.8), a mangaba (figura 2.9), o piqui (figura 2.10), o baru (figura 2.11) e o buriti (figura 2.12).



FIG. 2.7 Fruto do cerrado - Araticum (*Annona crassiflora* Mart)



FIG. 2.8 Fruto do cerrado - Cagaita (*Eugenia dysenterica* DC).



FIG. 2.9 Fruto do cerrado - Mangaba (*Hancornia speciosa* Gomez).



FIG. 2.10 Fruto do cerrado - Piqui (*Caryocar brasiliense* Camb.).



FIG. 2.11 Fruto do cerrado - Baru (*Dipteryx alata* Vog.)



FIG. 2.12 Fruto do cerrado - Buriti (*Mauritia Flexuosa* Linn.F.)

2.2.1 BURITI

A árvore do Buriti é uma palmeira aquática (figura 2.13), que ocorre nas veredas do cerrado brasileiro. Tem caule solitário, do tipo estipe, de até 30m altura, 30-60cm de diâmetro, dióica (masculina ou feminina), com 8-20 folhas em forma de leque, o fruto elipsóide oblongo, lustroso, escamoso, de cor castanho-avermelhado, propaga-se por semente, que é espalhada principalmente pela arara-canindé, floresce na época seca e é resistente a fogo. A árvore cresce em condições edáficas e de umidade especiais, ou seja, possui raízes do tipo pneumatóforo que suprem a falta de oxigênio nos brejos, mas podem ser sufocadas por assoreamento, quando não há manejo adequado do solo depois do desmatamento do cerrado, o que causa a morte da planta. Possui ampla distribuição em toda América tropical, desde o Peru, Colômbia, Venezuela, Trinidad até o Brasil. No Brasil, é encontrado na Amazônia, Bahia, Ceará, Goiás, Mato Grosso, Maranhão, Pará, Piauí, São Paulo e Tocantins. O Buriti não apresenta um consumo regular em todas as regiões do Brasil; os frutos

são consumidos, principalmente na forma de sucos e doces caseiros, pela população local de algumas áreas específicas das regiões Norte e Central (PLANTARUM, 2007)



FIG. 2.13 Palmeira do Buriti (*Mauritia Flexuosa* L.)

A composição química e o valor energético do Buriti estão representados na tabela 2.2.

TAB. 2.2 – Composição química e o valor energético de 100g da polpa do Buriti.

Calorias	Glicídios (g)	Proteínas (g)	Lipídios (g)	Ca (mg)	P (mg)	Fe (mg)	Vitaminas				
							A (µg)	B1 (µg)	B2 (µg)	C (µg)	Niacina (µg)
114,9	2,16	2,95	10,50	158	44	5,00	6000	30	230	20,8	0,700

2.2.2 USOS E IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E NUTRICIONAL DO BURITI

2.2.2.1 FRUTOS

O uso mais difundido entre a população do Acre é na forma de "vinho", uma bebida refrescante obtida da maceração e adição de água à polpa do fruto previamente aquecido; invariavelmente é tomado com "farinha de mandioca" e açúcar. A cidade de Cruzeiro do Sul é o maior centro produtor e consumidor de produtos derivados do "Buriti", especialmente os frutos. No mercado central da cidade estima-se que são comercializados, diretamente para o público, aproximadamente 600 litros de "vinho" por dia. Além do mercado central, vendedores ambulantes realizam suas vendas pelas ruas da cidade, normalmente utilizando uma haste de madeira com vários sacos de polietileno de 1 litro expostos. Em menor escala é possível se encontrar doces, cremes e geléias sendo vendidos no comércio. Em Rio Branco a maior popularização dos frutos só ocorreu depois do advento do despulpamento mecanizado, em máquinas originalmente desenvolvidas para preparar o açaí (*Euterpe oleracea*). Nas sorveterias e bares de Rio Branco o buriti é superado na preferência popular por outras frutas tropicais, tais como o cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), graviola (*Annona muricata*) e açaí (*Euterpe precatoria*) (PLANTARUM, 2007).

Em outros estados do Brasil e em outros países os usos que se dão aos diversos produtos e subprodutos derivados dos frutos são praticamente similares aos descritos anteriormente. As diferenças existentes entre o maior ou menor aproveitamento da planta que podem ser creditadas a fatores culturais, no caso dos Indígenas, e secundariamente, ao estágio de desenvolvimento sócio-econômico das comunidades "civilizadas" que tradicionalmente dependeram, mesmo que parcialmente, da mesma.

CALVALCANTE (1999), citando PESCE (1940), afirma que é possível obter açúcar (97% sacarose) da seiva do tronco, depois de submetê-la ao mesmo processo adotado na extração de açúcar de cana.

Segundo a Dra. Délia Rodriguez-Amaya, professora e pesquisadora da Unicamp, o buriti constitui uma das principais fontes de pró-vitamina A encontradas

na biodiversidade brasileira (6.490 microgramas de retinol equivalente por 100g de polpa). O elevado potencial pró-vitâmico deste fruto é resultado dos altos teores de β -caroteno, principal fonte pró-vitamina A encontrada no reino vegetal. Estudos realizados pela Dra. Tânia da Silveira Agostini-Costa, pesquisadora da Embrapa, em parceria com Dr. Daniel Barrera-Arellano, professor da Unicamp, reforçam o potencial pró-vitamina A do buriti. Segundo trabalhos desenvolvidos por estes pesquisadores, um grama de óleo de buriti apresentou 1.181 microgramas de beta-caroteno, o que faz deste óleo uma das maiores fontes de pró-vitamina A (AGOSTINI-COSTA *et al*, 2007).

2.2.2.2 FOLHAS E FIBRAS

As nervuras das folhas mais velhas, ou "talas", são utilizadas na confecção de brinquedos conhecidos localmente como papagaios (pipas), vendidos em alguns poucos pontos comerciais ou por ambulantes, com maior demanda no período do verão. As fibras são retiradas das folhas mais novas, após um processo de separação e secagem da epiderme dos segmentos e estas podem ser tecidas em diversas formas, incluindo cordão, corda e até redes. As fibras verdadeiras, que estão em volta das folhas mais novas, são utilizadas como elementos acessórios na confecção de cestos, sacolas e adornos.

2.2.2.3 PROPRIEDADES

PITTIER (1939) e PEREZ-ARBELAEZ (1978) fizeram uma descrição do uso medicinal de *M. flexuosa*, na Guiana, Venezuela e Colômbia. Um tipo de papa preparado a partir do estame é excelente para diarreia e desinterias. O mesocarpo preservado em folhas de *Asclepias curassavica* é usado para fazer uma bebida digestiva e laxativa. PIERPONT (1971) cita o uso de amêndoas como abortivo na América do Sul e Antilhas. No Brasil, BRAGA (1960) afirma que as folhas são usadas durante o banho como excelente emoliente.

2.2.2.4 EXTRAÇÃO DE ÓLEO E O POTENCIAL DA ESPÉCIE PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL

ALTMAN (1958, 1964) discutiu a possibilidade de instalar pequenas unidades de processamento de óleo a partir de frutos maduros e demonstrou que, de cada 1.000kg de frutos frescos, era possível se extrair 340 kg de seiva aquosa, 45 kg de óleo similar ao óleo de Dendê, 146 kg de press cake, 92 kg de carvão vegetal, 74 kg de ácido pyrolgheous e 12 kg de tar (alcatrão).

Na atualidade, a demanda por óleo de origem vegetal para a produção de biodiesel tem levado a uma grande procura por várias espécies com alto potencial produtivo, entre elas, inclui-se o buriti.

2.3 RADIAÇÃO

2.3.1 EMISSÃO GAMA

Quando um núcleo decai por emissão de radiação alfa ou beta, geralmente o núcleo residual tem seus nucleons fora da configuração de equilíbrio, ou seja, estão alocados em estados excitados. Conseqüentemente, atingirem o estado fundamental emitem a energia excedente sob a forma de radiação eletromagnética, denominada radiação gama (γ), conforme é ilustrado na figura 2.14.

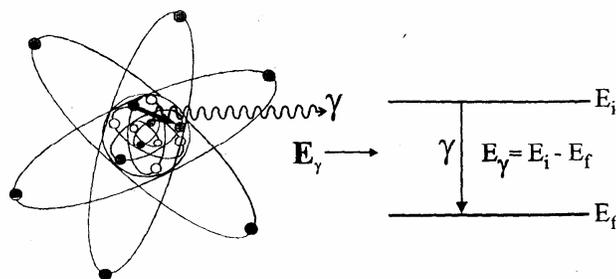


FIG. 2.14 Representação da emissão da radiação gama pelo núcleo.

A energia da radiação gama é bem definida e depende somente dos valores inicial e final de energia dos orbitais envolvidos na transição, ou seja:

$$E_{\gamma} = E_i - E_f = h \cdot \nu \quad (\text{Eq. 2.1})$$

onde:

h = constante de Planck = $6,6252 \cdot 10^{-34}$ J.s

ν = frequência da radiação.

O estudo dos raios gama (γ) permite a obtenção de uma série de informações, tais como os níveis energéticos nucleares que associados aos decaimentos alfa e beta (α e β). A emissão de radiação gama pelo núcleo sempre ocorre após este sofrer um decaimento alfa ou um decaimento beta (que pode ser negativo ou positivo). Ou seja, quando os decaimentos alfa ou beta não são puros, o núcleo após essa emissão das partículas radioativas fica em um estado excitado, à semelhança dos elétrons nas camadas eletrônicas, assim como ocorre na emissão de raios X nas camadas eletrônicas. É preciso que o núcleo, para chegar ao seu estado fundamental, emita esse excesso de energia, e isso é feito na forma de radiação gama (TAUHATA, 2003).

A radiação gama não possui carga elétrica e, portanto, não pode ser desviada nem por campos elétricos, nem por campos magnéticos, o que faz com que ela apresente um grande alcance através da matéria. Por esse fato, deve-se tomar muito cuidado quando se trabalha com fontes de radiação gama. Pelo fato deste tipo de radiação não possuir carga elétrica, sua energia não pode ser mensurada através de aparelhos como espectrômetros magnéticos, devendo-se utilizar outros mecanismos para mensurar sua energia. Um deles, e também o método mais direto, consiste em determinar seu comprimento de onda, e posteriormente sua energia, usando-se para isso um cristal como rede de difração. O mecanismo de absorção de raios γ pela matéria também é diferente do das partículas carregadas, o que resulta em um poder de penetração muito maior dos raios gama (TAUHATA, 2003).

Há vários processos de interação da radiação gama com a matéria, sendo três os mais representativos para a detecção desta radiação: Efeito Fotoelétrico, Efeito Compton e Produção de Pares. Todos esses processos de interação produzem uma transferência completa ou parcial da energia de um fóton para um elétron. Nesses processos de interação com a matéria, os fótons gama podem ter sua energia parcial ou totalmente dissipada, dependendo do valor de sua energia inicial e da

forma como o fóton colide com os elementos que constituem o material (TAUHATA, 2003).

2.3.2 APLICAÇÕES DA RADIAÇÃO GAMA

Existem várias aplicações da radiação gama. Na agricultura, podem ser citadas algumas delas para o estudo de propriedades físicas dos solos, tais como medidas de densidade, umidade, espessura, condutividade hidráulica e análise granulométrica.

Na área industrial, é utilizada em esterilização de material médico-cirúrgico (figura 2.15), odontológico, de laboratório, frascos, embalagens, fármacos, descontaminação de produtos, cosméticos, matérias primas, fitoterápicos, chás, processamento de alimentos, especiarias, condimentos, corantes, coloração de vidros, pedras preciosas, melhoria de fibras sintéticas e de polímeros, produção de inoculantes para a agricultura, impregnação de madeiras e outros materiais (EMBRARAD, 1980).



FIG. 2.15 Materiais cirúrgicos esterilizados com radiação gama, fonte de Co^{60} na EMBRARAD - Empresa Brasileira de Radiações.

2.3.3 IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS

A demanda por alimentos nutritivos e higienicamente seguros vem crescendo mundialmente. Ao mesmo tempo, a contaminação por microorganismos, especialmente em alimentos de origem animal, continua a ser o maior problema de Saúde Pública, ocasionando considerável aumento de doenças de origem alimentar e afetando, conseqüentemente, a saúde e produtividade das populações humanas (TAIPINA *et al.*, 2000).

As elevadas perdas de alimentos em todo mundo, que atingem quase 1/3 da produção, têm preocupado muitos países. A busca incessante por métodos de conservação mais sofisticados e rápidos, que mantenham o alimento seguro e prolonguem seu tempo de vida comercial, faz com que pesquisadores invistam em pesquisas voltadas para o aperfeiçoamento de processos alternativos de conservação dos produtos. Uma tecnologia, já amplamente testada, cuja eficiência é comprovada em várias aplicações e para diversos tipos de alimentos é a irradiação (VITAL, 2005).

O processo consiste na exposição dos alimentos, já embalados ou a granel, a um campo de radiações altamente penetrantes, por um determinado tempo, com o objetivo de destruir bactérias patogênicas, parasitas, fungos e insetos; ou inibir o processo de maturação de frutos e o tratamento de produtos vegetais (MALISKA, 2000). Neste processo, os átomos são excitados causando a dissociação de moléculas e danificando o DNA cromossômico dos insetos, parasitas, fungos e microorganismos presentes nos alimentos. Por sua vez, os radicais livres produzidos pela interação da radiação, principalmente com as moléculas de água no meio, também atacam a carga biológica presente. Os efeitos desses dois mecanismos se somam, reduzindo significativamente, ou mesmo eliminando totalmente, problemas de infestação ou contaminação, conseqüentemente conferindo aos produtos irradiados uma melhor qualidade higiênica (HERNANDES *et al.*, 2003).

A energia envolvida na irradiação é insuficiente para alterar os núcleos atômicos do material irradiado e, como esse último não entra em contato com a fonte radioativa, o alimento não se torna radioativo (VITAL, 2000).

A utilização da radiação para preservar alimentos foi fortemente impulsionada pelo Exército Americano, com trabalhos de pesquisas, iniciados em 1953. Em 1960,

as pesquisas passaram a serem direcionadas, preferencialmente, para a irradiação como método de esterilização de produtos cárneos, em substituição à apertização e ao congelamento das rações militares, com o objetivo de prolongar durante meses, a salubridade dos produtos (DIEHL, 1990).

Na década de 50, foram iniciados programas no campo da irradiação na Inglaterra e em seguida na Bélgica, Canadá, França, Polônia e países baixos, República Federal da Alemanha e pela antiga União Soviética (DIEHL, 1990).

Em 1980, um Comitê Misto de Especialistas em Irradiação de Alimentos (CMEIA) da Organização Mundial de Saúde (OMS), da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) e Food Agriculture Organization (FAO), concluiu que, os alimentos irradiados não apresentam problemas toxicológicos, microbiológicos ou nutricionais, se irradiados até uma dose absorvida máxima de 10kGy (AIEA, 1991). Entretanto, em 1997 o comitê FAO/ IAEA/ WHO se reuniu e concluiu que a irradiação em altas doses é semelhante ao convencional processamento térmico, como a esterilização de alimentos de baixa acidez, em que se elimina o perigo biológico dos alimentos destinados ao consumo humano, sem acarretar alterações físicas ou químicas que se constituam em um perigo (LIMA, 2001).

As fontes de radiação autorizadas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) são os isótopos radioativos emissores de radiação gama, cobalto 60 e céscio 137; Raios X gerados por máquinas que trabalham com energia de até 5 MeV; e elétrons gerados por máquinas que trabalham com energias de até 10 MeV (BRASIL, 2001).

No início das pesquisas sobre irradiação de alimentos, os tratamentos que visavam à redução da microbiota no alimento foram caracterizados em dois grupos (DIEHL, 1990):

a) Pasteurização pela radiação, cujo objetivo era destruir somente parte da população microbiana, retardando o início da deterioração dos alimentos ou eliminando um grupo particular de microorganismos importantes para a saúde pública.

b) Esterilização pela radiação, objetivando a obtenção de alimentos indefinidamente estáveis, pela máxima redução ou total eliminação de todos os microorganismos.

De acordo com alguns autores, por várias razões, esta terminologia era considerada insatisfatória. A esterilização pela radiação não poderia ser igualada à esterilização pelo calor, porque a radiação não inativa vírus na mesma proporção que o calor e, o uso da palavra pasteurização para designar dois tratamentos diferentes, mostrava-se ambíguo (BRASIL, 1968; DIEHL, 1990; WHO, 1994).

Assim em 1964, na tentativa de classificar o processo de irradiação de alimentos, foram propostos os termos radicação, radurização e radapertização, até poucas vezes utilizados na literatura.

A esterilização pela radiação passou a corresponder ao processo de apertização em que o produto é considerado “comercialmente estéril”, induzindo então ao termo radapertização para o correspondente processo por radiação.

A expressão “radiação-pasteurização” foi desmembrada em radicação, por analogia ao termo bactericida e, radurização, implicando em idéia de alimento mais durável.

Os termos são explicados a seguir:

- a) Radicação: relacionado à desinfestação e a destruição de bactérias e parasitas, este termo refere-se ao tratamento dos alimentos com aplicação de uma dose de energia ionizante na faixa de 2 a 8 kGy, suficiente para reduzir o número viável de bactérias patogênicas não esporulantes, de interesse para saúde pública, a um nível tal que nenhuma seja detectável no alimento, tratado, quando este é examinado por qualquer método bacteriológico conhecido;
- b) Radurização: é a aplicação aos alimentos de uma dose de radiação ionizante, em torno de 0,4 a 10 kGy, suficiente para reduzir o número de microrganismos patogênicos contaminantes e promover a desinfestação de insetos prejudiciais aos alimentos, aumentando assim a qualidade dos alimentos e prolongando o período de armazenamento, sem alterar suas características sensoriais significativamente. Este processo é considerado ideal para aplicação em produtos que são *in natura* e pode ser também utilizado para conservação de frutos do mar, frutas secas e alguns produtos cárneos (ESPANHA, 1967);

- c) Radapertização: este termo corresponde ao alimento caracterizado como “comercialmente estéril”, uma vez que a radiação dentro de uma faixa de dose acima de 10 kGy, considerada alta pelos especialistas, é aplicada com o objetivo de reduzir a atividade dos microrganismos patogênicos, de tal modo que muito poucos ou nenhum, com exceção dos vírus, sejam detectáveis pelos métodos de análises preconizados, independentemente do tempo e condições de armazenamento do alimento, desde que ele seja devidamente embalado.

Alimentos como pescados, carnes cruas e cozidas, produtos vegetais, alimentos desidratados, sal, açúcar, ervas, especiarias, entre outros, podem ser tratadas com doses de radapertização. Doses altas, acima de 10 kGy, esterilizam alimentos para uma grande variedade de usos, como em alimentação de astronautas durante viagens espaciais, de pacientes imunocomprometidos hospitalizados (ADA REPORTS, 1996; PSZCZOLA, 1997; OLSON, 1998), por alpinistas, velejadores e outros desportistas (DIEHL, 1990).

Em 1983, o “*Codex Alimentarius*” da ONU aprovou normas para o processamento de alimentos por irradiação, que passaram a servir de base para a legislação dos países membros que adotaram a técnica. Atualmente, cerca de 40 países já possuem legislação específica para a irradiação de alimentos e trinta países possuem instalações, onde alimentos são irradiados rotineiramente. A Comissão do *Codex* é um órgão conjunto da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO) e da Organização Mundial de Saúde (OMS), que representa mais de 130 países (LOAHARANU, 1997). As razões que estimulam o uso da irradiação de alimentos em vários países estão relacionadas às grandes perdas, que ocorrem constantemente, como consequência da infestação, contaminação e decomposição dos mesmos, à crescente preocupação com respeito às doenças transmitidas por alimentos e o aumento do comércio internacional de produtos alimentícios sujeitos a normas de exportação rígidas relativas à qualidade e à quarentena. Em todas essas aplicações, a irradiação de alimentos tem demonstrado benefícios práticos, quando associada a um eficiente sistema logístico de manipulação e distribuição.

