



ISABELA COSTA GUIMARÃES

**TECNOLOGIAS PARA CONSERVAÇÃO E PROCESSAMENTO DE  
FRAMBOESA (*Rubus idaeus*)**

**LAVRAS – MG**

**2012**

ISABELA COSTA GUIMARÃES

**TECNOLOGIAS PARA CONSERVAÇÃO E PROCESSAMENTO DE  
FRAMBOESA (*Rubus idaeus*)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Mestrado em Ciência dos Alimentos, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Luiz Carlos de Oliveira Lima

Co-orientador

Prof. Dr. José Guilherme Lembi Ferreira Alves

**LAVRAS – MG**

**2012**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca da UFLA**

Guimarães, Isabela Costa.

Tecnologias para conservação e processamento de framboesa  
(*Rubus idaeus*) / Isabela Costa Guimarães. – Lavras : UFLA, 2012.  
159 p.; il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2012.  
Orientador: Luiz Carlos de Oliveira Lima.  
Bibliografia.

1. Qualidade pós-colheita. 2. 1-metilciclopropeno. 3. Irradiação.  
4. Bebida fermentada. 5. Análise físico-química. I. Universidade  
Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 664.804711

ISABELA COSTA GUIMARÃES

**TECNOLOGIAS PARA CONSERVAÇÃO E PROCESSAMENTO DE  
FRAMBOESA (*Rubus idaeus*)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Mestrado em Ciência dos Alimentos, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 28 de fevereiro de 2012.

Dr. Ângelo Alberico Alvarenga

EPAMIG

Dr. Emerson Dias Gonçalves

EPAMIG

Prof. Dr. Luiz Carlos de Oliveira Lima

(Orientador)

**LAVRAS – MG**

**2012**

Ao meu grande amor Ariel, que me apoia e acompanha sempre com cuidados sem medida.

**OFEREÇO.**

Aos meus pais Isabel (*in memoriam*) e Evaldo , exemplos de vida e dedicação,  
que são os responsáveis por tudo o que sou e à minha linda irmã Clarissa,  
melhor amiga que sempre cuida de mim.

Com todo o meu amor e admiração, **DEDICO.**

“Nós somos como blocos de pedra nos quais o Escultor cria as formas de homens. Os golpes do seu formão que doem tanto em nós são os que nos tornam perfeitos.”

(C.S. Lewis)

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, o autor da vida, que me sustenta com o maior e melhor amor e me dá forças para as batalhas do dia a dia com a certeza de que nEle somos mais que vencedores.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Ciência dos Alimentos, pela oportunidade de realização deste trabalho.

À Coordenação e Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Luiz Carlos de Oliveira Lima, pela orientação, confiança depositada e amizade, que muito me ensinou e aconselhou, sempre paciente, compreensivo e disponível.

Ao professor José Guilherme Lembi Ferreira Alves, pela co-orientação, disponibilizando materiais, e o laboratório, para condução de parte do experimento e , sempre que necessário , me auxiliando com muita presteza.

Ao professor Luís Roberto Batista, pelos imprescindíveis direcionamentos e apoios nas análises microbiológicas.

À professora Fabiana Queiroz, pela pronta ajuda nas análises de textura.

À professora Rosane Freitas Schwan, por disponibilizar alguns materiais, e o laboratório de fermentação no Departamento de Biologia, para a produção da bebida fermentada.

Ao professor Disney Ribeiro Dias, pela ajuda na definição dos passos para a produção da bebida fermentada.

Ao professor Eduardo Valério de Barros Vilas Boas, por estar sempre disponível a ensinar e colaborar com os alunos.

A todos os professores do Departamento de Ciência dos Alimentos pelos ensinamentos, que contribuíram muito para minha formação profissional.

Ao meu querido pai, que sempre me apoia, aconselha, acolhe e não mede esforços para me ajudar com todo o seu amor.

À minha irmã, por toda amizade e amor, pelas longas conversas, compreensão e apoio em todos os momentos.

Ao meu sobrinho Victor, que mesmo estando longe, alegre e dá sentido aos meus dias.

Ao Ariel, que me entende como ninguém, pelas doses diárias de companheirismo, amizade, alegria e amor.

À minha amada avó Vilma, pelo amor dedicado e que, com suas orações, me ajuda em todas as conquistas.