Atualmente, as autoridades sanitárias em mais de 40 países autorizam a irradiação de mais de 60 tipos distintos de alimentos, que englobam, desde especiarias a grãos, carne de frango desossado, carnes vermelhas, frutas e vegetais (LIMA, 2004).

2.3.4 IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS NO BRASIL

Em 1969, a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) organizou um grupo de trabalho, encarregado de pesquisar a preservação de alimentos por meio das radiações ionizantes. Este grupo elaborou um plano nacional de irradiação de alimentos e reuniu em torno de si, por meio de convênios, uma série de laboratórios oficiais, encarregados de análises de alimentos. Passaram então a realizar pesquisas em alimentos irradiados, o Laboratório Bromatológico do Rio de Janeiro, o Instituto de Tecnologia Alimentar, o Instituto de Nutrição do Rio de Janeiro, o Instituto Adolpho Lutz, a Escola de Veterinária do Exército e outras instituições (BRASIL, 1969).

Naquela época, as amostras eram irradiadas no Instituto de Energia Nuclear da Universidade Federal do Rio de Janeiro, que possuía um irradiador alimentado com uma fonte de cobalto 60 (Co^{60}). A Escola de Veterinária do Exército foi designada para realizar as provas biológicas, exigidas pela Agência Internacional de Energia Atômica, constantes em todos os programas internacionais de pesquisa deste tipo e, além disso, ficou encarregada de realizar todas as provas físico-químicas, relativas à análise do milho irradiado. Em princípios de 1971, o grupo de trabalho recebeu da Agência Internacional um irradiador do tipo cavidade, alimentado com fonte de césio 137 (Cs^{137}), com maior capacidade na câmara de irradiação. Este irradiador foi instalado no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), no Rio de Janeiro. Os alimentos irradiados, usados para testes biológicos em camundongos e ratos albinos, foram a batata inglesa e o milho. A batata, irradiada com objetivo de inibição de brotação e o milho, de desinfestação parasitária. Não foi constatada a presença de lesões ou alterações nos animais que pudessem ser atribuídas aos produtos irradiados (BRASIL, 1968).

A primeira legislação para irradiação de alimentos no Brasil foi estabelecida em 29 de agosto de 1973, com o Decreto Lei nº 72.718 do Ministério da Saúde. Em

1985, a Divisão Nacional de Vigilância Sanitária (DINAL) aprovou as Normas Gerais para Irradiação de Alimentos. Em 1989, outra portaria da DINAL, criou uma tabela para alimentos irradiados, com o tipo e nível de energia, taxa de dose média, e estipulou que a dose absorvida não excedesse 10 kGy, tendo a finalidade de assegurar a inocuidade, sob o ponto de vista toxicológico, nutricional e microbiológico, além de proibir irradiações repetidas dos alimentos.

Todavia as portarias da DINAL foram revogadas em 2001 com a aprovação da Resolução – RDC nº 21, de 26 de janeiro de 2001, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) – criando, no seu Artigo primeiro, o Regulamento Técnico para Irradiação de Alimentos. Estabelecendo, nas letras a e b do anexo 4.3, que a dose mínima absorvida deva ser o suficiente para alcançar a finalidade pretendida, e a dose máxima absorvida deva ser inferior àquela que comprometeria as propriedades funcionais e os atributos sensoriais dos alimentos.

A partir de 1992, as pesquisas sobre irradiação de alimentos passaram a ser desenvolvidas pelo IPE/CTEx em Guaratiba, RJ, usando-se um irradiador gama de pesquisa com fonte de césio-137, atualmente a maior instalação irradiadora usada exclusivamente para pesquisa no Brasil .

Dezenas de pesquisas na área já foram também desenvolvidas pelo CENA/USP (Piracicaba, SP), cujo Departamento de Entomologia tem se destacado há quatro décadas no estudo da radiosensibilidade de vários insetos, objetivando o uso da esterilização de machos para controle de pragas e determinando a extensão da vida comercial de diversos produtos irradiados, dentre eles, grãos, farináceos, tubérculos, frutas, legumes, carnes e sucos. Outros institutos e universidades que também desenvolvem pesquisas na área de irradiação de alimentos no Brasil são: COPPE (UFRJ); IPEN e IRD (institutos da CNEN); e a UFRRJ, dentre outros (VITAL *et al*, 2004).

O emprego da irradiação comercial em alimentos ainda é muito limitado no Brasil, praticamente se restringindo a alguns produtos desidratados destinados à exportação, em especial, condimentos destinados à exportação, com destaque para a pimenta do reino.

A nova legislação brasileira, expressa na Resolução RDC nº 21/ANVISA, é considerada a mais avançada do mundo, uma vez que não estabelece quantitativamente limites de doses para o tratamento de alimentos. Ela autoriza a

irradiação de alimentos no Brasil, desde que seja realizada com fontes de cobalto-60 ou céσιο-137, ou dispositivos fonte com energia máxima de 5 MeV para raios X e 10 MeV para feixes de elétrons. Além disso, ela já adota as recomendações mais recentes do ICGFI - Grupo Consultor Internacional para Irradiação de Alimentos (ICGFI, 2000), exigindo apenas que a dose mínima absorvida seja suficiente para alcançar a finalidade pretendida e a dose máxima seja inferior àquela que comprometeria as propriedades funcionais e ou os atributos sensoriais do alimento (VITAL, 2001).

A irradiação comercial de alimentos em nosso País tem sido realizada desde a década de 70 nos irradiadores da Empresa Brasileira de Radiações - EMBRARAD, localizados em Cotia (SP) e, mais recentemente, também nos irradiadores da Companhia Brasileira de Esterilização (CBE) – Campinas (SP). Ambas constituem atualmente as principais instalações comerciais, onde gêneros alimentícios, juntamente com outros tipos de produtos, são irradiados no Brasil (VITAL, 2000). Em 2005, foi inaugurado o irradiador piloto (semi-comercial) do IPEN, destinado à pesquisa e a testes de viabilidade de irradiação comercial (VITAL, 2005). Dois irradiadores, construídos exclusivamente para tratamento de alimentos pelas empresas Tech Ion (em Manaus) e Sure Beam (no Rio de Janeiro), encerraram suas atividades após operarem durante cerca de 1 ano.

Atualmente, já se observa, por parte de algumas instituições, um crescente esforço na divulgação e no esclarecimento dos aspectos básicos desta técnica, abordando suas vantagens e o vasto potencial que representa para o nosso País. A irradiação de alimentos seja usada para melhorar a qualidade fitossanitária de grãos, retardar o amadurecimento de frutas ou o brotamento de tubérculos etc., mostra-se comprovadamente como uma atraente opção para aumentar a oferta de alimentos mais saudáveis, duráveis e diversificados, capaz de contribuir para que um maior número de pessoas em todo o mundo tenha acesso a um padrão nutricional mais adequado, conseqüentemente, proporcionando um aumento na produtividade social do homem, além de melhorar a competitividade dos países exportadores de alimentos no mercado internacional.

Deve ser ressaltado também que, apesar do crescente interesse de vários grupos e da construção de novos irradiadores, esse método de conservação, alvo de muitos preconceitos e ataques infundados, ainda carece de mais divulgação e de

esforços multi-institucionais coordenados, visando à implantação de um plano de irradiação de alimentos em larga escala, adequado às reais condições e necessidades brasileiras (VITAL *et al*, 2004).

2.3.5 RESUMO DO HISTÓRICO DA IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS

Dentre os fatos históricos marcantes que contribuíram com o desenvolvimento da irradiação de alimentos podemos destacar:

1895 - Descobrimto dos raios-X (Roentgen).

1896 - Descobrimto da radioatividade (Becquerel).

1896 - Estudo do efeito bactericida dos raios X (MINCK).

1905 - Primeira proposta documentada para uso da radiação ionizante na conservação de alimentos. Patente inglesa Nº. 1609 de 26 de janeiro de 1905.

1916 - Uso dos raios-X no controle de insetos (RUNNER).

1918 - Patente americana para uso da radiação (raios X) na conservação de alimentos.

1921 - Uso da radiação para inativação do parasita *Trichinella spiralis* em carne de porco nos USA.

1930 - Patente francesa para uso da radiação para eliminar bactérias em alimentos enlatados.

1943 - Esterilização de hambúrgueres por radiação ionizante.

1948 - Uso de elétrons acelerados para conservação de alimentos, principalmente carnes.

1951 – Divulgação dos resultados de 5 anos de estudos no MIT (Massachusetts Institute of Technology): esterização segura de alimentos e medicamentos pelo uso da radiação ionizante (sem uso de calor).

1950-1960 - Desenvolvimento de Programas de Irradiação de Alimentos pelos governos dos Estados Unidos, Bélgica, Alemanha, Canadá, França, União Soviética, Polônia.

1963 - FDA (U.S. Food and Drug Administration) aprova para consumo humano, “bacon” esterilizado por radiação ionizante.

1967 - Introdução de alimentos esterilizados por radiação ionizante aos astronautas americanos do programa espacial Apollo.

1969 – Homem vai a lua, comendo alimentos irradiados.

1980 - A Organização Mundial da Saúde (WHO) recomenda o uso da radiação ionizante em alimentos e libera para o consumo humano produtos com doses de até 10 kGy.

1999- Liberação para o consumo humano, alimentos tratados com doses de radiação superiores a 10 kGy pela Organização Mundial da Saúde.

2.3.6 ACEITABILIDADE DA IRRADIAÇÃO

Apesar de toda aprovação e controle no emprego da irradiação, diversas barreiras ainda persistem e impedem que os alimentos irradiados alcancem a completa comercialização. Na verdade, não são barreiras de natureza técnica ou científica, mas relacionadas ao custo de sua utilização e de aceitação pelo consumidor. Assim, apesar de cientificamente aceito como um excelente método de conservação de alimentos e de atualmente ser o único capaz de tornar inativos os patógenos em alimentos crus e congelados, o progresso no uso comercial da irradiação tem sido lento. Interpretações errôneas dos consumidores, que freqüentemente acham difícil avaliar os benefícios dessa técnica de processamento e a falta de informações têm limitado o uso dessa tecnologia. (ORNELLAS, *et al*, 2006).

Estudos realizados nos Estados Unidos analisando a aceitabilidade de carne vermelha irradiada mostraram que a maioria dos consumidores conhecia a irradiação de alimentos, via imprensa escrita e falada, como sendo um processo tecnológico eficaz em prolongar a vida útil dos alimentos, além de destruir bactérias causadoras de toxinfecções alimentares, com pouquíssimas ou nenhuma alteração nas suas características físico-químicas, e ainda mostraram-se favoráveis à irradiação em detrimento ao uso de aditivos alimentares. Esse estudo mostrou a necessidade de promover campanhas educacionais apresentando essa tecnologia como sendo de vanguarda, pois leva ao consumidor alimentos saudáveis. O que ficou evidenciado quando o aspecto tecnológico da irradiação foi explicado e que

motivou os consumidores para adquirirem os produtos irradiados, havendo maior receptividade por parte de mulheres e crianças (SIQUEIRA, 2001).

Atitudes deverão ser implementadas, começando pela conscientização dos consumidores em relação à segurança e benefícios obtidos por esta técnica e passando também por um estreitamento nas relações entre governo e as indústrias do setor, que precisam ser fortalecidas (ORNELLAS, *et al*, 2006).

2.3.7 CUSTO DO PROCESSO DE IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS.

Os custos para operar um irradiador comercial podem ser divididos em duas etapas:

- 1) Investimento inicial de máquina e equipamentos, transporte, obras e instalações;
- 2) Custos operacionais.

De acordo com informações comerciais disponíveis (PROJETO GAMA-RAD) as tabelas 2.3 e 2.4 listam os investimentos e os custos operacionais, em dólares.

TAB. 2.3 Investimentos, em dólares, para irradiação de alimentos.

INVESTIMENTOS EM DÓLARES	
IRRADIADOR	3.500.000,00
FORTE RADIOATIVA	Incluída no irradiador (400.000 Ci)
CONSTRUÇÃO CIVIL	1.000.000,00
PERIFÉRICOS	1.000.000,00
UTILIDADES	150.000,00
TERRAPLANAGEM	80.000,00
LAUDOS TÉCNICOS	20.000,00
TOTAL	5.750.000,00

FONTE: Projeto Gama-rad.

Os investimentos iniciais são necessários para o ajuste da operação e estão fortemente associados com fatores de segurança. Os custos operacionais variam com a extensão da operação e são similares ao custo de uma planta de processamento de alimentos convencional.

Dependendo da dose desejada, os custos líquidos variam significativamente, conforme descrito na tabela 2.4.

TAB. 2.4 Custos líquidos da irradiação de alimentos de acordo com a dose.

CUSTOS LÍQUIDOS DE IRRADIAÇÃO	
DOSE	CUSTO
Baixa	entre 10 e 15 dólares por tonelada
Alta	entre 100 e 250 dólares por tonelada

FONTE: Projeto Gama-rad.

A Tabela 2.5 apresenta a relação entre o custo de uma instalação para tratamento de alimentos com irradiação de cobalto-60 e outros métodos.

TAB. 2.5 Comparação de custos entre uma instalação de tratamento de alimento com irradiação com outros métodos.

TIPOS DE INSTALAÇÕES PARA TRATAMENTO DE ALIMENTOS	CUSTO (US\$)
Irradiação	3.000.000,00 a 5.000.000,00
Esterilização	2.000.000,00
Vapor quente	1.000.000,00

FONTE: Projeto Gama-rad.

O tempo de recuperação do capital empregado numa instalação de irradiação depende do tipo de produto e do tempo que este leva para ser irradiado de acordo com as especificações técnicas, que determina o volume final de produção.

Para o cálculo do retorno do investimento deve-se levar em consideração:

- a) o preço de venda do alimento;
- b) a quantidade produzida;
- c) o custo de oportunidade com a diminuição da perda com estocagem.

2.4 TÉCNICAS ANALÍTICAS

2.4.1 ESPECTOFOTOMETRIA

Os métodos espectroscópicos baseiam-se na absorção e/ou emissão de radiação eletromagnética por muitas moléculas, quando os seus elétrons se movimentam entre níveis energéticos. A espectrofotometria baseia-se na absorção da radiação nos comprimentos de onda entre o ultravioleta e o infravermelho (figura 2.16).

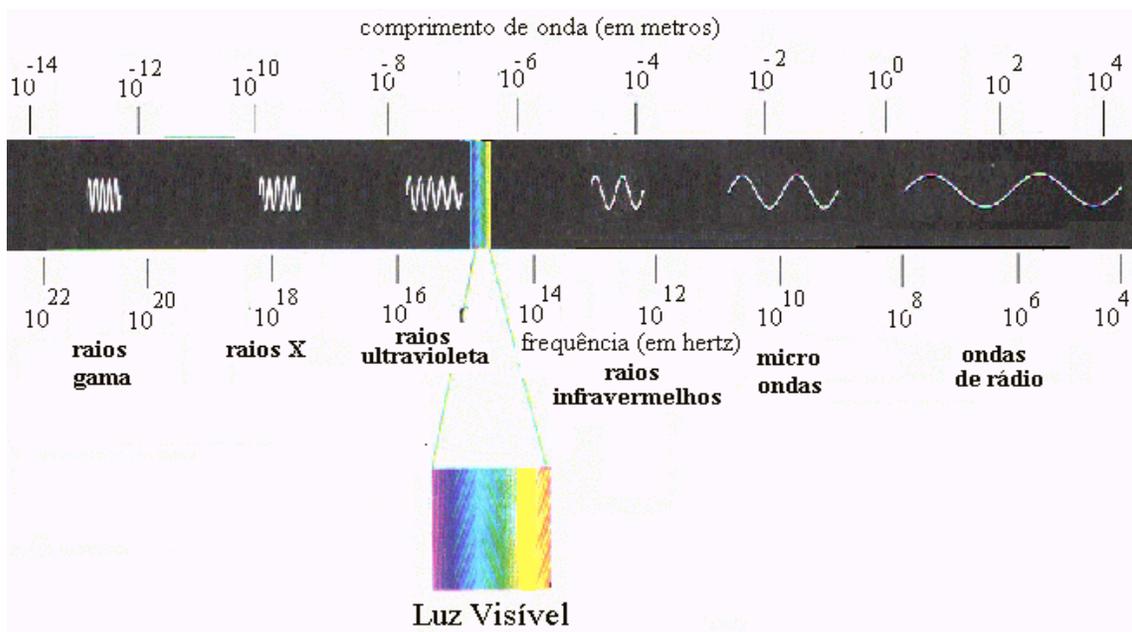


FIG. 2.16 Espectro eletromagnético.

Fonte: < http://nautilus.fis.uc.pt/wwwfi/hipertextos/espectro/hiper_espectro.html >

O espectro do visível está contido essencialmente na zona entre 400 e 800 nm de comprimento de onda (Tabela 2.6).

TAB. 2.6 Comprimentos de onda da luz visível.

Cor	Comprimento de onda (nm)
violeta	390 - 455
azul	455 - 492
verde	492 - 577
amarelo	577 - 597
laranja	597 - 622
vermelho	622 - 780

Quando a radiação interage com a matéria, um certo número de processos pode ocorrer, incluindo reflexão, espalhamento, absorção, fluorescência/fosforescência (absorção e reemissão), e reações fotoquímicas (absorção e quebra de ligações químicas) (GORDON, 1995).

Como a luz é uma forma de energia, a absorção de luz pela matéria faz com que a quantidade de energia das moléculas (ou átomos) aumente.

A energia potencial total (Eq. 2.2) de uma molécula é representada geralmente como a soma de suas energias eletrônica, vibracional e rotacional:

$$E_{total} = E_{eletrônica} + E_{vibracional} + E_{rotacional} \quad (\text{Eq. 2.2})$$

A quantidade de energia que uma molécula possui em cada uma das formas não é contínua mas uma série de níveis discretos ou níveis de estado. As diferenças de energia entre os diferentes estados são na seguinte ordem:

$$E_{eletrônica} > E_{vibracional} > E_{rotacional} \quad (\text{Eq. 2.3})$$

No processo de excitação eletrônica, o comprimento de onda da luz absorvida é aquele que tem energia suficiente para mover um elétron de um nível inferior de energia para um nível superior de energia (GORDON, 1995).

Para transições eletrônicas, a diferença de energia entre o estado fundamental e o estado excitado é relativamente grande. Além disso, a absorção de energia e o retorno para o estado fundamental são processos rápidos, e o equilíbrio é alcançado muito rapidamente. Dessa forma, uma simples relação linear entre absorbância e

concentração e a relativa facilidade de medida da intensidade da luz têm feito com que a espectroscopia seja a base de vários métodos analíticos quantitativos (GORDON, 1995).

Quando a luz passa através de uma amostra ou quando ela é refletida de uma amostra, a quantidade de luz absorvida é a diferença entre a radiação incidente (I_0) e a radiação transmitida (I). A quantidade de luz absorvida é expressa tanto como transmitância ou absorbância (GORDON, 1995).

Transmitância é dada normalmente em termos de uma fração da radiação transmitida (I) ou como uma percentagem e, é definida como:

$$T = I/I_0 \text{ ou } T\% = (I/I_0) 100 \quad (\text{Eq. 2.4})$$

A absorbância é definida como:

$$A = -\log T \quad (\text{Eq. 2.5})$$

A primeira formulação matemática relacionando transmitância da luz com concentração de uma substância foi atribuída a Lambert em 1760, embora tenha sido comentado que Bouguer já tenha verificado este efeito em 1729:

$$T = I/I_0 = 10^{-kb} \quad (\text{Eq. 2.6})$$

onde: T = transmitância;
 I_0 = intensidade transmitida;
 I = intensidade incidente;
 k = constante;
 b = comprimento do percurso (cm).