À Leka, pela amizade dedicada e por estar presente em todos os momentos da minha vida.

Ao meu primo Matheus, que se prontificou a me ajudar quando precisei.

À professora Eliane por contribuir com a correção deste trabalho.

A toda minha família, que torce e vibra com as minhas vitórias.

Às meninas da república: Paty, Jéssica e Mayra, pela amizade e agradável convívio.

Ao meu amigo-irmão Dudu, pela ajuda indispensável, sempre tão disponível, presente em todas as etapas desse trabalho.

À Priscila, que muito se dedicou ensinando as análises microbiológicas.

Ao Lucas, que me acompanhou e ajudou na condução e execução das análises, sempre que preciso foi.

À insubstituível Helô, por dividir seus conhecimentos, estando sempre pronta para ajudar e esclarecer dúvidas.

Às meninas do Laboratório de Pós-Colheita de Frutos e Hortaliças: Carol, Rita, Camila Fante, Ju Lima, Daniella, Fernanda, Ju Alvarenga e Ana Carolina, que muito me auxiliaram e contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho, e também pelo convívio harmonioso e momentos de descontração.

Ao Paulo, pela amizade e coleguismo, tornando os meus dias mais alegres.

Meus sinceros agradecimentos àquelas pessoas que, de alguma forma, doaram um pouco de si para que fosse possível a conclusão deste trabalho: Washley, Cláudia, Vanessa, Camila e Juliana Ribeiro.

Aos colegas da pós-graduação, pela agradável convivência.

Aos funcionários do DCA, principalmente Lucilene, Tina, Flávia, Creuza e Sr. Miguel, pelo convívio, amizade, ensinamentos e auxílio sempre que necessário.

À laboratorista Cleuza, do Laboratório de Análise físico-química de Aguardente de cana do Departamento de Química, pela ajuda na análise de metanol.

Enfim, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho e para minha formação pessoal e profissional.

## RESUMO GERAL

A framboesa (*Rubus idaeus*), ainda pouco cultivada no Brasil, tem despertado o interesse dos produtores por ser um fruto atrativo, com alto valor nutritivo e poder antioxidante, porém apresenta elevada susceptibilidade a deterioração, possuindo vida pós-colheita muito curta. Este trabalho foi realizado com os objetivos de avaliar, ao longo do armazenamento, as características físico-químicas de framboesas tratadas com diferentes doses de 1-MCP, avaliar as características físico-químicas e microbiológicas, ao longo do armazenamento, de framboesas submetidas a diferentes doses de irradiação, e produzir e analisar físico-quimicamente uma bebida fermentada a partir da polpa da framboesa, utilizando diferentes tipos de fermentação, buscando, assim, alternativas de prolongamento e processamento pós-colheita desse fruto. Os frutos foram colhidos maduros, na cidade de Campestre-MG, e enviados para a Universidade Federal de Lavras, onde foi realizado o processamento, de acordo com cada objetivo. De acordo com os resultados, foi possível constatar que a aplicação de 1-MCP é viável para a conservação pós-colheita de framboesas, pois diminuiu a perda de massa e conservou os frutos mais firmes durante o período de armazenamento. A irradiação também se mostrou viável para conservar framboesas, pois os frutos irradiados apresentaram menor perda de massa e contagem de fungos filamentosos e leveduras, sendo a dose de 2 kGy a mais eficiente no controle microbiológico. A produção da bebida fermentada é uma alternativa aceitável para a comercialização e consumo da framboesa, já que os parâmetros físico-químicos apresentaram valores dentro dos estabelecidos pela legislação brasileira, e elevada atividade antioxidante nos três tipos de fermentação testados.

Palavras-chave: Qualidade pós-colheita. 1-metilciclopropeno. Irradiação. Bebida fermentada. Análise físico-química.