A lei de Beer é idêntica à lei de Bouguer, exceto que está relacionada com a concentração. A quantidade de luz absorvida é proporcional ao número de moléculas que absorvem através da passagem da luz.

Combinando as duas leis resulta na lei de Beer-Bouguer-Lambert:

$$T = I/I_0 = 10^{-kbc} \quad (\text{Eq. 2.7})$$

onde: c = concentração das espécies absorvedoras (expresso normalmente em g L^{-1} ou mg L^{-1}).

2.4.2 CROMATOGRAFIA

A cromatografia é um método físico-químico de separação. Ela está fundamentada na migração diferencial dos componentes de uma mistura, que ocorre devido a diferentes interações, entre duas fases imiscíveis, a *fase móvel* e a *fase estacionária*. A grande variedade de combinações entre fases móveis e estacionárias a torna uma técnica extremamente versátil e de grande aplicação (DEGANI *et al*, 1998).

O termo cromatografia foi primeiramente empregado em 1906 e sua utilização é atribuída a um botânico russo ao descrever suas experiências na separação dos componentes de extratos de folhas. Nesse estudo, a passagem de éter de petróleo (fase móvel) através de uma coluna de vidro preenchida com carbonato de cálcio (fase estacionária), à qual se adicionou o extrato, levou à separação dos componentes em faixas coloridas. Este é provavelmente o motivo pelo qual a técnica é conhecida como cromatografia (*chrom* = cor e *graphie* = escrita), podendo levar à errônea idéia de que o processo seja dependente da cor (DEGANI *et al*, 1998).

A cromatografia pode ser utilizada para a identificação de compostos, por comparação com padrões previamente existentes, para a purificação de compostos, separando-se as substâncias indesejáveis, e para a separação dos componentes de uma mistura. As diferentes formas de cromatografia podem ser classificadas considerando-se diversos critérios, sendo alguns deles listados abaixo:

- I. Classificação pela forma física do sistema cromatográfico;
- II. Classificação pela fase móvel empregada;
- III. Classificação pela fase estacionária utilizada;
- IV. Classificação pelo modo de separação.

Dentre os diferentes tipos de cromatografia, destaca-se a cromatografia líquida de alta eficiência – CLAE.

2.4.2.1 CROMATOGRAFIA LÍQUIDA DE ALTA EFICIÊNCIA - CLAE

As fases móveis utilizadas em CLAE devem possuir alto grau de pureza e estar livres de oxigênio ou outros gases dissolvidos, sendo filtradas e desgaseificadas antes do uso. A bomba deve proporcionar ao sistema vazão contínua sem pulsos

com alta reprodutibilidade, possibilitando a eluição da fase móvel a um fluxo adequado. As válvulas de injeção usadas possuem uma alça de amostragem para a introdução da amostra com uma seringa e duas posições, uma para o preenchimento da alça e outra para sua liberação para a coluna. Existem alças de diversos volumes, sendo utilizadas geralmente alças na faixa de 5-50 mL para injeções analíticas e 0,5-2 mL para preparativas. As colunas são geralmente de aço inoxidável, com diâmetro interno de cerca de 0,45 cm para separações analíticas e na faixa de 2,2 cm para preparativas. O comprimento é variável, sendo comuns colunas analíticas de 10-25 cm e preparativas em torno de 25-30 cm. Essas colunas são reaproveitáveis, sendo empacotadas com suportes de alta resolução, não sendo necessária sua regeneração após cada separação. O detector mais utilizado é o detector de ultravioleta, sendo também empregados detectores de fluorescência, de índice de refração, e eletroquímicos, entre outros. Detectores de polarimetria para CLAE, recentemente desenvolvidos, diferenciam compostos quirais, através da rotação de seus estereoisômeros frente à luz plano-polarizada. O registro de dados pode ser feito através de um registrador, um integrador ou um microcomputador (DEGANI *et al*, 1998).

A versatilidade desta técnica reside no grande número de fases estacionárias existentes, as quais possibilitam análises e separações de uma ampla gama de compostos com alta eficiência. Tem sido utilizada em várias áreas da ciência, no acompanhamento de sínteses, em análises de pesticidas, feromônios, no isolamento de produtos naturais e sintéticos e na produção e controle de qualidade de medicamentos, dentre tantas outras aplicações. As separações em CLAE podem se dar por adsorção, partição ou ambos. O suporte mais comumente utilizado é a sílica. O uso de fases estacionárias líquidas adsorvidas a um suporte não tem grande aplicação devido à perda de fase estacionária, mas o uso de suportes modificados, os quais foram desenvolvidos como consequência do problema acima, possibilita a produção de uma imensa variedade de colunas com diferentes propriedades e tipos de seletividade. As fases assim obtidas são chamadas de quimicamente ligadas (DEGANI *et al*, 1998).

Essas fases, dependendo da modificação feita ao suporte, podem atuar no modo normal, reverso ou ambos. Na cromatografia em fase normal, a fase estacionária é mais polar que a fase móvel, e em fase reversa, a fase móvel é mais polar.

Separações analíticas são predominantemente realizadas em fase reversa, sendo a fase C18 (octadecilsílica) a mais usada, ao passo que são preferidas fases que atuem no modo normal para fins preparativos, em vista de que separações no modo reverso utilizam fases móveis aquosas. Entre as fases quimicamente ligadas, merecido destaque deve ser dado às fases estacionárias quirais, as quais possibilitam a separação direta de enantiômeros. Para tanto, é necessária a presença de um seletor quiral como parte integrante da fase estacionária (DEGANI *et al*, 1998).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ORIGEM DOS FRUTOS BURITI (*MAURITIA FLEXUOSA* L.)

As amostras do fruto Buriti, para a irradiação e análises físico-químicas, foram coletadas na cidade de Goiás e adquiridas no mês de fevereiro de 2007, as quais foram transportadas via área para o Estado do Rio de Janeiro e armazenadas sob congelamento à -18°C. Um segundo lote, para a confecção das balas, foi recebido em novembro de 2007.

3.2 A IRRADIAÇÃO DO BURITI

3.2.1 O IRRADIADOR

O irradiador (figura 3.1) utilizado está no Centro tecnológico do Exército (CTEx), o qual é capaz de prover simultaneidade a duas câmaras com volume total de 80 litros, uma taxa de dose máxima igual a 2 kGy/h e com boa uniformidade, sendo a razão entre dose máxima e mínima inferior a 20%. O irradiador é do tipo cavidade com fonte de cézio 137 auto-recolhível, controlada por um sistema eletro-eletrônico, com portas blindadas móveis. As duas câmaras de irradiação têm dimensões de 138x37x19 cm cada, sendo localizadas acima e abaixo do plano da fonte. O peso total de sua estrutura é de 19 toneladas e ainda possui vários sistemas de segurança, os quais incluem dispositivos lógicos e travas fixas, que garantem o funcionamento seguro, eliminando qualquer possibilidade de exposição acidental à fonte (VITAL, 2004).



FIG. 3.1 Irradiador do Centro Tecnológico do Exército - CTEEx.

3.2.2 CÁLCULO DA TAXA DE DOSE

Os fatores para cálculo da taxa de dose são o decaimento da fonte, altura da amostra, auto-atenuação e o fator de build-Up.

O cálculo dos tempos de exposição foi realizado usando um programa desenvolvido especialmente para o irradiador, com base em um mapeamento dosimétrico, o qual leva em consideração: o decaimento da fonte, a altura, densidade e geometria da amostra.

3.2.3 PREPARAÇÃO DOS BURITIS PARA IRRADIAÇÃO

Os Buritis foram separados, dois a dois, em sacos plásticos para receber a irradiação com doses de 0,5 kGy, 1,0 kGy e 2,0 kGy (figura 3.2).



FIG. 3.2 Buritis separados em saco plástico para receber uma dose de 2,0 kGy de radiação gama.

Após a irradiação, as amostras foram colocadas numa caixa térmica e levadas para a Embrapa Agroindústria de Alimentos, a qual é uma empresa brasileira que possui um laboratório acreditado em ensaio de carotenóide pelo INMETRO.

3.3 PREPARO DA AMOSTRA PARA AS ANÁLISES

O preparo para esta análise foi feita em etapas, as quais estão descritas abaixo:

- I – Descongelamento e retirada da cascados frutos buritis (figura 3.3);
- II – Despoldamento do fruto;
- III – Homogeneização e pesagem da polpa.



FIG. 3.3 Buritis sendo descascados no laboratório da Embrapa Agroindústria de Alimentos.

3.4 DETERMINAÇÃO DE CAROTENÓIDES TOTAIS, LUTEÍNA, α E β -CAROTENO EM BURITIS.

O processo de extração descritos no item 3.4.1 foi realizado para Buritis irradiados e controle (não irradiado).

3.4.1 EXTRAÇÃO DOS CAROTENÓIDES.

Os carotenóides foram extraídos com acetona e celite 545, Purified (origem: USA. CR-0338 – TEDIA). As amostras sofreram partição para éter de petróleo (figura 3.4).



FIG. 3.4 Solução de éter de Petróleo, cetona, água e carotenóides.

A fase móvel foi transferida para balão volumétrico (100 ml) através de funil com sulfato de sódio anidro e quantificados por espectrofotometria a 450 nm.

A análise cromatográfica foi realizada num cromatógrafo da WATERS (figura 3.5) com as seguintes condições cromatográficas:

- a) coluna cromatográfica: YCM Carotenoid S-3 de 4,6 x 250mm PN CT99S032546WT.
- b) detector: Rede de Fotodiodos UV/Vis de 300 a 600 nm com configuração padrão.
- c) fase móvel: gradiente de Metanol/Éter Metil *Terc*-Butil.
- d) tempo de corrida: 28 minutos.
- e) fluxo: 0,8 mL/min.
- f) temperatura de coluna: 33°C.
- g) temperatura do injetor: 15°C.
- h) pH de trabalho: 2 a 7.
- i) volume padrão de injeção: 25 μ L



FIG. 3.5 Cromatógrafo da WATERS – Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE).

3.4.2 BURITI CONTROLE (NÃO IRRADIADO)

A determinação da quantidade de carotenóides totais, luteína α e β -caroteno do Buriti sem sofrer radiação foi realizada, no dia 28 de fevereiro de 2007, em uma amostra do lote logo após sua chegada ao Rio de Janeiro. A análise ocorreu na Embrapa Agroindústria de Alimentos, utilizando 1,0128 g de polpa. As concentrações de carotenóides totais foram obtidos por espectrofotometria e os dois carotenos (α e β) e luteína por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência - CLAE.

3.4.3 BURITI IRRADIADO

A primeira análise da quantidade de carotenóides totais, luteína α e β -caroteno de Buritis irradiados com doses de 0,5 kGy, 1,0 kGy e 2,0 kGy de radiação gama foi realizada em 03 de abril de 2007 no CTEEx (Centro Tecnológico do Exército). Enquanto que a segunda ocorreu no dia 03 de julho, no mesmo ano e local.

A extração e quantificação, em duplicata, dos carotenóides ocorreram na Embrapa Agroindústria de Alimentos utilizando a espectrofotometria para

carotenóides totais e Cromatografia Líquida de Alta Eficiência - CLAE para os carotenos (α e β) e luteína.

As tabelas 3.1 e 3.2 mostram as massas de polpa utilizadas para as análises dos carotenóides no primeiro e segundo experimento respectivamente, utilizada para o cálculo dos carotenóides.

TAB. 3.1 Massas das polpas de buritis irradiados e controle (não irradiados) para extração e quantificação, em 03 de abril de 2007, de carotenóides.

Amostra	Massa (g)	Média da massa (g)
Controle	1,1780	1,2242
Controle (duplicata)	1,2704	
Dose de 0,5 kGy	1,1631	1,1241
Dose de 0,5 kGy (duplicata)	1,0850	
Dose de 1,0 kGy	1,0263	1,0251
Dose de 1,0 kGy (duplicata)	1,0238	
Dose de 2,0 kGy	1,0315	1,1488
Dose de 2,0 kGy (duplicata)	1,2660	

TAB. 3.2 Massas das polpas de buritis irradiados e controle (não irradiado) para extração e quantificação, em 03 de julho de 2007, de carotenóides.

Amostra	Massa (g)	Média da massa (g)
Controle	1,0281	1,0298
Controle (duplicata)	1,0315	
Dose de 0,5 kGy	1,0620	1,0418
Dose de 0,5 kGy (duplicata)	1,0215	
Dose de 1,0 kGy	1,0584	1,0616
Dose de 1,0 kGy (duplicata)	1,0648	
Dose de 2,0 kGy	1,0319	1,0213
Dose de 2,0 kGy (duplicata)	1,0106	

As massas das amostras e duplicatas foram utilizadas para o cálculo da luteína e dos dois carotenos (α e β), mas para a quantificação dos carotenóides totais foram utilizadas as médias das massas.

3.5 DETERMINAÇÃO ÁCIDO ASCÓRBICO EM BURITIS.

3.5.1 PREPARO DA AMOSTRA

O preparo da amostra foi o mesmo descrito no item 3.3.

3.5.2 EXTRAÇÃO DO ÁCIDO ASCÓRBICO

A análise das concentrações do ácido ascórbico ocorreu em 3 de abril de 2007 na Embrapa Agroindústria de Alimentos, a qual foi realizada utilizando a CLAE.

As características de análise foram:

- a) coluna: HPX 87 H BIO RAD (7,8 x 300mm)
- b) pré-coluna: mesma fase da coluna (opcional)
- c) detetor: UV 243,8 nm
- d) volume de injeção: 20 μ L;
- e) tempo de corrida: 10min;
- f) temperatura do injetor: 5°C;
- g) vazão de fase móvel: 0,7 mL/min;
- h) fase móvel: Ácido Sulfúrico 0,1 M.

A tabela 3.3 mostra as massas de polpa para as análises de ácido ascórbico dos buritis controle (não irradiados) e irradiados com doses de 0,5 kGy, 1,0 kGy e 2,0 kGy. Todas as amostras foram analisadas em duplicata e retiradas dos mesmos frutos usados para análise de carotenóides.

Para a quantificação da concentração do ácido ascórbico foram utilizadas as médias da massa de cada amostra com o seu controle.

TAB. 3.3 Massas das polpas de buritis irradiados e controle (não irradiados) para extração e quantificação, em 03 de abril de 2007, de ácido ascórbico.

Amostra	Massa (g)	Média da massa (g)
Controle	2,5672	2,5562
Controle (duplicata)	2,5452	
Dose de 0,5 kGy	2,5852	2,5803
Dose de 0,5 kGy (duplicata)	2,5753	
Dose de 1,0 kGy	2,5516	2,5464
Dose de 1,0 kGy (duplicata)	2,5411	
Dose de 2,0 kGy	2,5680	2,5674
Dose de 2,0 kGy (duplicata)	2,5668	

As análises dos açúcares também foram realizadas na Embrapa Agroindústria de Alimentos, no dia 4 de abril de 2007, utilizando a técnica de cromatografia líquida de alta eficiência - CLAE com as seguintes características

3.6 DETERMINAÇÃO DOS AÇÚCARES (FRUTOSE, GLICOSE E SACAROSE) EM BURITIS.

3.6.1 PREPARO DA AMOSTRA

O preparo da amostra é o mesmo descrito no item 3.3.

3.6.2 EXTRAÇÃO DOS AÇÚCARES (FRUTOSE, GLICOSE E SACAROSE).

As análises dos açúcares também foram realizadas na Embrapa Agroindústria de Alimentos, no dia 4 de abril de 2007, utilizando a técnica de cromatografia líquida de alta eficiência - CLAE com as seguintes características:

- a) coluna: Amino 30cm x 4,6 mm (High Performance Carbohydrate).
- b) temperatura da coluna: Ambiente.
- c) fase móvel: Acetonitrila 75%.
- d) fluxo: 1,4 mL/min.
- e) detetor: índice de Refração.
- f) temperatura interna do detetor: 45° C.

- g) volume de injeção: 20µL.
- h) tempo de corrida: 20min.
- i) temperatura do injetor: +10°C.

A tabela 3.4 mostra as massas de polpa utilizadas para as análises dos buritis controle (não irradiado) e irradiados com doses de 0,5 kGy, 1,0 kGy e 2,0 kGy. Todas as amostras foram analisadas em duplicata e retiradas dos mesmos frutos usados para análise de carotenóides e ácido ascórbico.

Para a quantificação da frutose, glicose e sacarose foram utilizadas as médias da massa de cada amostra com o seu controle.

TAB.3.4 Massas das polpas de buritis irradiados e controle (não irradiados) para extração e quantificação, em 04 de abril de 2007, de açúcares (frutose, glicose e sacarose).

Amostra	Massa (g)	Média da massa (g)
Controle	1,1072	1,1053
Controle (duplicata)	1,1033	
Dose de 0,5 kGy	1,1627	1,1111
Dose de 0,5 kGy (duplicata)	1,0595	
Dose de 1,0 kGy	1,0870	1,0909
Dose de 1,0 kGy (duplicata)	1,0948	
Dose de 2,0 kGy	1,1420	1,0870
Dose de 2,0 kGy (duplicata)	1,0319	

3.7 PRODUÇÃO E ANÁLISE NUTRICIONAL DO DOCE DE BURITI IRRADIADO E CONTROLE (NÃO-IRRADIADO).

3.7.1 RECEITA DO DOCE

Ingredientes:

- . 1 medida de raspas de polpa descongelada de buriti
- . 2 medidas de açúcar

. 1 1/2 xícara (chá) de água.

Modo de fazer:

- a) colocar o buriti de molho em água mineral.
- b) descascar e despolpar o fruto após alguns minutos de molho.
- c) misturar todos os ingredientes e levar ao fogo em uma panela.
- d) mexer até aparecer o fundo da panela e colocar em uma tábua para esfriar.
- e) enrolar as balas com papel celofane.

3.7.2 PREPARO DA AMOSTRA PARA IRRADIAR

Após o resfriamento, o doce foi cortado e enrolado, em papel celofane, em forma de balas, as quais foram agrupadas em 8 (oito) lotes de 12 unidades cada.

Os lotes foram separados da seguinte maneira: dois para controle (não irradiado).

3.7.3 DOSES E TEMPO DE IRRADIAÇÃO

A irradiação foi realizada no dia 12 de janeiro de 2007 no Centro de Tecnológico do Exército – CTEEx. A tabela 3.5 apresenta as doses e o tempo de irradiação para cada lote do doce de buriti.

TAB. 3.5 Tempo de exposição para obtenção das doses de 0,5 kGy, 1,0 kGy e 2,0 kGy.

Doses	Tempo de exposição
0,5 kGy	18 min e 22 s
1,0 kGy	36 min e 44 s
2,0 kGy	73 min e 28 s

3.7.4 DETERMINAÇÃO DOS CAROTENÓIDES

3.7.4.1 PREPARO DA AMOSTRA

Foram retiradas e pesadas amostras das balas de buriti controle (não irradiado) e irradiados.

Após a pesagem cada amostra foi dissolvida com 5 ml de água quente, os quais foram retirados de 20 ml de água aquecida durante 20 s na potência máxima do microondas.

A tabela 3.6 mostra as massas das balas usadas para as análises dos carotenóides.

TAB. 3.6 Massas dos doces de buritis irradiados e controle (não irradiados) para extração e quantificação, em 13 de dezembro de 2007, de carotenóides.

AMOSTRA	MASSA (g)	Média da massa (g)
Controle	1,0269	1,0357
Controle (duplicata)	1,0445	
Dose de 0,5 kGy	1,0870	1,0460
Dose de 0,5 kGy (duplicata)	1,0049	
Dose de 1,0 kGy	1,0383	1,0216
Dose de 1,0 kGy (duplicata)	1,0049	
Dose de 2,0 kGy	1,1222	1,1380
Dose de 2,0 kGy (duplicata)	1,1537	

3.7.4.2 EXTRAÇÃO E ANÁLISE DE CAROTENÓIDES.

Os carotenóides foram extraídos com acetona e celite 545 - Tedia. As amostras sofreram partição para éter etílico, o qual substituiu o éter de petróleo.

A substituição do éter de petróleo por éter etílico foi necessária, pois ao fazermos uma primeira análise com este não foi possível a separação dos carotenóides.

A fase móvel é transferida para balão volumétrico (100 ml) através de funil com sulfato de sódio anidro e quantificados por espectrofotometria a 450 nm.

A análise cromatográfica foi realizada utilizando coluna cromatográfica C30 3 μ m 4.6 x 250mm – YMC Carotenoid WATERS, sendo a fase móvel o gradiente de Metanol/Metil t-Butil Éter - 80:20 para 10:90 em 28 minutos, com fluxo 0,8 mL/min e temperatura de 30°C.

3.7.5 QUANTIFICAÇÃO DE ÁCIDO ASCÓRBICO.

3.7.5.1 PREPARO DA AMOSTRA

Descongelaram-se amostras de balas de buriti controle e irradiadas e foram pesadas quatro balas: uma controle e três irradiadas com raios gama nas doses de 0,5 kGy, 1,0 kGy e 2,0 kGy.

Após a pesagem, cada bala foi dissolvida em 5 ml de água quente, os quais foram retirados de 20 ml de água aquecida durante 20 s na potência máxima do microondas.

Preparou-se uma solução de 25 ml da bala dissolvida.

3.7.5.2 EXTRAÇÃO E ANÁLISE DE ÁCIDO ASCÓRBICO

A extração foi realizada nas seguintes etapas:

- a) as soluções foram colocadas num ultra-som durante 10 minutos;
- b) retiraram-se alíquotas de 2,5 ml.
- c) colocaram-se as alíquotas numa centrifuga durante 20 minutos;
- d) após a centrifugação, as alíquotas foram coadas para retirada do volume de injeção.

A análise cromatográfica foi realizada utilizando coluna cromatográfica HPX 87 H BIO RAD (7,8 x 300 mm), sendo o ácido sulfúrico 0,1 M a fase móvel, com fluxo 0,7 mL/min, detector UV 243,8 nm e temperatura de injeção 5°C.

3.7.6 ANÁLISE SENSORIAL

A análise sensorial das balas de buriti foi realizada com 40 provadores, em 14 de dezembro de 2007, no Instituto Militar de Engenharia – IME.

Foram analisados o sabor, a cor, o aroma e a aparência.

O teste estatístico utilizado foi a ANOVA (Análise de Variância por rank) – Krushal-Wallis Test com 95% de nível de confiança.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 QUANTIFICAÇÃO DE CAROTENÓIDES TOTAIS, LUTEÍNA E CAROTENOS (α E β) EM BURITI (*MAURITIA FLEXUOSA* L.)

Os carotenóides totais foram determinados por espectrofotometria e a quantificação da Luteína, α e β carotenos realizada por cromatografia líquida de alta eficiência – CLAE.

4.1.1 ANÁLISE PRELIMINAR PARA CARACTERIZAÇÃO DO FRUTO BURITI

A análise dos carotenóides totais foi realizada no dia 28 de fevereiro de 2007 e ratificou a intensa quantidade de carotenóides presentes nos buritis encontrada na literatura. Neste experimento obteve-se como valor médio 44600 $\mu\text{g}/100\text{g}$ de carotenóides totais.

O cromatograma indicando os valores encontrados de luteína, α e β carotenos estão apresentados na figura 4.1.

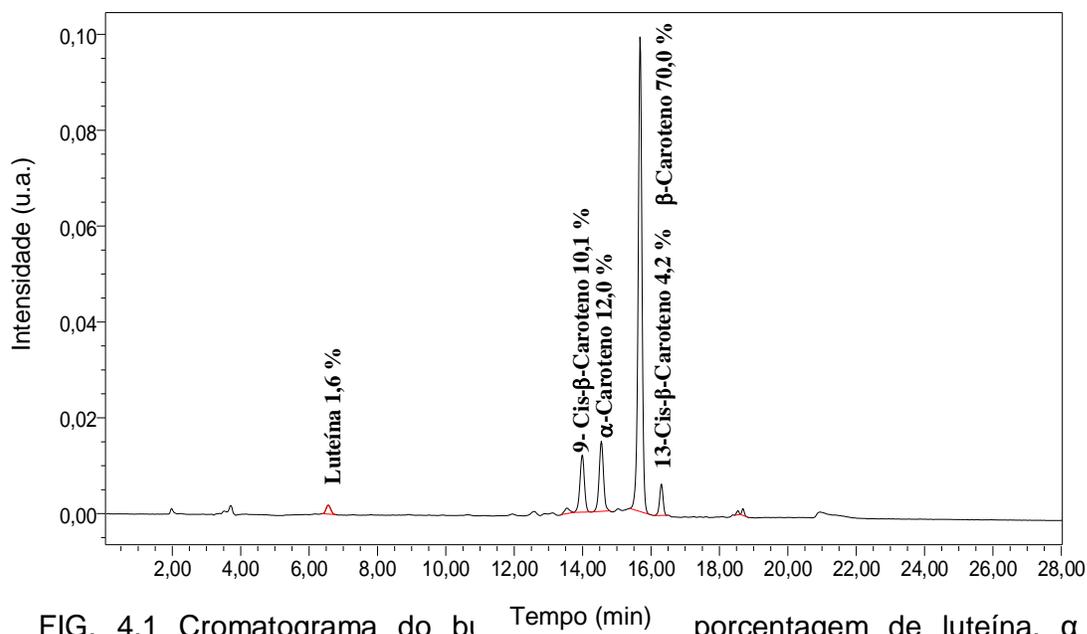


FIG. 4.1 Cromatograma do bi Tempo (min) percentagem de luteína, α e β carotenos.

A quantidade de carotenóides encontrada no buriti é, em média, 4 (quatro) vezes superior a encontrada em cenouras (CAMPOS e ROSADO, 2005).

A tabela 4.1 lista as concentrações de α e β -carotenos, em 44600 $\mu\text{g}/100\text{g}$ de carotenóides totais, encontradas na polpa do fruto buriti e da conversão em retinol de acordo com as orientações do Institute of Medicine – IOM (2001).

TAB. 4.1 Concentrações de carotenos em 100g de polpa de buriti *in natura* e a correspondência em retinol de acordo com as recomendações do IOM (2001).

Carotenos	Valor de carotenos em $\mu\text{g}/100\text{g}$	Retinol em $\mu\text{g}/100\text{g}$ (RAE)
α	5352	223
β	31220	2602
α e β	36572	2825

Segundo a IOM (2001), cada Equivalente de Atividade de Retinol (RAE) corresponde a 1 μg de retinol ou 12 μg de β -caroteno ou 24 μg de α -caroteno (CAMPOS e ROSADO, 2005) .

4.1.2 BURITI IRRADIADO.

A análise dos carotenóides totais, luteína, α e β carotenos dos frutos irradiados e controle ocorreu em dois períodos distintos e separados por 3 meses.

4.1.2.1 ANÁLISES DE CAROTENÓIDES EM BURITI CONTROLE (NÃO IRRADIADO) E IRRADIADO

A primeira análise foi realizada no dia 03 de abril de 2007. Os cromatogramas estão representados nas figuras 4.2, 4.3, 4.4 e 4.5, os quais mostram a concentração de carotenos e luteína em 100 g de polpa para as diferentes doses de radiação, ou seja, 0,5 kGy, 1,0 kGy e 2,0 kGy.

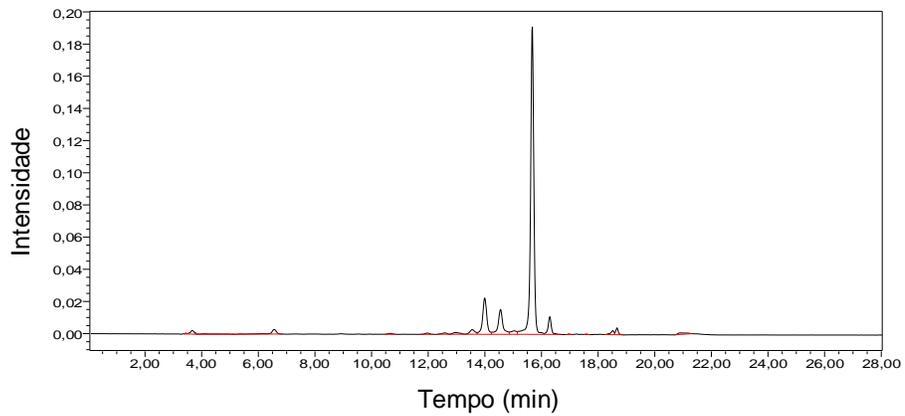


FIG. 4.2 Cromatograma de carotenóides do buriti controle em 03/04/2007.

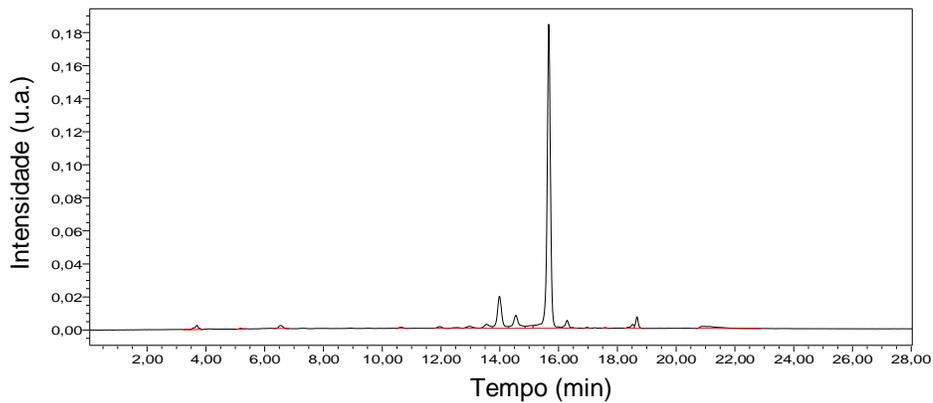


FIG. 4.3 Cromatograma de carotenóides do buriti irradiado, em 03 de abril de 2007, com uma dose de 0,5 kGy.

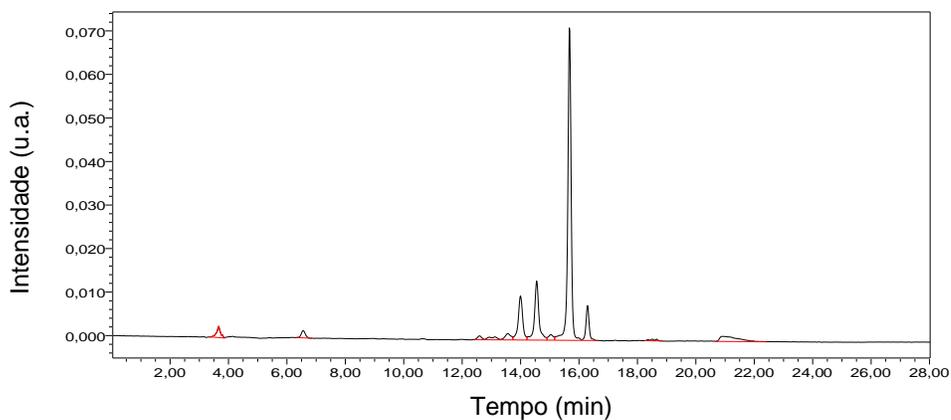


FIG. 4.4 Cromatograma de carotenóides do buriti irradiado, em 03 de abril de 2007, com uma dose de 1,0 kGy.

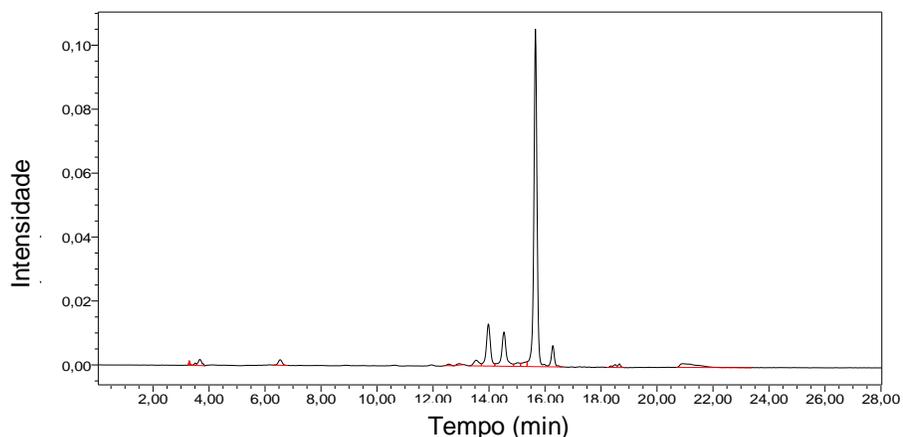


FIG. 4.5 Cromatograma de carotenóides do buriti irradiado, em 03 de abril de 2007, com uma dose de 2,0 kGy.

Em todos os cromatogramas, observa-se a presença de quatro picos majoritários, os quais representam, da esquerda para a direita, respectivamente, 9-cis- β -caroteno, α -caroteno, β -caroteno e o 13-cis- β -caroteno.

A análise por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) tem revelado que muitos alimentos contêm uma quantidade de isômeros trans e cis de carotenos.

A quantidade máxima de isomerização térmica que habitualmente se observa nas frutas e hortaliças enlatadas é cerca de 40% de 13-cis- β -caroteno e de 30% de 9-cis- β -caroteno. Os valores observados nos alimentos tratados termicamente para os isômeros cis do β -caroteno são similares aos valores de equilíbrio na isomerização, catalisada por iodo, de β -caroteno, o que sugere que a extensão e especificidade da isomerização é parecida independentemente do mecanismo que atue.

Cada substância possui o seu pico característico, uma vez que o tempo de retenção da luz visível pelas substâncias analisadas é definido. Os espectros apresentados na figura 4.6 representam, num comprimento de onda de 450 nm, os carotenos citados no parágrafo anterior.

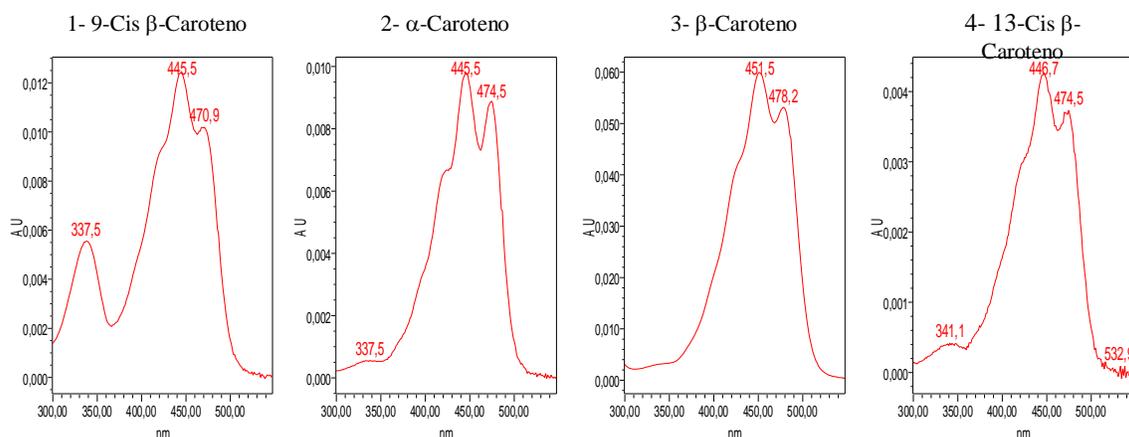


FIG. 4.6 Espectros do 9-Cis β -caroteno, α -caroteno, β -caroteno e 13-Cis β -caroteno para um comprimento de onda igual a 450 nm.

As concentrações dos carotenos dos buritis analisados em 03/04/2007 estão representados na tabela 4.2.

TAB. 4.2 Concentração de carotenóides totais e carotenos em 100g de polpa do controle e buritis irradiados no dia 3 de abril de 2007 e o valor correspondente em retinol de acordo com as recomendações do IOM (2001).

Controle e doses (kGy)	α -Caroteno $\mu\text{g}/100\text{g}$	β -Caroteno $\mu\text{g}/100\text{g}$	Carotenóides totais em $\mu\text{g}/100\text{g}$	Retinol em $\mu\text{g}/100\text{g}$ (RAE)
Controle	3625	34085	37214	2992
0,5 kGy	2924	36667	38617	3177
1,0 kGy	4288	18048	22731	1683
2,0 kGy	3578	24266	29246	2171

O cálculo do foi realizado levando em consideração que o Equivalente de Atividade de Retinol (RAE) corresponde a $1\mu\text{g}$ de retinol ou $12\mu\text{g}$ de β -caroteno ou $24\mu\text{g}$ de α -caroteno (CAMPOS e ROSADO, 2005) .

Os resultados obtidos na análise preliminar para a caracterização do fruto, assim como também aqueles adquiridos com os buritis irradiados foram apresentados oralmente no INAC – International Nuclear Atlantic Conference, o qual foi realizado em Santos – São Paulo no período de 30 de setembro a 5 de outubro de 2007. O

trabalho foi apresentado como o título: “Evaluation of carotenoid contents in irradiated Buriti (*Mauritia flexuosa* L.)” (SILVA, 2007).

A segunda análise ocorreu no dia 03 de julho de 2007, ou seja, 3 meses após a primeira análise com buritis irradiados e controle.

Os dados obtidos estão na tabela 4.3 e os cromatogramas do controle e do buriti irradiado com doses de 0,5 kGy, 1,0 kGy e 2,0 kGy estão nas figuras 4.7, 4.8, 4.9 e 4.10, respectivamente.

TAB. 4.3 Quantidade de carotenóides totais em 100g de polpa de buritis controle (não irradiado) e irradiados no dia 3 de julho de 2007.

Controle e doses (kGy)	Carotenóide totais em µg/100g
Controle	37646
0,5 kGy	32517
1,0 kGy	33762
2,0 kGy	26564

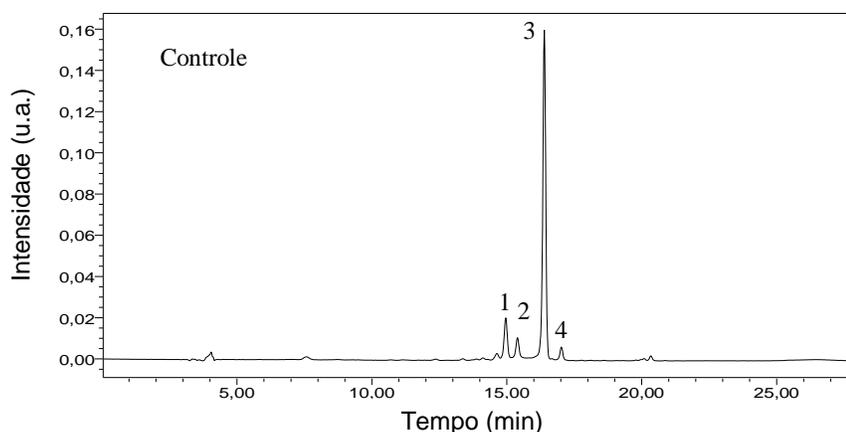


FIG. 4.7 Cromatograma de carotenóides do buriti controle em 03/07/2007.