## GENERAL ABSTRAT

The raspberry (*Rubus idaeus*), yet little cultivated in Brazil, has attracted the interest of producers, to be an attractive fruit with high nutritional value and antioxidant power, but it has high susceptibility to decay, having shelf-life too short. This work was conducted with the objective of evaluating the long storage, the physicochemical characteristics of raspberries treated with different doses of 1-MCP, evaluating physical-chemical and microbiological storage along the raspberries under different irradiation doses and produce and analyze a physical-chemical brew from the pulp of raspberry using different types of fermentation, thus seeking alternative extension and post-harvest processing of this fruit. The ripe fruits were harvested in the city of Campestre-MG and sent to the Federal University of Lavras, where the processing was carried out according to each objective. According to the results, we determined that the application of 1-MCP is feasible for postharvest raspberries, it decreased the weight loss and retained the firmer fruits during the storage period. Irradiation was also feasible to keep raspberries, because the irradiated fruits showed lower weight loss and counting of filamentous fungi and yeasts, and the dose of 2 kGy in the most efficient microbial control. The production of the brew is an acceptable alternative to the marketing and consumption of raspberry, as the physico-chemical parameters showed values within those established by Brazilian legislation and high antioxidant activity in three types of fermentation tested.

Keywords: Postharvest quality. 1-methylcyclopropene. Irradiation. Fermented beverage. Physical-chemical analysis.

## SUMÁRIO

CAPÍTULO 1: Introdução Geral.....	16
1 INTRODUÇÃO.....	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	20
2.1 Framboesa ( <i>Rubus idaeus</i> ).....	20
2.1.1 Valor nutricional e funcional da framboesa.....	22
2.2 Colheita da framboesa.....	24
2.3 Métodos de conservação pós-colheita.....	26
2.3.1 Refrigeração.....	27
2.3.2 1-Metilciclopropeno (1-MCP).....	28
2.3.3 Irradiação.....	29
2.4 Bebida alcoólica obtida por fermentação: fermentado de frutas.....	34
2.4.1 Fermentação alcoólica.....	37
2.4.2 Etapas da produção de bebida fermentada de frutas.....	39
2.4.2.1 Mosto.....	39
2.4.2.2 Chaptalização.....	39
2.4.2.3 Sulfitação.....	40
2.4.2.4 Colagem.....	40
2.4.2.5 Trasega.....	41
2.4.2.6 Filtração.....	41
2.5 Seleção de leveduras.....	41
2.6 Imobilização celular.....	42
Referências Bibliográficas.....	46
CAPÍTULO 2: Qualidade pós-colheita de framboesas submetidas a diferentes doses de 1-metilciclopropeno (1-MCP).....	55
1 INTRODUÇÃO.....	58

2 MATERIAL E MÉTODOS.....	60
2.1 Material vegetal.....	60
2.2 Tratamento da framboesa com 1-MCP.....	60
2.3 Análises físico-químicas.....	61
2.3.1 Perda de massa.....	61
2.3.2 Sólidos solúveis totais (SST).....	61
2.3.3 Acidez titulável (AT).....	62
2.3.4 Determinação do pH.....	62
2.3.5 Açúcares solúveis totais (AST).....	62
2.3.6 Pectina total, pectina solúvel e solubilidade.....	62
2.3.7 Firmeza.....	63
2.3.8 Vitamina C.....	63
2.3.9 Atividade antioxidante total.....	63
2.3.10 Compostos fenólicos totais.....	64
2.4 Análise estatística.....	65
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	66
3.1 Perda de massa.....	66
3.2 Sólidos solúveis totais (SST) e Açúcares solúveis totais (AST).....	67
3.3 Acidez titulável e pH.....	69
3.4 Avaliação da textura (Firmeza e solubilidade).....	71
3.5 Vitamina C, Atividade antioxidante total e Fenólicos totais.....	74
4 CONCLUSÃO.....	78
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
CAPÍTULO 3: Qualidade pós-colheita de framboesas submetidas a diferentes doses de irradiação.....	83
1 INTRODUÇÃO.....	86
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	88
2.1 Material vegetal.....	88

2.2 Irradiação das framboesas.....	89
2.3 Análises físico-químicas.....	89
2.3.1 Perda de massa.....	89
2.3.2 Sólidos solúveis totais (SST).....	89
2.3.3 Acidez titulável (AT).....	89
2.3.4 Determinação do pH.....	90
2.3.5 Açúcares solúveis totais (AST).....	90
2.3.6 Pectina total, pectina solúvel e solubilidade.....	90
2.3.7 Firmeza.....	90
2.3.8 Vitamina C.....	91
2.3.9 Atividade antioxidante total.....	91
2.3.10 Compostos fenólicos totais.....	92
2.4 Análises microbiológicas.....	92
2.4.1 Coliformes a 35°C e 45°C (termotolerantes).....	93
2.4.2 Contagem de fungos filamentosos e leveduras.....	93
2.4.3 Contagem de psicrotróficos.....	93
2.5 Análise estatística.....	93
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	95
3.1 Perda de massa.....	95
3.2 Sólidos solúveis totais (SST) e Açúcares solúveis totais (AST).....	96
3.3 pH e acidez titulável (AT).....	98
3.4 Avaliação da textura (firmeza, pectina solúvel e solubilidade).....	101
3.5 Vitamina C, Atividade antioxidante total e Fenólicos totais.....	103
3.6 Análises microbiológicas.....	106
4 CONCLUSÃO.....	109
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	110
CAPÍTULO 4: Produção de bebida fermentada de framboesa ( <i>Rubus</i>	