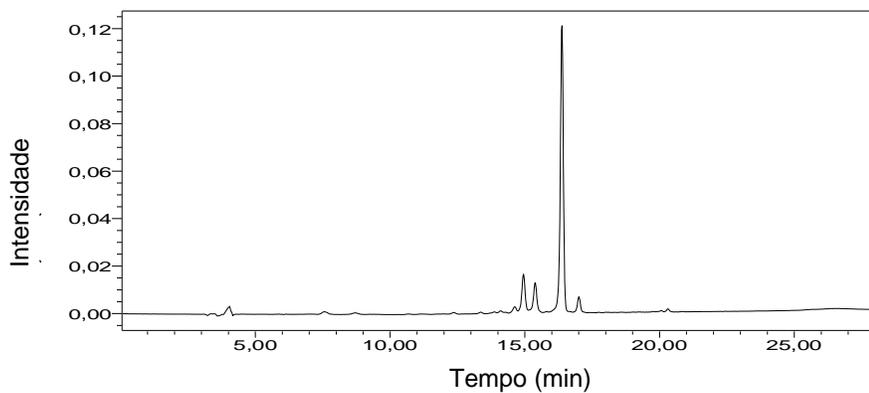


FIG. 4.8 Cromatograma de carotenóides do buriti irradiado em 03 de julho de 2007 com uma dose de 0,5 kGy.

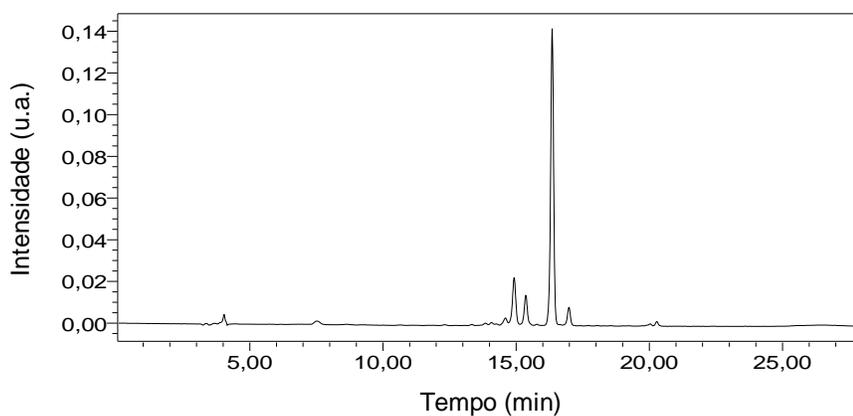


FIG. 4.9 Cromatograma de carotenóides do buriti irradiado em 03 de julho de 2007 com uma dose de 1,0 kGy.

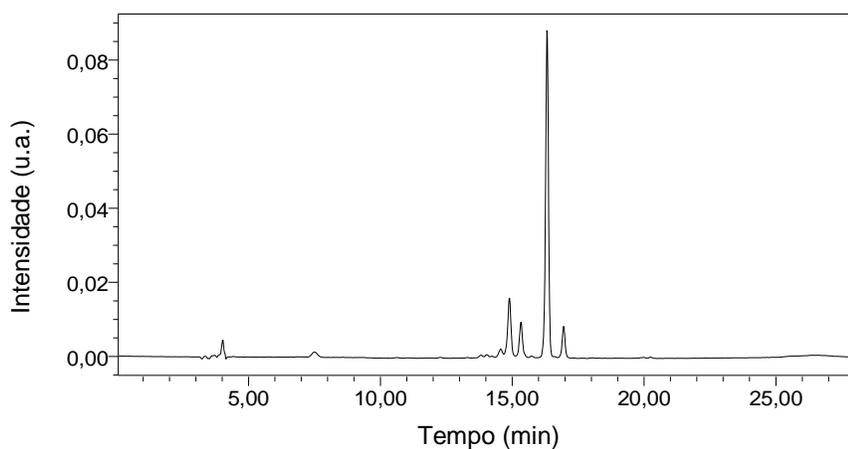


FIG. 4.10 Cromatograma de carotenóides do buriti irradiado em 03 de julho de 2007 com uma dose de 2,0 kGy.

4.1.2.2 RELAÇÃO ENTRE AS DUAS ANÁLISES

Para uma melhor visualização e comparação entre os resultados da concentração de carotenóides totais nas duas análises, elaborou-se a figura 4.11.

Os valores obtidos correspondem a buritis irradiados com raios gamas nas doses de 0,5 kGy, 1,0 kGy e 2,0 kGy, além do controle (buriti não irradiado), para as análises realizadas em 03/04/2007 e 03/07/2007.

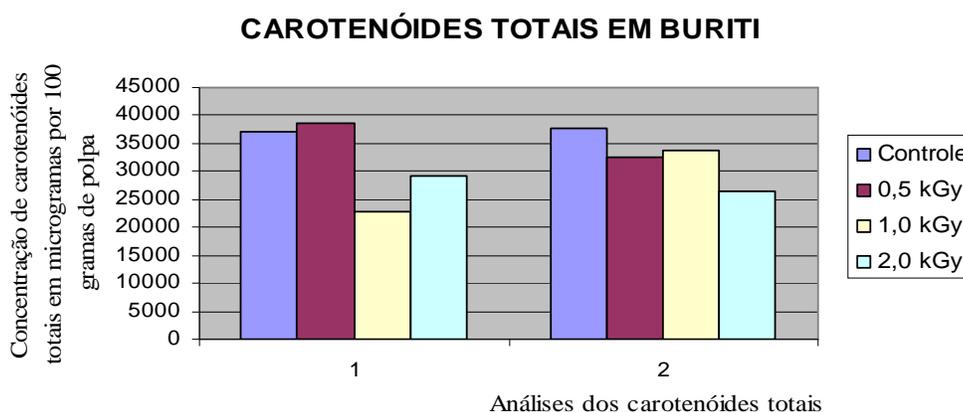


FIG. 4.11 Carotenóides totais das duas análises realizadas nos meses de Abril (análise 1) e julho (análise 2).

Os resultados das amostras irradiadas mostram que na dose de 1,0 kGy do dia 03 de abril, análise 1 no gráfico, houve uma redução significativa do teor de carotenóides totais em relação ao controle para um nível de significância de 95% (Teste t-Student). Já no segundo experimento a dose de 2,0 kGy sofreu o maior decréscimo de carotenóides em relação ao controle. LIMA *et al* (2004) em estudos com cenouras irradiadas, também observaram a redução dos carotenóides majoritários com o aumento de dose de radiação e propuseram uma rota de degradação dos carotenóides através de oxidação e quebra das ligações químicas em α e β iononas.

A degradação da vitamina A (retinóides e carotenóides ativos da vitamina A) segue geralmente em curso paralelo da degradação oxidativa dos lipídeos insaturados. Os fatores que potencializam a oxidação dos lipídeos insaturados aceleram também a degradação da vitamina A, bem por oxidação direta ou por

efeitos indiretos de radicais livres. Deve-se levar em conta que um armazenamento prolongado da vitamina A dos alimentos, como os cereais de cafés da manhã sofisticados, fórmulas infantis, leite líquido, açúcar fortificado e outros condimentos, não é habitualmente muito recomendado para a retenção desta vitamina.

Os resultados das análises não foram muito diferentes apesar do tempo de armazenamento e congelamento entre o primeiro e o segundo tratamento. De acordo com o Teste T-Student, para um nível de confiança de 95,0 %, as únicas amostras que sofreram alguma influencia com o tempo foram o controle e a irradiada com uma dose de 2,0 kGy. É importante ressaltar que as amostras não foram retiradas do mesmo fruto, conseqüentemente as variações também podem ser atribuídas às diferenças entre um fruto e outro, fato comum em frutos nativos.

Esses resultados podem ser melhorados se for elaborada uma única amostra utilizando vários frutos de buriti, da qual devem-se retirar amostras menores para as análises, fato que possibilitaria a utilização de uma amostra homogênea.

Apesar das perdas, os teores de carotenóides totais encontrados nos buritis irradiados e não-irradiados continuam sendo uma excelente fonte de provitamina A, tendo em vista que estão acima daqueles normalmente encontrados em cenouras, as quais são consideradas as fontes mais conhecidas pelos consumidores e aceitas pelos órgãos regularizadores.

4.2 QUANTIFICAÇÃO DE ÁCIDO ASCÓRBICO EM BURITI (*MAURITIA FLEXUOSA* L.)

As concentrações de ácido ascórbico das amostras de buritis irradiados e do controle estão representadas na tabela 4.4. As medidas de ácido ascórbico obtidas por CLAE foram realizadas em 03 de julho de 2007.

TAB. 4.4 Concentração de ácido ascórbico em buritis controle (não irradiados) e irradiados com doses de 0,5 kGy, 1,0 kGy e 2,0 kGy.

Controle e Doses (kGy)	Concentração de ácido ascórbico (mg/100g)
Controle	31,86
0,5	23,33
1,0	23,74
2,0	24,18

A análise estatística mostrou, com 95% de nível de confiança, que o processo de irradiação reduziu os teores de ácido ascórbico para os frutos irradiados. Esta redução pode ter sido causada por uma possível oxidação do ácido ascórbico, provocando a perda de vitamina ou simplesmente transformando-o em ácido dehidroascórbico, forma oxidada ativa de vitamina C.

As concentrações apresentadas podem, ainda, terem sido influenciadas pela temperatura, tempo de congelamento, variação natural da composição de frutos nativos, bem como sua facilidade de oxidação.

Um dos possíveis causadores da redução do ácido ascórbico das amostras irradiadas em relação ao controle é a oxidação. É importante salientar que este ácido é sensível a quaisquer processos de conservação já que sua oxidação é sempre detectada.

A análise estatística através do teste T-Student com 95,0 % de significância mostrou que todas as doses sofreram com a influência da radiação, mas é importante salientar que o decréscimo da concentração do ácido também pode ser atribuído à sua própria oxidação natural.

Considerando que a dose diária de ácido ascórbico recomendada pelo IOM é de 75 mg/100g para mulheres a partir dos 19 anos, verifica-se que são necessárias, respectivamente, 235,4 g e 321,5 g de polpa de buriti controle (não irradiado) e irradiado com 0,5 kGy para suprir tais necessidades. Tais dados indicam que o buriti não é uma excelente fonte de vitamina C, mas pode ser utilizado como complemento nas doses recomendadas diariamente.

Os resultados obtidos na análise da concentração de ácido ascórbico dos buritis controle e irradiados foram apresentados em forma de pôster no ENAAL – Encontro Nacional de Analistas de Alimentos e Congresso Latino Americano de Analistas de Alimentos, cujo título foi: Análise de Carotenóides e Ácido Ascórbico do fruto Buriti do Brejo (*Mauritia flexuosa* L.) após doses de radiação gama. O encontro foi realizado em Fortaleza - CE no período de 10 a 13 de junho de 2007, (SILVA, 2007).

4.3 QUANTIFICAÇÃO DE AÇÚCARES (FRUTOSE, GLICOSE E SACAROSE) EM BURITI (*MAURITIA FLEXUOSA* L.)

Os açúcares presentes nos frutos são utilizados como indicadores do grau de maturidade. Durante o amadurecimento, desenvolvem-se sabores e odores específicos, ocorrendo um decréscimo na concentração de amido e ácidos orgânicos nos vegetais. Para continuação dos processos metabólicos nos vegetais há necessidade de uma grande demanda de energia, que é obtida através da hidrólise de polissacarídeos e com conseqüente aumento nos teores de açúcares.

As análises da polpa do buriti controle e irradiado, realizadas no dia 4 de abril de 2007, foram realizadas através da cromatografia líquida de alta eficiência – CLAE com as seguintes condições:

Coluna: Amino 30cm x 4,6 mm (High Performance Carbohydrate).

Temperatura da coluna: Ambiente.

Fase Móvel: Acetonitrila 75%.

Fluxo: 1,4mL/min.

Temperatura interna do detetor: 45° C.

Detetor IR (Índice de Refração) 2410: sensibilidade = 4 e fator de escala = 8.

Volume de injeção: 20µL.

Tempo de corrida: 20 min.

Ordem de Eluição: Frutose, Glicose e Sacarose.

As concentrações de açúcares quantificadas por cromatografia líquida de alta eficiência – CLAE estão na figura 4.12.

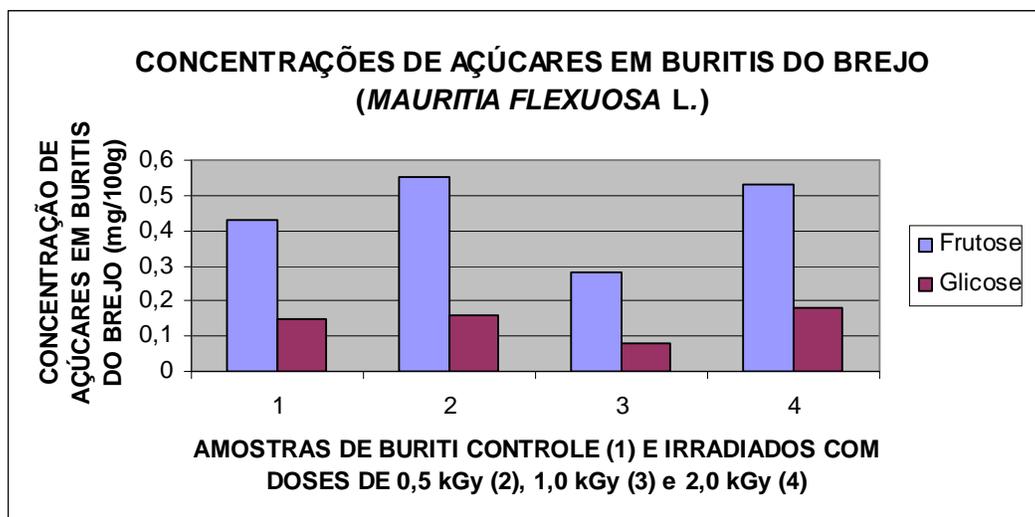


FIG. 4.12 Concentrações de açúcares (frutose e glicose) em buritis controle e irradiado obtidas por CLAE.

Observa-se, na FIG. 4.12, que não foi encontrada nenhuma concentração do dissacarídeo sacarose, entretanto foi possível quantificar as concentrações de frutose e glicose. É importante observar que existe uma quantidade de frutose maior que glicose, uma vez que durante o amadurecimento esta última é utilizada para tal processo.

Os cromatogramas do Buriti controle e irradiado com doses de 0,5 kGy, 1,0 kGy e 2,0 kGy estão representados nas figuras 4.13, 4.14, 4.15 e 4.16 respectivamente, e mostram que não houve alteração nas concentrações de frutose e glicose pela radiação nas amostras analisadas. A ausência de sacarose pode ser justificada como consequência da quebra das ligações glicosídicas, resultando nos monossacarídeos glicose e frutose, devido ao avançado estágio de maturação do fruto, o armazenamento congelado, a possível conversão em ácidos graxos ou como substrato energético para o metabolismo de microorganismos. Este fato foi observado tanto no buriti controle como nos irradiados.

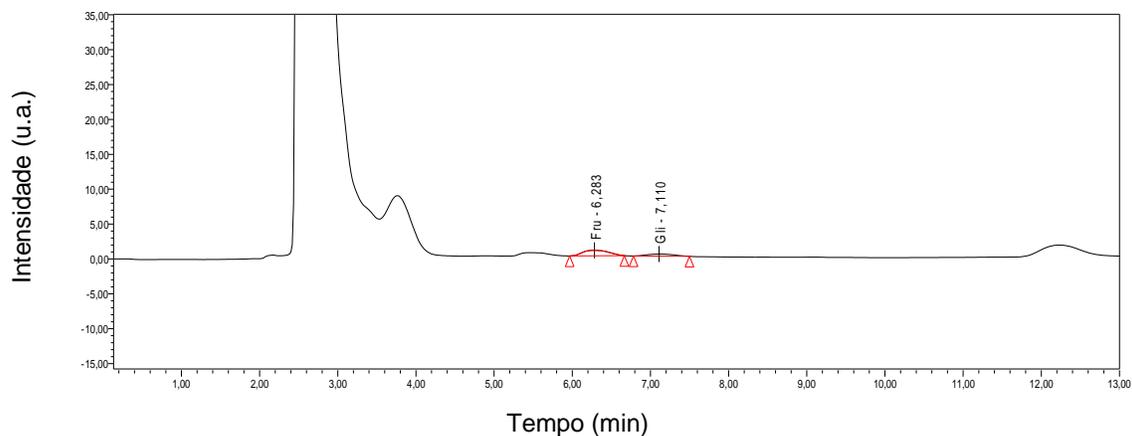


FIG. 4.13 - Cromatograma dos açúcares do Buriti controle (não irradiado).

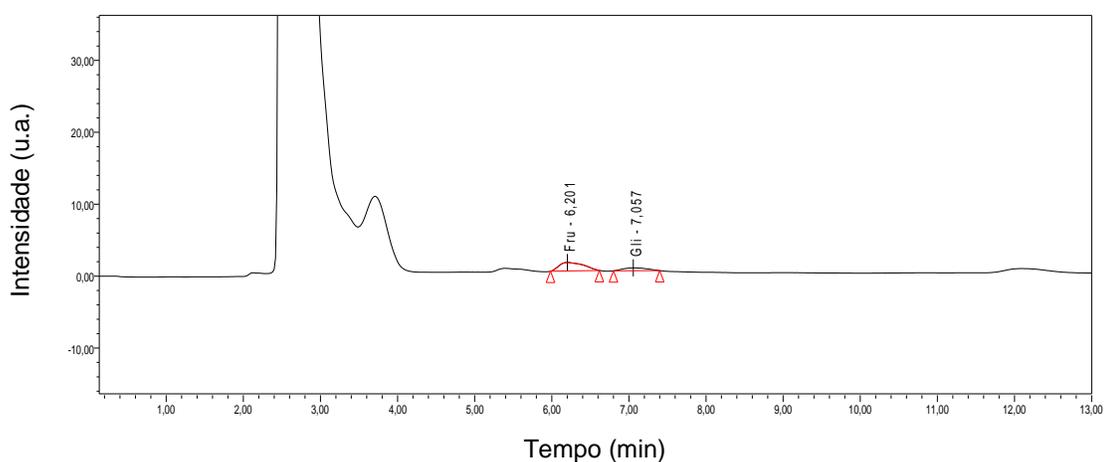


FIG. 4.14 Cromatograma dos açúcares do Buriti irradiado com uma dose de 0,5 kGy de radiação gama.

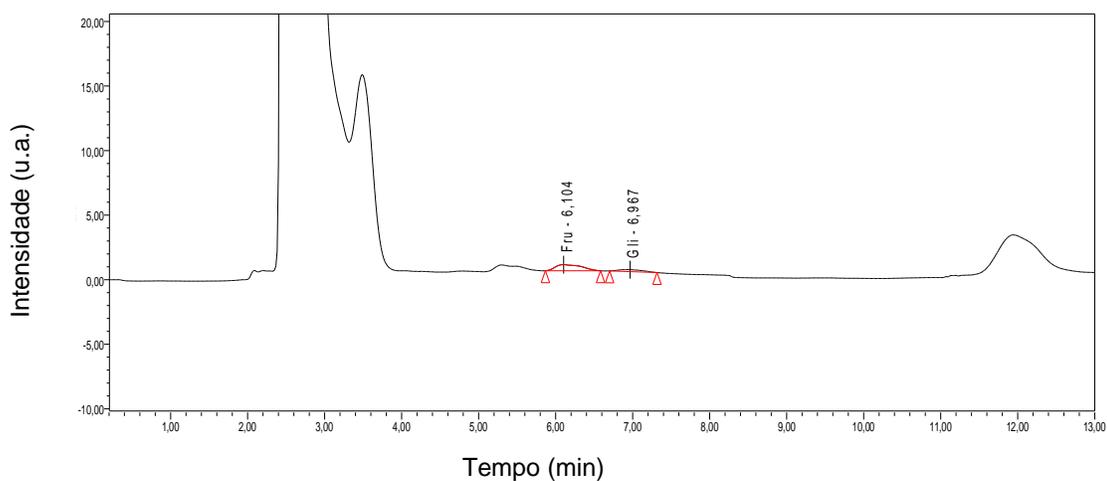


FIG. 4.15 Cromatograma dos açúcares do Buriti irradiado com uma dose de 1,0 kGy de radiação gama.

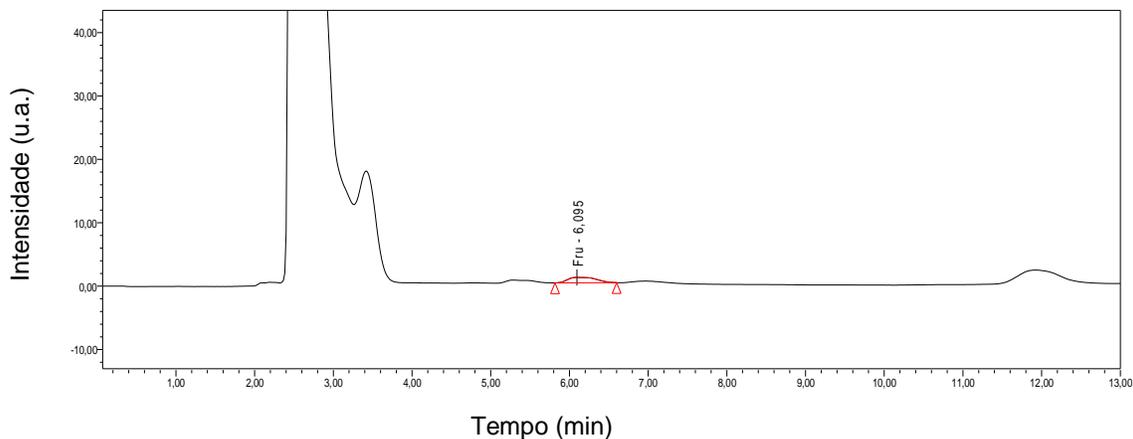


FIG. 4.16 Cromatograma dos açúcares do buriti irradiado com uma dose de 2,0 kGy de radiação gama

Os dados obtidos mostraram, através do teste estatístico t-Student, que não há influência das doses na concentração dos açúcares para as doses de 0,5 kGy e 2,0 kGy, mas houve influência da radiação para 1,0 kGy com um nível de significância de 95,0 %.

A influência da irradiação gama para a dose de 1,0 kGy pode ter ocorrido devido à diferença entre as amostras, uma vez que foram utilizados frutos diferentes para cada dose.

Os resultados obtidos na análise da concentração de açúcares (frutose, glicose e sacarose) dos buritis controle e irradiados foram apresentados em forma de pôster no SLACA – Simpósio Latino Americano de Ciências de Alimentos, com o título: Efeitos da radiação gama em açúcares (frutose, glicose e sacarose) fruto Buriti (*Mauritia flexuosa* L.), (SILVA, 2007).

4.4 QUANTIFICAÇÃO DE CAROTENOS (α E β) EM BALAS DE BURITI (*MAURITIA FLEXUOSA* L.)

As análises de carotenóides das balas de buriti irradiadas e controle foram realizadas, no dia 13 de dezembro de 2007, na Embrapa Agroindústria de alimentos

utilizando a técnica de cromatografia líquida - CLAE. As concentrações de α e β -caroteno estão apresentadas na tabela 4.5.

TAB. 4.5 Concentrações de α e β -caroteno encontradas em balas de buriti do brejo (*Mauritia Flexuosa* L.)

CONTROLE E DOSES (kGy)	α-Caroteno ($\mu\text{g}/100\text{g}$)	β-Caroteno ($\mu\text{g}/100\text{g}$)	Retinol em $\mu\text{g}/100\text{g}$ (RAE)
Controle	2345,5	8537,0	809,1
0,5 kGy	929,0	3279,0	312,0
1,0 kGy	1075,5	3827,0	363,7
2,0 kGy	1466,0	5084,5	484,8

Os valores das concentrações de α e β caroteno foram convertidos em retinol levando em consideração as recomendações do IOM (2001) e estão representados na figura 4.17.

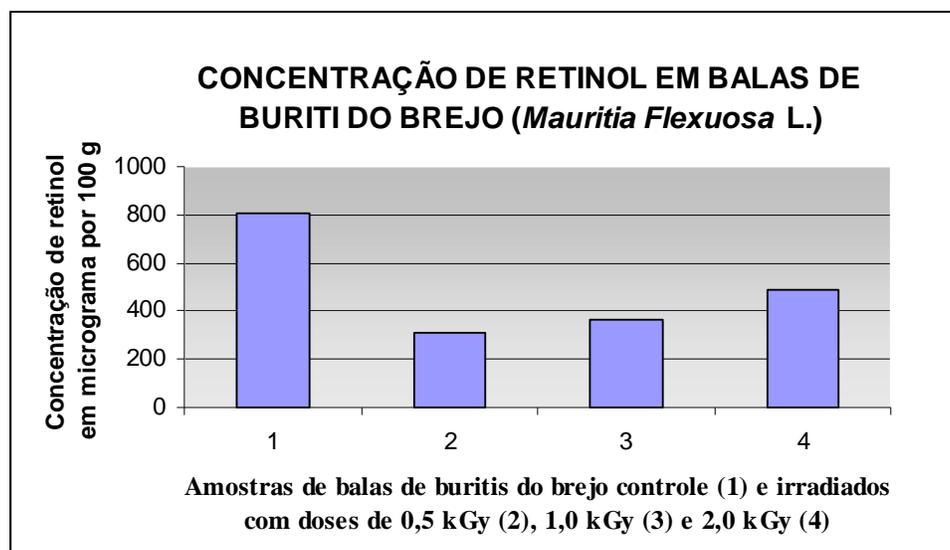


FIG.4.17 Concentrações de retinol, em $\mu\text{g}/100\text{g}$, encontradas em balas controle e irradiadas no dia 13 de dezembro de 2007.

Nas balas de Buriti a concentração de retinol sofreu uma maior redução, em relação ao controle, para a dose de 0,5 kGy. A variação dos teores de carotenóides encontrados entre as doses pode ter sido causado pela não homogeneização completa do doce e a parte da bala empregada na análise. É importante salientar

que para os frutos *in natura* o decréscimo da concentração de carotenóides ocorre com o aumento da irradiação (figura 4.11).

Em locais aonde a deficiência de vitamina A é um problema de saúde pública o Ministério da Saúde fornece, aos grupos de risco, suplementação com megadoses de vitamina A, como medida para conter a deficiência a curto prazo. Dentro deste quadro, a bala de buriti poderá ser uma auxiliadora nos tratamentos da hipovitaminose A tanto para crianças (entre 1 e 3 anos) como para mulheres e homens (na faixa etária de 19 e 30 anos) uma vez que as recomendações diárias são, respectivamente, iguais a 300, 700 e 900 μg de retinol.

4.5 QUANTIFICAÇÃO DE ÁCIDO ASCÓRBICO EM BALAS DE BURITI (*MAURITIA FLEXUOSA* L.)

As concentrações de ácido ascórbico em balas de buriti foram determinadas no dia 08 de janeiro de 2008 por CLAE e 28 dias após a realização da radiação no CTE_x.

As figuras 4.18, 4.19 4.20 e 4.21 representam, respectivamente, os cromatogramas da amostra controle e as irradiadas com as doses de 0,5 kGy, 1,0 kGy e 2,0 kGy.

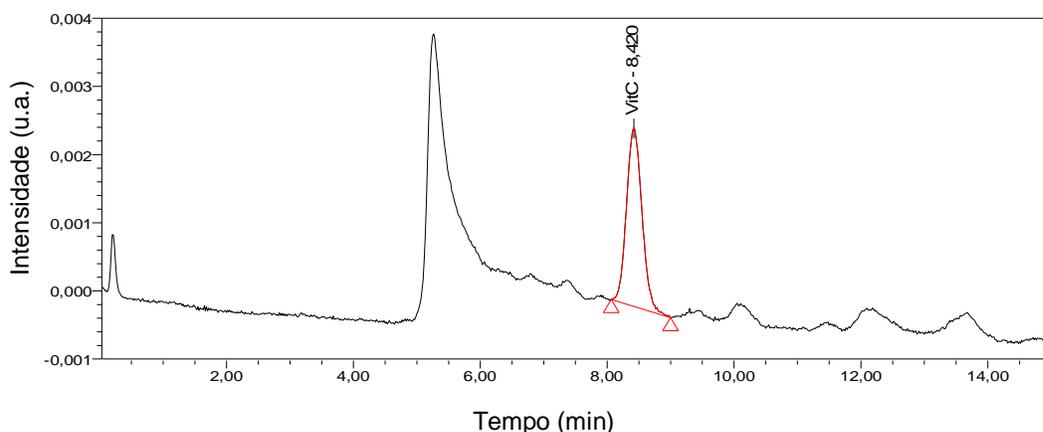


FIG. 4.18 Cromatograma do ácido ascórbico da bala controle (não irradiada).

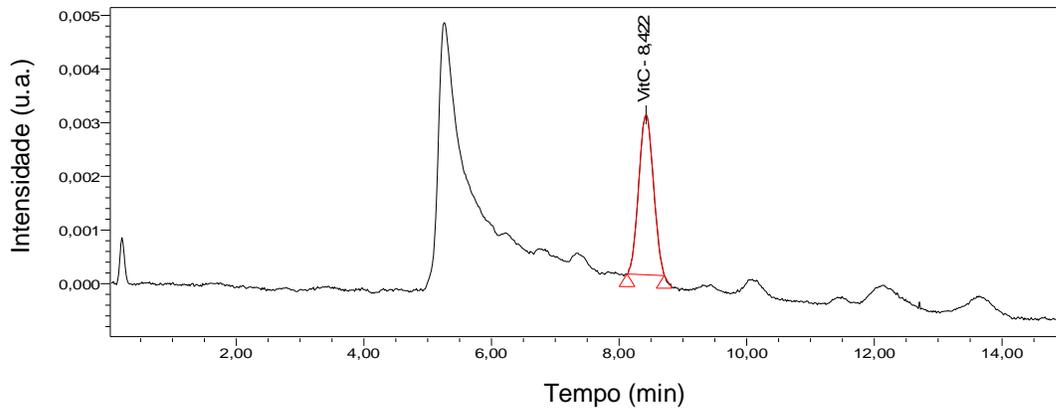


FIG. 4.19 Cromatograma do ácido ascórbico da bala irradiada com uma dose de 0,5 kGy.

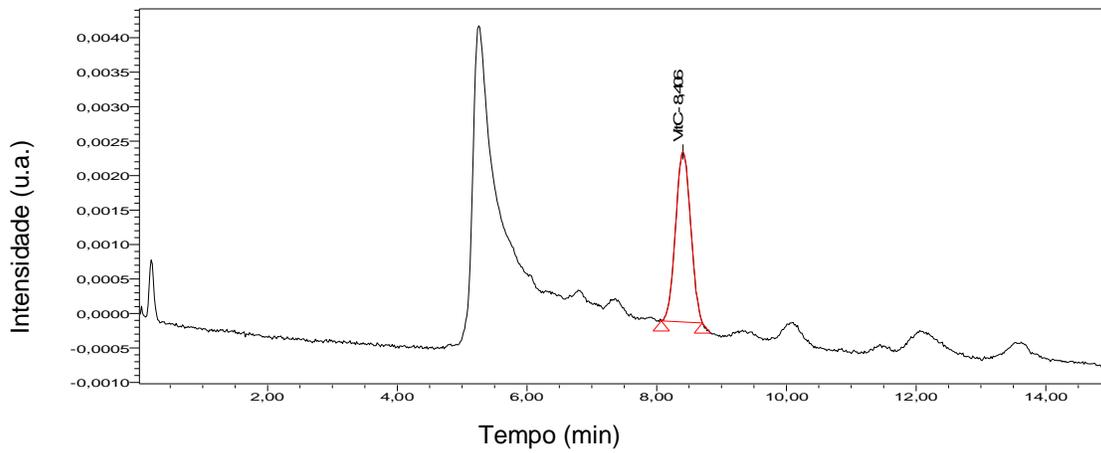


FIG. 4.20 Cromatograma do ácido ascórbico da bala irradiada com uma dose de 1,0 kGy.

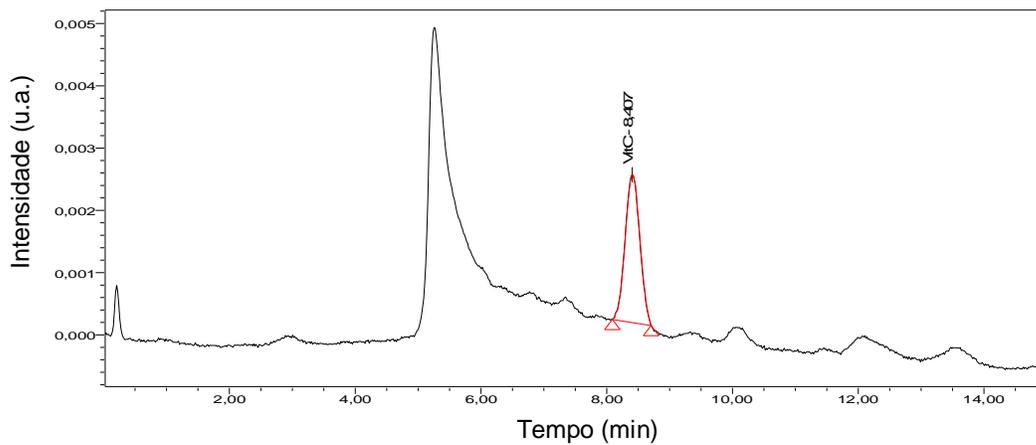


FIG. 4.21 Cromatograma do ácido ascórbico da bala irradiada com uma dose de 2,0 kGy.

Os valores das concentrações de ácido ascórbico encontrados nas balas de buriti (tabela 4.6) estão próximo dos obtidos, em 3 de julho de 2007, no fruto in natura (tabela 4.4).

TAB. 4.6 – Concentrações de ácido ascórbico em balas de buritis controle (não irradiado) e irradiados com doses de radiação gama.

CONTROLE E DOSES	CONCENTRAÇÕES DE ÁCIDO ASCÓRBICO (mg/100g)
Controle	23,71
0,5 kGy	24,78
1,0 kGy	22,54
2,0 kGy	21,92

As concentrações de ácido ascórbico, apresentadas na tabela 4.6, mostram que para as balas a irradiação não as modificou significativamente em relação ao controle. Este resultado indica que a irradiação é um método que não interfere na concentração do ácido ascórbico para as balas de buriti.

4.6 ANÁLISE SENSORIAL DAS BALAS DE BURITI

O teste estatístico ANOVA (Análise de Variância por rank) – Krushal-Wallis Test utilizado para avaliar a aparência, a cor, o sabor e o aroma ratificou com 95% de nível de confiança que não há diferença entre as amostras irradiadas e controle. Os cálculos se encontram no anexo 3.

Para a realização do teste de preferência utilizou-se uma escala hedônica com notas que variavam de 1 (desgostei extremamente) até 9 (gostei extremamente). Os modelos do “teste de preferência” se encontram no anexo 2.

As médias das notas atribuídas pelos 40 participantes do teste, para os atributos aparência, cor, aroma e sabor foram superiores a 5 (cinco), valor considerado aceitável, portanto as balas de buriti foram aprovadas para consumo.

5. CONCLUSÃO

As análises utilizando espectrofotometria e cromatografia líquida de alta eficiência - CLAE indicaram que o Buriti é uma das maiores fontes de carotenóides totais e β -caroteno, podendo ser empregado no combate à hipovitaminose A, com alta prevalência na população brasileira.

Em 100g de polpa, pode-se encontrar, aproximadamente, três vezes as necessidades diárias de vitamina A para um homem acima de 14 anos, que de acordo com as recomendações do Institute of Medicine – IOM, é de 900 μ g (IOM, 2001).

A irradiação com doses de 0,5 kGy, 1,0 kGy e 2,0 kGy, proveniente de uma fonte de Césio 137, não altera significativamente as concentrações de carotenóides da polpa do buriti.

O tempo de armazenamento foi um dos fatores apontados para a diminuição da concentração dos carotenóides totais e, apesar da dose de 1,0 kGy do primeiro experimento com buritis irradiados, realizado no dia 3 de abril de 2007, ter diminuído a concentração dos carotenóides totais do Buriti, o fruto ainda continha uma grande quantidade de pró-vitamina A.

O fruto buriti não é um fruto perene e é encontrado para consumo apenas em duas safras anuais. Além disso, por se tratar de uma palmeira muito alta, os catadores esperam que os frutos caiam para serem colhidos, estando estes já em um estado avançado de amadurecimento e bons para o consumo por um período muito curto de tempo. A elaboração de doces e sua posterior irradiação tornaria essa excelente fonte de pro vitamina A disponível o ano todo. Neste trabalho, preferiu-se pela elaboração da bala e não de um doce pastoso, apenas por conveniência de execução. A manipulação do doce, tanto na fabricação quanto na embalagem e armazenamento, assim como também a baixa temperatura de cocção são possíveis

agentes de contaminação. Estes fatores tornam a utilização da irradiação da bala de buriti essencial para a sua conservação.

As concentrações de carotenóides encontradas nas balas de buriti controle e irradiadas com doses de 0,5 kGy, 1,0 kGy e 2,0 kGy podem contribuir com o combate à hipovitaminose A, especialmente em crianças (entre 1 e 3 anos), para as quais a dose diária recomendada é de 300 µg e, principalmente, pela facilidade de convencimento para sua ingestão. A adoção de balas de buriti no combate à hipovitaminose A poderia ser considerada uma excelente política de governo.

Os dados obtidos da análise sensorial mostraram que o sabor, a aparência, a cor e o aroma das balas controle e irradiadas não são distintos, e, portanto, a irradiação não interfere nestes critérios de avaliação sensorial.

Os resultados do ácido ascórbico por CLAE para os Buritis irradiados mostram que houve redução da concentração com o aumento da dose. Este decréscimo é atribuído a oxidação do ácido ascórbico, acelerada pela radiação. O ácido ascórbico é sensível a temperatura, ao tempo de congelamento, à variação natural da composição de frutos nativos, bem como à facilidade de oxidação. Todos estes fatores contribuem para redução da sua concentração.

Não há influência das doses de 0,5 kGy e 2,0 kGy na concentração dos açúcares nas amostras de Buriti, para o teste estatístico t-Student, com 95% de nível de confiança. Entretanto, foi detectada uma influência na concentração de frutose e glicose nos frutos irradiados com uma dose de 1,0 kGy, o que pode ser atribuído a variação natural dos frutos nativos.

Não foi detectada nenhuma concentração de sacarose nos frutos de buriti controle e irradiados. A ausência deste dissacarídeo possivelmente poderia ser atribuída ao avançado estágio de maturação dos frutos.

A dose a ser empregada na irradiação de alimento deve ser avaliada de forma a não reduzir, significativamente, o valor nutricional do alimento. Os dados obtidos neste trabalho indicam a irradiação como um método de grande potencial para

conservação dos frutos de buriti, uma vez que as alterações químicas não diferem das observadas em outros métodos quanto às modificações do valor nutricional do Buriti do Brejo.