<i>idaeus</i> ) por fermentação espontânea e usando leveduras selecionadas livres e imobilizadas.....	115
1 INTRODUÇÃO.....	118
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	120
2.1 Matéria-prima.....	120
2.2 Elaboração da bebida fermentada de framboesa.....	120
2.2.1 Preparo do mosto.....	122
2.2.2 Chaptalização.....	122
2.2.3 Sulfitação.....	122
2.2.4 Autoclavagem.....	123
2.2.5 Inoculação.....	123
2.2.6 Imobilização da levedura.....	124
2.2.7 Fermentação.....	124
2.2.8 Colagem.....	125
2.2.9 Trasfegas.....	125
2.2.10 Filtração e pasteurização.....	125
2.3 Análises realizadas.....	126
2.3.1 pH e Acidez total titulável.....	126
2.3.2 Acidez volátil.....	126
2.3.3 Acidez fixa.....	126
2.3.4 Sólidos solúveis totais e Açúcares redutores totais.....	127
2.3.5 Teor alcoólico.....	127
2.3.6 Extrato seco a 100°C.....	127
2.3.7 Metanol.....	127
2.3.8 Atividade antioxidante total.....	128
2.3.9 Fenólicos totais.....	129
2.3.10 Antocianinas totais.....	130
2.4 Análise estatística.....	130

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	131
3.1 Imobilização das células.....	131
3.2 Fermentação e análises durante o processo.....	131
3.3 Análises realizadas na bebida fermentada de framboesa.....	135
3.3.1 Acidez (total, volátil e fixa), teor alcoólico, extrato seco e metanol.....	135
3.3.2 Sólidos solúveis totais, açúcares redutores totais e pH.....	138
3.3.3 Atividade antioxidante total, fenólicos totais e antocianinas totais.....	139
4 CONCLUSÃO.....	143
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	144
ANEXOS.....	150

## **CAPÍTULO 1**

### **Introdução Geral**

## 1 INTRODUÇÃO

A framboesa (*Rubus idaeus*.) é uma espécie da família das Rosáceas, apresenta fruto composto por pequenos gomos, apresentando seu centro oco. Para o mercado de frutos frescos, a framboesa vermelha é melhor quando colhida vermelho vivo e pode ser armazenada a 0°C por apenas alguns dias. Ela é um fruto macio, succulento e possui um aroma distinto e agradável, além de ser ótima fonte de vitaminas, minerais e antioxidantes, como antocianinas, ácidos fenólicos e outros flavonoides (WANG et al., 2009). Sua comercialização caracteriza-se por sua complexidade, ainda que isto seja comum a outros que a ela se assemelham, mas, por outra parte, os distintos usos deste produto, unidos a uma escassa produção, adicionam condicionantes específicos (AYALA, 1999).

A maioria dos frutos produzidos são comercializados na forma de polpa congelada, de purês, conservas, geleias, concentrados, sorvetes, sucos e iogurte, pois, devido à alta taxa metabólica do fruto caracterizando seu elevado grau de perecibilidade, torna a venda ao natural restrita aos mercados locais. Entretanto, existe interesse que este fruto chegue a outros pontos de comercialização, via terrestre ou aérea, com boas características de qualidade. Para isso, é necessário resfriar o fruto logo após a colheita, sendo indicado o método de resfriamento por ar forçado. Esta prática, além de facilitar a manipulação, deixa as frutas mais firmes e resistentes a podridões, intensificando também a cor vermelha.