6. SUGESTÕES PARA OS FUTUROS TRABALHOS

Fazer novas análises químicas complementares;

Analisar as possibilidades da utilização do buriti como bioenergético;

Realizar análises de toxinas;

Utilizar outras técnicas de irradiação (raio x e aceleradores) para a conservação do buriti.

7. TRABALHOS APRESENTADOS EM CONGRESSOS

I - ENAAL - Encontro Nacional de Analistas de Alimentos e Congresso Latino Americano de Analistas de Alimentos.

TÍTULO: Análise de Carotenóides e Ácido Ascórbico do fruto Buriti do Brejo (*Mauritia flexuosa* L.) após doses de radiação gama.

DATA: 10 a 13 de junho de 2007.

LOCAL: Hotel Oásis Atlântico – Fortaleza – Ceará.

FORMA DE APRESENTAÇÃO: Pôster.

II - INAC - International Nuclear Atlantic Conference.

TÍTULO: Evaluation of carotenoid contents in irradiated Buriti (*Mauritia flexuosa* L.).

DATA: De 30 de setembro a 5 de outubro de 2007.

LOCAL: Santos - São Paulo.

FORMA DE APRESENTAÇÃO: Oral.

III - SLACA - Simpósio Latino Americano de Ciência de Alimentos.

TÍTULO: Efeitos da radiação gama em açúcares (frutose, glicose e sacarose) do fruto buriti (*Mauritia flexuosa* L.).

DATA: De 4 a 7 de novembro de 2007.

LOCAL: Campinas – São Paulo.

FORMA DE APRESENTAÇÃO: Pôster

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADA REPORTS-AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION. **Position of the American Dietetic Association**, USA, v. 96, n. 1, p. 69-72. jan., 1996.
- AGOSTINI-COSTA, T. e Vieira, R. F. **Frutas nativas do cerrado: qualidade nutricional e sabor peculiar**. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. 2007. Disponível em: <<http://www.cenargen.embrapa.br/cenargenda/pdf/nativacerrado.pdf>>. Acesso em: 14 de mai. 2007.
- AIEA – AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA ATÔMICA. **Irradiação de alimentos : ficção e realidade**. Trad. Comissão Nacional de Energia Nuclear – Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear & Governo do Estado de Minas Gerais – Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Minas Gerais: Lê, 38p. 1991. Tradução de: Facts About Food Irradiation.
- ALTMAN, R.F.A. **A exploração industrial de sementes oleaginosas Amazônicas**. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Química, Publicação No. 4:1-24, Manaus, Amazonas, 1958.
- ALTMAN, R.F.A & Cordeiro, M.M.C. de. **A industrialização do fruto de Buriti (Mauritia vinifera Mart. ou M. flexuosa L.f.)**. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Manaus), Química, Publicação No. 10. 1964.
- AMBRÓSIO, C. L. B., CAMARA, F. de A., CAMPOS, S. & FARO, P de. **Carotenóides como alternativa contra a hipovitaminose A**. Revista de Nutrição. Campinas. 2006.
- BARUFFALDI, R.; VESSONI PENNA, T.C.; COLOMBO, A. J.; PITOMBO, R. N. **Efeito do armazenamento em condições ambientais na qualidade de cenoura**. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, v. 3, n.2, p. 155-160, 1983.
- BRADFORD, R & LOAHARANV, P. A. **Harmonized Approach to Regulating Food Irradiation Based on Groups of Foods**. WHO/IAEA/JFAO Seminar co harmonization of regulations on food irradiation in Asia and the Pacific. IAEA - TECDOC - 696, Kuala Lumpur (Malaysia). p155-160, Jan/Mar 1993.
- BRAGA, R. **Plantas do Nordeste, Especialmente do Ceará**. 2a. Edição. Imprensa Oficial, Fortaleza, Ceará, Brasil, 1960, 540p.
- BRASIL. Decreto-Lei nº 986, de 21 de outubro de 1969. **Institui normas básicas sobre alimentos**. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, [s.n.], 1969.
- _____. Ministério da Agricultura. **Preservação de Alimentos pela Irradiação Ionizante**. Brasília. 1968. 81 p.

- _____. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Política Nacional de Alimentação e Nutrição**. Portaria nº 710, de 10 de junho de 1999.
- _____. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Resolução nº 21, de 26 janeiro 2001**. Disponível em: <http://anvisa.gov.Br/legis/resol/21_01rdc.htm> Acesso em: 24 mar. 2007.
- _____. Ministério da saúde. Política Nac. de Alimentação e Nutrição. 2003. Disponível em: <http://dtr2001.saude.gov.br/editora/produtos/livros/pdf/03_1148_M.pdf>. Acesso em: 06 de jul. 2007.
- CAMPOS, F. M., ROSADO, G. P., **Novos fatores de conversão de carotenóides provitamínicos A**. Ciênc. Tecnol. Alimentos. Campinas, pp. 571-578 (2005).
- CAVALCANTE, P. B. **Edible palm fruits of the Brazilian Amazon**. Principes 21(3):91-102, 1999.
- CHITARRA, M. I. F. & CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças**. Lavras, FAEPE, 1990. 293p.
- COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de Nutrientes**. 1ª. ed. São Paulo: Ed. Manole Ltda, 2005. 878p.
- DAVIES, M. B.; AUSTIN, J.; PARTRIDGE, D. A.; **Vitamin C - Its Chemistry and Biochemistry**, Royal Society of Chemistry, Cambridge 1991.
- DAVIES, M. B.; **Polyhedron**, 1992, 11, 285.
- DEGANI, A. L. G.; CASS, Q. B.; VIEIRA, P. C. **Química Nova na escola - Cromatografia** - Nº 7, Maio, 1998.
- DIEHL, J. F. **Safety of irradiated Foods**, Marcel Dekker Inc., New York & EUA. 1990.
- EMBRARAD – Empresas Brasileira de radiação. 1980. Disponível em: <http://www.embrarad.com.br/alimentos_hipertexto.asp> Acesso em: 10 de set. 2007.
- ESPANHA. Ministério de Indústria. **Conservacion de Alimentos por Irradiacion**. Madrid: Serviço de Publicaciones del Ministério de Industria, 1967. 89 p.
- FLOROS, J. D. **The shelf life of fruits and vegetables**. In: **Shelf life studies of foods and beverages**. London: Elsevier Science Publishers B. V., p. 195-216, 1993.
- FUNDO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A INFÂNCIA (UNICEF). **Situação mundial da infância**, 1998. Brasília: [s.n.], 1998.

- GALILEU. **Cabe mais um?** Edição 152 - Mar/04. Disponível em: <http://revistagalileu.globo.com/EditoraGlobo/componentes/article/edg_article_priot/1,3916,688131-1719-1,00.html> Acesso em: 06 de mar. 2007.
- GORDON, D.B. 1995. Spectroscopic Techniques. pp. 324-344 in **Principles and Techniques in Practical Biochemistry**. K. Wilson & J. Walker Eds., Cambridge University Press, Cambridge
- HERNANDES, N. K; VITAL, H. C; SABAA-SRUR, A.U. O. **Irradiação de alimentos: Vantagens e Limitações** - Bol. SBCTA, Campinas, 37(2): 154-159, jul.-dez. 2003.
- ICGFI - International Consultative Group on Food Irradiation, Facts on Food Irradiation. FAO/IAEA, 2000, 46p.
- IOM – U. S. Institute of Medicine, Food and Nutrition Board, Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes. **Dietary Reference Intake: for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Cromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenium, Nickel, Silicon, Vanadium and Zinc**. Washington, D. C., National Academy Press, 2001, 797p.
- KILCAST, D. **Effect of irradiation on vitamins**. Food Chemistry, v. 49, p. 157-164, 1994.
- LIMA, K. S. C.; GROSSI, J.L.S.; LIMA, A. L. S.; ALVES, P. F. M. P.; CONEGLIAN, R. C. C.; GODOY, R. L. O. & SABAA-SRUR, A. U. **Efeitos da irradiação ionizante y na qualidade pós-colheita de cenouras (*Daucus carota* L.) cv. Nantes**. **Ciên. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 21, n. 2, 2001. pp. 202-208.
- LIMA, K. S. C., LIMA, A. L.S., FREITAS, L. C., DELLA-MODESTA, R. C. & GODOY, R. L. O **Efeito de baixas doses de irradiação nos carotenóides majoritários em cenouras prontas para o consumo**. **Ciên. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 24, n. 2, 2004, pp. 183-193.
- LIMA, A. L.S., LIMA, K. S. C.; VITAL, H. C.; GODOY, R. L. O.; & MELO, J. R.S. **Emprego da CLAE nas Determinações de Ácido Ascórbico e Açúcares em Mamões (*Carica papaya* L.) Minimamente Processados e Irradiados**. In: X Congresso Latino Americano de Cromatografia e Técnicas Afins (COLACRO), 2004 b. p.287.
- LOAHARANU, P. **Irradiation as a cold pasteurization process of food**. Veterinary Parasitology, v. 64, n.1/2, p. 71-82, 1997.
- MALISKA, C. **Conservação de alimentos por irradiação**. Higiene Alimentar, Minas Gerais, v. 11, n. 68/69, p. 6–17, 2000.

- MATIN, M. A., BHUIYA, A. D., AMIN, M. R., MALEK, M. A. et al. **Irradiation of onions, pulses and dried fish: process control, storage, test marketing and economic analysis of the process.** IAEA - TEC DOC 871, Vienna, Áustria, p. 19-49, 1996.
- MINATTI. **Doce com o açúcar.** Univ. Federal de Santa Catarina. 2007. Disponível em: <http://www.qmc.ufsc.br/qmcweb/artigos/sugar.html> Acesso em: 10 de jun. 2007.
- NARVAIZ, P. & LADOMERY, L. G. **Estimation of the Effect of Food Irradiation on Total Dietary Vitamin Availability as Compared with Dietary Allowances: Study for Argentina.** J. Sci. Food Agrc. 76, p.250-256, 1998.
- OLSON, D.G. **Irradiation of Food.** Food Technology, v. 52. n. 1. p. 56-61, 1998..
- ORNELLAS, C. B., GONÇALVES, M. P. J., SILVA, P.R.MARTINS, R.T. **Atitudes do consumidor frente à irradiação de alimentos.** Ciência e Tecnologia de Alimentos. Campinas, 2006.
- PESCE, 1940 (ver no INPA-ACRE) versão em Portugues.
- PEREZ-ARBELAEZ. **Plantas utiles de Colômbia.** 4a. edição, Litografia Arco, Bogotá, 1978, 831p.
- PIERPONT, J. **Plant contraceptives and abortifacients (Manuscrito),** 1971.
- PITTIER, H. **Suplemento a las plantas usuales de Venezuela.** Editora Elite, Caracas, 1939. 129p.
- PLANTARUM. **“Um pé de que? Buriti”.** 2007. Disponível em: < www.plantarum.com.br/buriti.html > Acesso em: 05 de abr. 2007.
- PSZCZOLA, D.E. **20 ways to market the concept of food irradiation.** Food Technology, v. 51, n. 2, p. 46-48, fev. 1997.
- RAMALHO, R. A, Flores H, SAUNDERS, C. **Hipovitaminose A no Brasil: um problema de saúde pública.** Rev Panam Salud Publica. 12(2):117-22, 2002.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **Cristal review of provitamina: determination in plants foods.** J. Micronutrients An., v.5, ,1989, p.191-225.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **Assessment of the provitamin A contents of foods: the brazilian experience.** J Food Comp Anal. 9:196-230, 1996.
- SILVA, J. M. da; COELHO, M. J.; LIMA, K. dos S. C.; LIMA, A. L. S.; GODOY, R. L. de O.; PACHECO, S. - **Análise de carotenóides e ácido ascórbico do fruto buriti do brejo (*Mauritia Flexuosa* L.).** ENAAL - Encontro Nacional de Analistas de Alimentos e Congresso Latino Americano de Analistas de Alimentos. Fortaleza, 2007.

- SILVA, J. M. da; COELHO, M. J.; LIMA, K. dos S. C.; LIMA, A. L. S.; GODOY, R. L. de O.; PACHECO, S; FERREIRA, R. S. – **Evaluation of carotenoid contents in irradiated buriti (*Mauritia Flexuosa* L.)**. INAC – International Nuclear Atlantic Conference. Santos, 2007.
- SILVA, J. M. da; COELHO, M. J.; LIMA, K. dos S. C.; LIMA, A. L. S.; GODOY, R. L. de O.; ARAUJO, M. C. P. – **Efeitos da radiação gama em açúcares (frutose, glicose e sacarose) do fruto buriti (*Mauritia Flexuosa* L.)**. SLACA - Simpósio Latino Americano de Ciência de Alimentos. Campina, 2007.
- SIQUEIRA, A.A.Z.C. de. **Efeitos da Irradiação na qualidade e no valor nutritivo da Tilápia (*Oreochromis niloticus*)**. 2001. Dissertação (Mestrado). São Paulo, 2001. Disponível em: www.saber.usp.br/oportal_do_conhecimento. Acesso em: 07 set. 2003.
- TAIPINA, M.S.; SABATO, S.F.; DEL-MASTRO, N.L. **Alimentos Fortificados. Uma nova oportunidade para a aplicação da radiação**. In: VI National Meeting on Nuclear Applications. Rio de Janeiro. 2000.
- TAUHATA, L. et al. **Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos – 5ª revisão agosto/2003 – Rio de Janeiro – IRD/CNEN. 242p.**
- VITAL, H.C. **Apostila do Curso de Especialização em Irradiação de Alimentos**. Universidade Federal Fluminense. 2000. 4 p. (Manuscrito).
- VITAL, H.C., **Notas da Disciplina Ensaio Práticos de Irradiação de Alimentos do Curso de Especialização Lato Sensu em Irradiação de Alimentos da UFF, DDQBN/CTEx, 2005.**
- WHO, **Safety and Nutritional Adequacy of Irradiated Food**. World Health Organization, Geneva (1994).
- WHO, **Global prevalence of vitamin A deficiency**. World Health Organization, Geneva (1995).
- WILEY, R. C. **Frutas y hortalizas minimamente procesadas y refrigeradas**. Espana: Ed. Acribia, S.A., 1997, 362p.

9. ANEXOS

9.1 ANEXO 1 - INSTITUIÇÕES QUE CONTRIBUÍRAM PARA REALIZAÇÃO DESTE TRABALHO

Um trabalho científico para ser realizado necessita da contribuição de profissionais competentes e de instituições com credibilidade e tecnologia.

Este trabalho foi desenvolvido com a colaboração de profissional de três grandes instituições brasileira: Instituto Militar de Engenharia – IME, Embrapa Agroindústria de alimentos e o Centro Tecnológico do Exército – CETEx.

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA – IME

O Instituto Militar de Engenharia (IME) é o estabelecimento de ensino do Departamento de Ciência e Tecnologia (DCT) responsável, no âmbito do Exército Brasileiro, pelo ensino superior de Engenharia e pela pesquisa básica.

O IME ministra cursos de graduação, pós-graduação e extensão universitária para militares e civis.

Inserese no Sistema de Ciência e Tecnologia do Exército, cooperando com os demais órgãos, por meio da prestação de serviços e pela execução de atividades de natureza técnico-científicas.

O Instituto coopera, pelo ensino e pela pesquisa, também para o desenvolvimento científico-tecnológico do País.

O IME localiza-se na histórica Praia Vermelha, na cidade do Rio de Janeiro, junto ao Bondinho do Pão de Açúcar, cartão postal da Cidade do Rio de Janeiro.

EMBRAPA AGROINDÚSTRIA DE ALIMENTOS

A Embrapa Agroindústria de Alimentos originou-se da fusão de três instituições existentes no Rio de Janeiro com longa tradição de pesquisa: o Instituto de Tecnologia Alimentar, o Instituto de Tecnologia de Óleos e o Instituto de Tecnologia de Bebidas e Fermentações. Em 1971, como resultado dessa fusão, foi criado o Centro de Tecnologia Agrícola e Alimentar – CTAA, que desenvolvia suas atividades em instalações físicas divididas entre os bairros do Maracanã e Jardim Botânico. A

partir de 1973, com a fundação da Embrapa, o CTAA foi incorporado a esta Instituição como uma de suas Unidades Descentralizadas.

Em 1984, o CTAA foi transferido para novas instalações físicas, construídas no bairro de Guaratiba, quando assumiu também mandato de âmbito nacional e teve seu nome mudado para Centro Nacional de Pesquisa de Tecnologia Agroindustrial de Alimentos. Ao final da década de noventa, com a implantação da Política de Comunicação da Embrapa, o CTAA passou a adotar o nome síntese de Embrapa Agroindústria de Alimentos.

CENTRO TECNOLÓGICO DO EXÉRCITO - CTEEx

O centro tecnológico do exército - CTEEx é o órgão de apoio da Secretaria de Ciência e Tecnologia destinado a supervisionar e executar a pesquisa tecnológica, o desenvolvimento experimental, bem como a normatização e a avaliação técnica do material de emprego militar. Tem sob sua subordinação, como órgãos de execução, o Campo de Provas da Marambaia e os Institutos de Pesquisa e Desenvolvimento e de Projetos Especiais, todos localizados junto ao CTEEx, em Guaratiba (Zona Oeste do Rio de Janeiro), formando o Complexo Científico e Tecnológico de Guaratiba.

9.2 ANEXO 2 - TESTE DE PREFERÊNCIA.

ESCALA HEDÔNICA

Nome:-----

Data:----/----/----

Por favor, faça a degustação e avalie cada amostra do Doce de Buriti. Provar da esquerda para a direita e assinalar sua resposta com um **X**. Responda, dando notas de acordo com a escala abaixo sobre o quanto você gostou de cada atributo dos produtos:

AMOSTRA	_____	_____	_____	_____
Aparência				
9 - Gostei Extremamente	()	()	()	()
8 – Gostei muito	()	()	()	()
7 – Gostei moderadamente	()	()	()	()
6 – Gostei ligeiramente	()	()	()	()
5 – Não gostei e nem desgostei	()	()	()	()
4 – Desgostei ligeiramente	()	()	()	()
3 – Desgostei moderadamente	()	()	()	()
2 – Desgostei muito	()	()	()	()
1 – Desgostei extremamente	()	()	()	()
Sabor				
9 - Gostei Extremamente	()	()	()	()
8 – Gostei muito	()	()	()	()
7 – Gostei moderadamente	()	()	()	()
6 – Gostei ligeiramente	()	()	()	()
5 – Não gostei e nem desgostei	()	()	()	()
4 – Desgostei ligeiramente	()	()	()	()
3 – Desgostei moderadamente	()	()	()	()
2 – Desgostei muito	()	()	()	()
1 – Desgostei extremamente	()	()	()	()

Cor

9 - Gostei Extremamente	()	()	()	()
8 – Gostei muito	()	()	()	()
7 – Gostei moderadamente	()	()	()	()
6 – Gostei ligeiramente	()	()	()	()
5 – Não gostei e nem desgostei	()	()	()	()
4 – Desgostei ligeiramente	()	()	()	()
3 – Desgostei moderadamente	()	()	()	()
2 – Desgostei muito	()	()	()	()
1 – Desgostei extremamente	()	()	()	()

Aroma

9 - Gostei Extremamente	()	()	()	()
8 – Gostei muito	()	()	()	()
7 – Gostei moderadamente	()	()	()	()
6 – Gostei ligeiramente	()	()	()	()
5 – Não gostei e nem desgostei	()	()	()	()
4 – Desgostei ligeiramente	()	()	()	()
3 – Desgostei moderadamente	()	()	()	()
2 – Desgostei muito	()	()	()	()
1 – Desgostei extremamente	()	()	()	()

Comentários: _____

9.3 ANEXO 3 - TESTE ESTATÍSTICO PARA A BALA

ANOVA (Análise de Variância) – Krushal-Wallis Test
 “Análise de Variância por Rank”

APARÊNCIA

	Nota	Amostra	Rank		Nota	Amostra	Rank
1	1	452	1	41	6	836	43
2	2	836	2,5	42	6	836	43
3	2	227	2,5	43	6	227	43
4	3	452	5	44	6	227	43
5	3	452	5	45	6	227	43
6	3	836	5	46	6	227	43
7	4	452	8,5	47	6	452	43
8	4	452	8,5	48	6	452	43
9	4	964	8,5	49	6	452	43
10	4	227	8,5	50	6	452	43
11	5	964	21,5	51	6	452	43
12	5	964	21,5	52	6	452	43
13	5	964	21,5	53	6	452	43
14	5	964	21,5	54	7	964	69,5
15	5	964	21,5	55	7	964	69,5
16	5	964	21,5	56	7	964	69,5
17	5	836	21,5	57	7	964	69,5
18	5	836	21,5	58	7	964	69,5
19	5	836	21,5	59	7	964	69,5
20	5	836	21,5	60	7	964	69,5
21	5	836	21,5	61	7	964	69,5
22	5	836	21,5	62	7	964	69,5
23	5	836	21,5	63	7	836	69,5
24	5	227	21,5	64	7	836	69,5
25	5	227	21,5	65	7	836	69,5
26	5	227	21,5	66	7	836	69,5
27	5	227	21,5	67	7	836	69,5
28	5	227	21,5	68	7	836	69,5
29	5	452	21,5	69	7	227	69,5
30	5	452	21,5	70	7	227	69,5
31	5	452	21,5	71	7	227	69,5
32	5	452	21,5	72	7	227	69,5
33	6	964	43	73	7	227	69,5
34	6	964	43	74	7	227	69,5
35	6	964	43	75	7	227	69,5
36	6	964	43	76	7	227	69,5
37	6	964	43	77	7	227	69,5
38	6	836	43	78	7	227	69,5
39	6	836	43	79	7	452	69,5
40	6	836	43	80	7	452	69,5

	Nota	Amostra	Rank		Nota	Amostra	Rank
81	7	452	69,5	121	8	227	112,0
82	7	452	69,5	122	8	227	112,0
83	7	452	69,5	123	8	227	112,0
84	7	452	69,5	124	8	227	112,0
85	7	452	69,5	125	8	227	112,0
86	8	964	112,0	126	8	227	112,0
87	8	964	112,0	127	8	452	112,0
88	8	964	112,0	128	8	452	112,0
89	8	964	112,0	129	8	452	112,0
90	8	964	112,0	130	8	452	112,0
91	8	964	112,0	131	8	452	112,0
92	8	964	112,0	132	8	452	112,0
93	8	964	112,0	133	8	452	112,0
94	8	964	112,0	134	8	452	112,0
95	8	964	112,0	135	8	452	112,0
96	8	964	112,0	136	8	452	112,0
97	8	964	112,0	137	8	452	112,0
98	8	964	112,0	138	8	452	112,0
99	8	836	112,0	139	9	964	149,5
100	8	836	112,0	140	9	964	149,5
101	8	836	112,0	141	9	964	149,5
102	8	836	112,0	142	9	964	149,5
103	8	836	112,0	143	9	964	149,5
104	8	836	112,0	144	9	964	149,5
105	8	836	112,0	145	9	836	149,5
106	8	836	112,0	146	9	836	149,5
107	8	836	112,0	147	9	836	149,5
108	8	836	112,0	148	9	836	149,5
109	8	836	112,0	149	9	836	149,5
110	8	836	112,0	150	9	836	149,5
111	8	836	112,0	151	9	227	149,5
112	8	836	112,0	152	9	227	149,5
113	8	227	112,0	153	9	227	149,5
114	8	227	112,0	154	9	227	149,5
115	8	227	112,0	155	9	227	149,5
116	8	227	112,0	156	9	452	149,5
117	8	227	112,0	157	9	452	149,5
118	8	227	112,0	158	9	452	149,5
119	8	227	112,0	159	9	452	149,5
120	8	227	112,0	160	9	452	149,5

H_0 = A aparência das amostras é a mesma para todas as doses
 H_A = A aparência das amostras não é a mesma para todas as doses

n(964)= 40
R(964)= 3331,0

n(836)= 40
R(836)= 3255,0

n(227)= 40
R(227)= 3301,0

n(452)= 40
R(452)= 2993,0

$N = n(964) + n(836) + n(227) + n(452)$
 $N = 160$

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \left[\sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} \right] - 3(N+1)$$

H= 0,83427

$$\sum t_i = \sum (t_i^3 - t_i)$$

$$C = 1 - \frac{\sum t_i}{N^3 - N} = 0,948205$$

$\sum t_i =$

212142

$\chi^2_{0,05,3} = 7,815$

$$H_c = \frac{H}{C} =$$

0,879841

$H_c < \chi^2 \rightarrow$ Não Rejeitar H_0

$v = K - 1 = 3 \rightarrow$

A aparência das amostras é a mesma para todas as doses com 95% NC.

ANOVA (Análise de Variância) – Krushal-Wallis Test
 “Análise de Variância por Rank”

SABOR

	Nota	Amostra	Rank		Nota	Amostra	Rank
1	2	964	3	41	6	227	39
2	2	836	3	42	6	227	39
3	2	227	3	43	6	227	39
4	2	452	3	44	6	227	39
5	2	452	3	45	6	452	39
6	3	836	7,5	46	6	452	39
7	3	227	7,5	47	6	452	39
8	3	227	7,5	48	6	452	39
9	3	452	7,5	49	6	452	39
10	4	836	12	50	7	964	64,5
11	4	836	12	51	7	964	64,5
12	4	227	12	52	7	964	64,5
13	4	452	12	53	7	964	64,5
14	4	452	12	54	7	964	64,5
15	5	964	21,5	55	7	964	64,5
16	5	964	21,5	56	7	964	64,5
17	5	964	21,5	57	7	964	64,5
18	5	836	21,5	58	7	964	64,5
19	5	836	21,5	59	7	964	64,5
20	5	836	21,5	60	7	964	64,5
21	5	836	21,5	61	7	964	64,5
22	5	836	21,5	62	7	836	64,5
23	5	227	21,5	63	7	836	64,5
24	5	227	21,5	64	7	836	64,5
25	5	227	21,5	65	7	227	64,5
26	5	452	21,5	66	7	227	64,5
27	5	452	21,5	67	7	227	64,5
28	5	452	21,5	68	7	227	64,5
29	6	964	39	69	7	227	64,5
30	6	964	39	70	7	452	64,5
31	6	964	39	71	7	452	64,5
32	6	964	39	72	7	452	64,5
33	6	964	39	73	7	452	64,5
34	6	836	39	74	7	452	64,5
35	6	836	39	75	7	452	64,5
36	6	836	39	76	7	452	64,5
37	6	836	39	77	7	452	64,5
38	6	836	39	78	7	452	64,5
39	6	227	39	79	7	452	64,5
40	6	227	39	80	8	964	107,5

	Nota	Amostra	Rank		Nota	Amostra	Rank
81	8	964	107,5	121	8	227	107,5
82	8	964	107,5	122	8	227	107,5
83	8	964	107,5	123	8	227	107,5
84	8	964	107,5	124	8	227	107,5
85	8	964	107,5	125	8	452	107,5
86	8	964	107,5	126	8	452	107,5
87	8	964	107,5	127	8	452	107,5
88	8	964	107,5	128	8	452	107,5
89	8	964	107,5	129	8	452	107,5
90	8	964	107,5	130	8	452	107,5
91	8	964	107,5	131	8	452	107,5
92	8	964	107,5	132	8	452	107,5
93	8	836	107,5	133	8	452	107,5
94	8	836	107,5	134	8	452	107,5
95	8	836	107,5	135	8	452	107,5
96	8	836	107,5	136	9	964	148
97	8	836	107,5	137	9	964	148
98	8	836	107,5	138	9	964	148
99	8	836	107,5	139	9	964	148
100	8	836	107,5	140	9	964	148
101	8	836	107,5	141	9	964	148
102	8	836	107,5	142	9	836	148
103	8	836	107,5	143	9	836	148
104	8	836	107,5	144	9	836	148
105	8	836	107,5	145	9	836	148
106	8	836	107,5	146	9	836	148
107	8	836	107,5	147	9	836	148
108	8	836	107,5	148	9	227	148
109	8	836	107,5	149	9	227	148
110	8	227	107,5	150	9	227	148
111	8	227	107,5	151	9	227	148
112	8	227	107,5	152	9	227	148
113	8	227	107,5	153	9	227	148
114	8	227	107,5	154	9	227	148
115	8	227	107,5	155	9	452	148
116	8	227	107,5	156	9	452	148
117	8	227	107,5	157	9	452	148
118	8	227	107,5	158	9	452	148
119	8	227	107,5	159	9	452	148
120	8	227	107,5	160	9	452	148

H_0 = O sabor das amostras é o mesmo para todas as doses
 H_A = O sabor das amostras não é o mesmo para todas as doses

$$\begin{aligned}
 n(964) &= 40 \\
 R(964) &= 3322
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n(836) &= 40 \\
 R(836) &= 3246
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n(227) &= 40 \\
 R(227) &= 3299,5
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n(452) &= 40 \\
 R(452) &= 3012,5
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N &= n(964) + n(836) + n(227) + n(452) \\
 N &= 160
 \end{aligned}$$

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \left[\sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} \right] - 3(N+1) \qquad H = 0,704074$$

$$\sum t_i = \sum (t_i^3 - t_i) \qquad C = 1 - \frac{\sum t_i}{N^3 - N} = 0,943701$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma t &= 230592,2 \\
 \chi_{0,05,3} &= 7,815 \qquad H_c = \frac{H}{C} = 0,746078 \\
 v = K - 1 &= 3 \rightarrow
 \end{aligned}$$

$H_c < \chi^2 \rightarrow$ Não Rejeitar
 H_0

O sabor das amostras é o mesmo para todas as doses com 95% NC.

ANOVA (Análise de Variância) – Krushal-Wallis Test
 “Análise de Variância por Rank”

AROMA

	Nota	Amostra	Rank		Nota	Amostra	Rank
1	2	964	1,5	41	6	836	43,5
2	2	227	1,5	42	6	836	43,5
3	3	836	5,5	43	6	227	43,5
4	3	836	5,5	44	6	227	43,5
5	3	836	5,5	45	6	227	43,5
6	3	227	5,5	46	6	227	43,5
7	3	452	5,5	47	6	227	43,5
8	3	452	5,5	48	6	227	43,5
9	4	964	10,5	49	6	227	43,5
10	4	227	10,5	50	6	452	43,5
11	4	227	10,5	51	6	452	43,5
12	4	227	10,5	52	6	452	43,5
13	5	964	21,5	53	6	452	43,5
14	5	964	21,5	54	6	452	43,5
15	5	964	21,5	55	6	452	43,5
16	5	964	21,5	56	6	452	43,5
17	5	836	21,5	57	7	964	70,5
18	5	836	21,5	58	7	964	70,5
19	5	836	21,5	59	7	964	70,5
20	5	836	21,5	60	7	964	70,5
21	5	836	21,5	61	7	964	70,5
22	5	836	21,5	62	7	964	70,5
23	5	227	21,5	63	7	964	70,5
24	5	227	21,5	64	7	964	70,5
25	5	227	21,5	65	7	964	70,5
26	5	452	21,5	66	7	964	70,5
27	5	452	21,5	67	7	964	70,5
28	5	452	21,5	68	7	836	70,5
29	5	452	21,5	69	7	836	70,5
30	5	452	21,5	70	7	836	70,5
31	6	964	43,5	71	7	227	70,5
32	6	964	43,5	72	7	227	70,5
33	6	964	43,5	73	7	227	70,5
34	6	964	43,5	74	7	227	70,5
35	6	964	43,5	75	7	227	70,5
36	6	836	43,5	76	7	452	70,5
37	6	836	43,5	77	7	452	70,5
38	6	836	43,5	78	7	452	70,5

39	6	836	43,5	79	7	452	70,5
40	6	836	43,5	80	7	452	70,5

	Nota	Amostra	Rank		Nota	Amostra	Rank
81	7	452	70,5	121	8	227	113,5
82	7	452	70,5	122	8	227	113,5
83	7	452	70,5	123	8	227	113,5
84	7	452	70,5	124	8	227	113,5
85	8	964	113,5	125	8	227	113,5
86	8	964	113,5	126	8	227	113,5
87	8	964	113,5	127	8	227	113,5
88	8	964	113,5	128	8	227	113,5
89	8	964	113,5	129	8	452	113,5
90	8	964	113,5	130	8	452	113,5
91	8	964	113,5	131	8	452	113,5
92	8	964	113,5	132	8	452	113,5
93	8	964	113,5	133	8	452	113,5
94	8	964	113,5	134	8	452	113,5
95	8	964	113,5	135	8	452	113,5
96	8	964	113,5	136	8	452	113,5
97	8	964	113,5	137	8	452	113,5
98	8	964	113,5	138	8	452	113,5
99	8	836	113,5	139	8	452	113,5
100	8	836	113,5	140	8	452	113,5
101	8	836	113,5	141	8	452	113,5
102	8	836	113,5	142	8	452	113,5
103	8	836	113,5	143	9	964	151,5
104	8	836	113,5	144	9	964	151,5
105	8	836	113,5	145	9	964	151,5
106	8	836	113,5	146	9	964	151,5
107	8	836	113,5	147	9	836	151,5
108	8	836	113,5	148	9	836	151,5
109	8	836	113,5	149	9	836	151,5
110	8	836	113,5	150	9	836	151,5
111	8	836	113,5	151	9	836	151,5
112	8	836	113,5	152	9	836	151,5
113	8	836	113,5	153	9	227	151,5
114	8	227	113,5	154	9	227	151,5
115	8	227	113,5	155	9	227	151,5
116	8	227	113,5	156	9	227	151,5
117	8	227	113,5	157	9	227	151,5
118	8	227	113,5	158	9	452	151,5
119	8	227	113,5	159	9	452	151,5
120	8	227	113,5	160	9	452	151,5

H_0 = O aroma das amostras é o mesmo para todas as doses
 H_A = O aroma das amostras não é o mesmo para todas as doses

$$n(964)= 40$$

$$R(964)= 3286$$

$$n(836)= 40$$

$$R(836)= 3273$$

$$n(227)= 40$$

$$R(227)= 3220$$

$$n(452)= 40$$

$$R(452)= 3101$$

$$N= n(964)+n(836)+n(227)+n(452)$$

$$N= 160$$

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \left[\sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} \right] - 3(N+1) \quad H= 0,248362$$

$$\sum_t = \sum (t_i^3 - t_i) \quad C = 1 - \frac{\sum_t}{N^3 - N} = 0,939834$$

$$\Sigma t = 246432_2$$

$$\chi_{0,05,3} = 7,815 \quad H_c = \frac{H}{C} = 0,264261$$

$$v=K-1= 3 \rightarrow$$

$H_c < \chi^2 \rightarrow$ Não Rejeitar
 H_0

O aroma das amostras é o mesmo para todas as doses com 95% NC.

ANOVA (Análise de Variância) – Krushal-Wallis Test
 “Análise de Variância por Rank”

COR

	Nota	Amostra	Rank		Nota	Amostra	Rank
1	2	836	1	41	6	452	34
2	3	964	2,5	42	6	452	34
3	3	452	2,5	43	6	452	34
4	4	227	5	44	7	964	62
5	4	452	5	45	7	964	62
6	4	452	5	46	7	964	62
7	5	964	15,5	47	7	964	62
8	5	964	15,5	48	7	964	62
9	5	964	15,5	49	7	964	62
10	5	964	15,5	50	7	964	62
11	5	836	15,5	51	7	964	62
12	5	836	15,5	52	7	964	62
13	5	836	15,5	53	7	964	62
14	5	836	15,5	54	7	964	62
15	5	836	15,5	55	7	964	62
16	5	836	15,5	56	7	836	62
17	5	227	15,5	57	7	836	62
18	5	227	15,5	58	7	836	62
19	5	227	15,5	59	7	836	62
20	5	227	15,5	60	7	836	62
21	5	452	15,5	61	7	836	62
22	5	452	15,5	62	7	836	62
23	5	452	15,5	63	7	836	62
24	5	452	15,5	64	7	227	62
25	6	964	34	65	7	227	62
26	6	964	34	66	7	227	62
27	6	964	34	67	7	227	62
28	6	964	34	68	7	227	62
29	6	836	34	69	7	227	62
30	6	836	34	70	7	227	62
31	6	836	34	71	7	227	62
32	6	836	34	72	7	227	62
33	6	836	34	73	7	452	62
34	6	227	34	74	7	452	62
35	6	227	34	75	7	452	62

36	6	227	34	76	7	452	62
37	6	227	34	77	7	452	62
38	6	452	34	78	7	452	62
39	6	452	34	79	7	452	62
40	6	452	34	80	7	452	62

	Nota	Amostra	Rank		Nota	Amostra	Rank
81	8	964	105	121	8	452	105
82	8	964	105	122	8	452	105
83	8	964	105	123	8	452	105
84	8	964	105	124	8	452	105
85	8	964	105	125	8	452	105
86	8	964	105	126	8	452	105
87	8	964	105	127	8	452	105
88	8	964	105	128	8	452	105
89	8	964	105	129	8	452	105
90	8	964	105	130	9	964	145
91	8	836	105	131	9	964	145
92	8	836	105	132	9	964	145
93	8	836	105	133	9	964	145
94	8	836	105	134	9	964	145
95	8	836	105	135	9	964	145
96	8	836	105	136	9	964	145
97	8	836	105	137	9	964	145
98	8	836	105	138	9	964	145
99	8	836	105	139	9	836	145
100	8	836	105	140	9	836	145
101	8	836	105	141	9	836	145
102	8	836	105	142	9	836	145
103	8	836	105	143	9	836	145
104	8	227	105	144	9	836	145
105	8	227	105	145	9	836	145
106	8	227	105	146	9	227	145
107	8	227	105	147	9	227	145
108	8	227	105	148	9	227	145
109	8	227	105	149	9	227	145
110	8	227	105	150	9	227	145
111	8	227	105	151	9	227	145
112	8	227	105	152	9	227	145
113	8	227	105	153	9	452	145
114	8	227	105	154	9	452	145
115	8	227	105	155	9	452	145
116	8	227	105	156	9	452	145
117	8	227	105	157	9	452	145
118	8	227	105	158	9	452	145
119	8	452	105	159	9	452	145
120	8	452	105	160	9	452	145

H_0 = A cor das amostras é a mesma para todas as doses
 H_A = A cor das amostras não é a mesma para todas as doses

$$\begin{aligned}
 n(964) &= 40 \\
 R(964) &= 3299,5
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n(836) &= 40 \\
 R(836) &= 3140
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n(227) &= 40 \\
 R(227) &= 3351
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n(452) &= 40 \\
 R(452) &= 3089,5
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N &= n(964) + n(836) + n(227) + n(452) \\
 N &= 160
 \end{aligned}$$

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \left[\sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} \right] - 3(N+1) \qquad H = 0,54633$$

$$\sum_t = \sum (t_i^3 - t_i) \qquad C = 1 - \frac{\sum_t}{N^3 - N} = 0,948567$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma t &= 210660_2 \\
 \chi_{0,05,3} &= 7,815 \qquad H_c = \frac{H}{C} = 0,575952 \\
 v = K - 1 &= 3 \rightarrow
 \end{aligned}$$

$H_c < \chi^2 \rightarrow$ Não Rejeitar H_0

A cor das amostras é a mesma para todas as doses com 95% NC.