Uma das recomendações para diminuir o metabolismo do fruto e aumentar a vida pós-colheita é realizar o resfriamento do mesmo imediatamente após a colheita e também, após colhido, diminuir o manuseio do fruto, colhendo-o diretamente na embalagem de comercialização. Se os frutos não forem comercializados no dia da colheita, estes deverão ser armazenados a 0°C com umidade relativa de 90 a 95%. Nestas condições, os frutos poderão ser conservados com qualidade comercial por um período de até quatro dias.

Entretanto, os frutos se conservarão bem nesse período se os mesmos forem colhidos com cuidado. A maioria destes frutos apresenta comportamento típico de frutos com padrão respiratório não climatérico, devendo ser colhidos no momento que atingirem a plena maturação na planta (RASEIRA et al., 2004).

Estima-se um elevado volume de perdas em pós-colheita da ordem de 10 milhões de t/ano, o que corresponde a 30% da produção, podendo, em alguns casos, serem superiores a 50%, ocorrendo, além de perdas quantitativas, perdas qualitativas, depreciando as frutas brasileiras nas negociações internacionais (TERAO et al., 2003). Para diminuição dessa perda, é necessário desenvolver técnicas de conservação e processamento apropriados para cada tipo de fruto.

O 1-metilciclopropeno (1-MCP) é um inibidor da ação do etileno. Esse produto tem sido avaliado como uma técnica promissora no prolongamento da vida pós-colheita e manutenção da qualidade de produtos vegetais. Acredita-se que o 1-MCP liga-se permanentemente aos sítios receptores do etileno, presentes nas células vegetais no momento da aplicação do produto. O 1-MCP (fórmula molecular  $C_4H_6$ ) é um gás com massa molar de 54, 09 g/mol, em condições ideais de temperatura e pressão. A afinidade do 1-MCP com o sítio receptor do etileno é aproximadamente dez vezes maior do que a do etileno (BLANDESHIP; DOLE, 2003).

A irradiação também é uma técnica eficiente na conservação dos alimentos, pois reduz as perdas naturais causadas por processos fisiológicos (brotamento, maturação e envelhecimento), além de eliminar ou reduzir microrganismos, parasitas e pragas, sem causar qualquer prejuízo ao alimento, tornando-os também mais seguros ao consumidor. O uso comercial da radiação gama é limitado pelo alto custo e tamanho do equipamento necessário ao tratamento, além de existir certa resistência do consumidor ao uso de alimentos irradiados (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Frutas, em geral, apresentam características sensoriais adequadas para produção de bebida fermentada e, aliada à necessidade de se ampliar a sua produção e consumo em diversos países, a produção destas bebidas tem sido bastante pesquisada e incentivada (Alves et al., 2010). Teoricamente, qualquer fruto ou vegetal comestível, que contém umidade suficiente, açúcar e outros nutrientes para os microrganismos, pode servir como matéria-prima para a produção de bebida fermentada com sabores característicos de cada fruta (VOGT; JAKOB, 1986).

Este estudo foi conduzido com o objetivo de propor alternativas de conservação e processamento da framboesa, estimulando a produção e o consumo da mesma, diminuindo perdas pós-colheita e aumentando sua vida útil.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Framboesa (*Rubus idaeus*)

A framboesa (*Rubus idaeus*) é um fruto succulento de sabor doce ou levemente ácido, original dos campos do centro e norte da Europa e de parte da Ásia; ela pertence à família das Rosáceas. É uma planta de grande rusticidade, com algumas exigências climáticas, que se adapta a climas temperados-frios e frios (AYALA, 1999). Ótima para ser plantada no inverno, a planta encontra boa produção em áreas de verão ameno e com temperaturas menores que sete graus, por mais de 250 horas no inverno (Pio, 2007). É um fruto múltiplo de drupas (drupéolas) estreitamente unidas à volta do receptáculo (Figura 1). Apresenta forma cônica arredondada, sendo cada drupéola constituída por uma semente dura, envolvida por polpa (DICIONÁRIO VISUAL DAS PLANTAS, 1993).

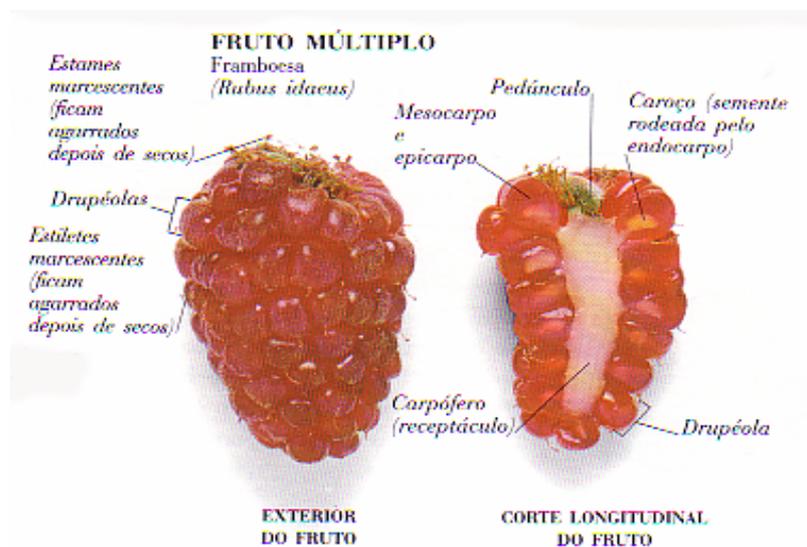


Figura 1 Morfologia da framboesa  
 Fonte: Dicionário visual das plantas, 1993

Quando maduro, este fruto torna-se muito delicado, dificultando seu transporte e manuseio. Diferente da amora, a framboesa é um fruto oco e, além disso, seu cultivo é mais delicado (AYALA, 1999). Por ser um fruto não-climatérico, a framboesa deve ser colhida madura, com todas as características desejáveis para o consumo.

A framboesa tem sido bastante difundida para comercialização de polpa congelada, sucos, iogurtes, sorvetes, gelatinas e geleias. Mas é muito apreciada ao natural, o que torna seu cultivo atraente para áreas com atividade de turismo rural (PIO, 2007).

Atualmente, a espécie é cultivada em 37 países, em aproximadamente 184 mil hectares, sendo a Rússia o maior produtor mundial, com 120 mil toneladas/ano, seguido da Sérvia, Polônia, Estados Unidos e Ucrânia (FAO, 2011).

Na América Latina, o Chile se destaca, com produção anual de 30 mil toneladas, cultivadas em cerca de 5.000 hectares, possuindo alta tecnologia de produção e logística de exportação para os principais mercados mundiais. Nos últimos anos, os plantios de framboeseira têm aumentado significativamente na Argentina e no Uruguai (EMBRAPA, 2007).

No Brasil, o cultivo da framboeseira iniciou-se na década de 50, no município de Campos do Jordão-SP, através da introdução de algumas cultivares pelo barão suíço Otto Von Leithner (PAGOT, 2004), onde atualmente encontra-se a fazenda Baronesa Von Leithner e que até hoje produz framboesas de alta qualidade. Posteriormente, os cultivos foram expandidos para o Sul do Brasil. Atualmente, os principais estados produtores são o Rio Grande do Sul, São Paulo e Minas Gerais, sendo a área total estimada em 150 hectares e produção anual de 150 toneladas (GONÇALVES et al., 2011).

Segundo Pagot (2010), a oferta de framboesas no Brasil parece ser menor que a demanda, mesmo sendo muito compensadores os preços pagos aos produtores. Essa pouca expressão da cultura no País deve-se possivelmente ao fato de que, dentre as pequenas frutas, trata-se daquela que apresenta as maiores limitações técnicas, devido à sensibilidade da planta e da fruta ao clima, além da elevada exigência em frio.

### **2.1.1 Valor nutricional e funcional da framboesa**

O principal constituinte dos frutos recém-colhidos é a água; nas framboesas o teor é de cerca de 83-85% (GORINI, 1989). Água e açúcares predominam na constituição de frutos maduros, sendo os açúcares mais comuns a frutose, a glucose e a sacarose (De La PLAZA, 1991). Os teores de glucose e frutose apresentam quantidades equivalentes nas framboesas vermelhas (Tabela 1). Os ácidos orgânicos constituem componentes intervenientes no sabor e aroma dos frutos, sendo o segundo maior grupo a contribuir quantitativamente para o teor em sólidos solúveis. Afetam diretamente o sabor e aroma dos frutos, regulam o pH celular e influenciam o aparecimento de diferentes pigmentos no interior dos tecidos (MANNING, 1993). A sua concentração diminui com a maturação, uma vez que são utilizados como fonte de energia na respiração, ou como fonte de carbono na síntese de açúcares. Nas cultivares de framboesa vermelha os principais ácidos são o cítrico e o málico (Tabela 1) (SOUZA et al.,2007) .

Tabela 1 Valores médios de açúcares e ácidos orgânicos na framboesa vermelha (g.100g<sup>-1</sup>)

Frutose	Glucose	Sacarose	Ácido cítrico	Ácido málico
2,39	2,26	0,96	2,06	0,8

Fonte: Souza et al.,2007.

A framboesa apresenta grande interesse, devido aos seus teores de sais minerais, vitamina C, provitamina A, Vitaminas B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> e B<sub>6</sub> (Tabela 2) (USDA, 1982).

Estudos indicam que a presença de compostos fenólicos em frutos como framboesa, mirtilo, amora-preta e morango proporcionam um efeito benéfico à saúde pela sua ação terapêutica, antiinflamatória e antioxidante, auxiliando no tratamento de algumas enfermidades como doenças coronarianas e o câncer (BEATTIE et al., 2005; BEEKWILDER et al., 2005). Algumas investigações demonstram uma grande diversidade na composição química e no poder antioxidante das frutas, dependendo, entre outros condicionantes, do cultivo e do local de plantio (WANG; LIN, 2000; HAFFNER et al., 2002; ANTTONEN; KARJALAINEN, 2005; CHUN et al., 2006; MATTILA et al., 2006), bem como do efeito do tempo e da temperatura de estocagem (GARCIA-VIGUERA, 1999; OCHOA et al., 1999).

A framboesa é um fruto rico em antioxidantes devido ao seu elevado nível de compostos fenólicos, que são essencialmente compostos de antocianinas, elagitaninos, ácidos fenólicos e conjugados do ácido elágico e quercetina. Um recente estudo relatou que o extrato de framboesa tem maior atividade antioxidante celular que 25 frutas consumidas nos Estados Unidos. Além das propriedades antioxidantes, a framboesa também possui outros bioativos benéficos, incluindo o anti-inflamatório, a atividade antimicrobiana

contra patógenos intestinais e a anti-proliferação de células cancerosas no fígado, mama, cólon e próstata (ZHANG et al., 2010).

## **2.2 Colheita da framboesa**

Os frutos das framboesas são compostos, ou seja, é o resultado do desenvolvimento de mais de um ovário de uma única flor e aderentes a um receptáculo comum, sendo designado como agregado. A flor multipistilada possui carpelos individualizados e, ao amadurecer, originam um conjunto de frutículos isolados, denominados mini drupas, drupetes ou drupeletes, arranjados em torno de uma cavidade central (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Esta cavidade contribui para alta sensibilidade do fruto a danos mecânicos; assim, é necessário que a colheita da framboesa seja feita manualmente.

A colheita de framboesas é realizada com base na coloração das bagas, sendo que a maioria das normas exige que mais de 50% da superfície da baga esteja colorida (DeEll, 2005). Este autor recomenda que os frutos sejam colhidos uniformes quanto à aparência (cor, tamanho, formato, e livre de defeitos), textura, sabor (sólidos solúveis totais, acidez, sabor e voláteis) e valor nutricional (vitamina C). Como índices de qualidade, estabelece-se que as framboesas devem ser colhidas com, no mínimo, 7% de sólidos solúveis e/ou um máximo de 0,8% de acidez titulável. Pagot (2006) adverte que a colheita de frutos muito maduros, com vermelho muito intenso e que já perderam a firmeza podem estar deteriorados e têm a comercialização prejudicada.

Como os frutos são não-climatéricos, devem permanecer na planta até o final da maturação, devendo ser colhidos maduros (RASEIRA et al., 2004). Embora se trate de frutos não-climatéricos, a framboesa, por ser um fruto pequeno, apresenta alta atividade respiratória, pois frutos pequenos normalmente apresentam alta atividade respiratória.

Tabela 2 Perfil nutricional da framboesa vermelha:

<b>Nutrientes</b>	<b>Quantidades em 100g de fruto</b>
Umidade	85,57 g
Valor energético	49 kcal
Proteínas	0,91 g
Gordura total	0,55 g
Hidratos de carbono	11,57 g
Fibras	3,0 g
Cinzas	0,4 mg
Colesterol	0
<b>Sais Minerais</b>	
Cálcio	22 mg
Ferro	0,57 mg
Magnésio	22 mg
Fósforo	12 mg
Potássio	152 mg
Sódio	0
Zinco	0,46 mg
Cobre	0,074 mg
Manganês	1013 mg
<b>Vitaminas</b>	
Ácido Ascórbico	25 mg
Tiamina	0,03 mg
Riboflavina	0,09 mg
Niacina	0,9 mg
Ácido Pantotênico	0,4 mg
Vitamina B 6	13 mg
Vitamina A	13 UI

Fonte: USDA, 1982.

A elevada taxa respiratória, conjuntamente com sua estrutura delicada, faz da framboesa um dos mais perecíveis de todos os frutos (DeEll, 2005). Assim, após a colheita, recomenda-se a remoção rápida de calor de campo dentro de uma a duas horas, o qual é feita com o resfriamento, forçando o ar frio a se deslocar entre as embalagens contendo as bagas (DeEll, 2005). Esta prática, além de facilitar a manipulação, deixa os frutos mais firmes e resistentes a podridões, intensificando também a cor vermelha (RASEIRA et al., 2004).

### **2.3 Métodos de conservação pós-colheita**

Para manter as características de qualidade e prolongar a vida pós-colheita de produtos hortícolas é preciso ter o entendimento de que as diferentes partes dos vegetais são vivas, não só quando ainda estão presas à planta-mãe, mas também após serem colhidas. Como tal, respiram, e as transformações metabólicas decorrentes desse processo conduzem ao envelhecimento e à morte do tecido, com consequências drásticas, se não forem aplicadas tecnologias adequadas para a redução desses processos (CHITARRA; CHITARRA, 2005). O produto, que será submetido a qualquer tipo de método de conservação pós-colheita, deve apresentar ótima qualidade, pois nenhum método é capaz de melhorar a qualidade do vegetal, mas sim de mantê-la. Para isso, é necessário que todo o processo de produção e comercialização seja cuidadoso e esteja de acordo com as necessidades específicas de cada produto (MOLINARI, 2007).

As principais causas de deterioração dos alimentos são de origem microbiana, química e enzimática. Essas reações ocorrem de acordo com certas condições próprias do alimento (composição e atividade de água) e em decorrência de fatores externos, como temperatura, presença ou ausência de

oxigênio e luz, umidade, entre outros. Os processos de preservação de alimentos baseiam-se na combinação adequada de certas condições, de forma a tornar e manter as condições intrínsecas e extrínsecas desfavoráveis à degradação dos alimentos (PINTO, 2010).

### **2.3.1 Refrigeração**

A refrigeração tem sido a técnica mais utilizada para a preservação de frutas frescas, considerando que ela reduz o metabolismo, diminui a perda de massa, retarda o desenvolvimento de patógenos causadores de podridões e atrasa a senescência (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A baixa temperatura é o fator mais importante na manutenção da qualidade de frutos, por reduzir o metabolismo dos mesmos durante o período pós-colheita (CHITARRA; CHITARRA, 2005), reduzindo a atividade de várias enzimas responsáveis pelo amolecimento do fruto (LUO et al., 2001).

A refrigeração é o método mais econômico para o armazenamento prolongado de frutas e hortaliças frescas. Os demais métodos de controle de amadurecimento são utilizados como complemento a redução da temperatura (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Após a colheita, os vegetais continuam seu metabolismo respiratório, consumindo, entretanto, suas próprias reservas, levando à sua deterioração (PINTO, 2010).

A temperatura é um dos fatores de maior influência na respiração, havendo um valor ideal para a manutenção de cada tipo de produto de origem vegetal, para que esse alcance uma maior vida útil com o máximo de qualidade comestível. Temperaturas inferiores ou superiores não são satisfatórias, podendo acarretar desordens fisiológicas. Se o objetivo é manter a qualidade com aumento da vida útil, torna-se indispensável a manutenção do produto sob baixa

temperatura, obedecendo, contudo, o limite mínimo suportável por ele, a temperatura mínima de segurança (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Baixa temperatura, se mal usada, pode provocar injúrias causadas pelo frio (SARGENT et al., 1993). Estes mesmos autores verificaram que a curva de incidência de dano pelo frio descreve-se como uma parábola em caqui “Fuyu”, sendo que a maior incidência ocorre na temperatura de 5 °C. Cada fruta a cultivar apresenta uma temperatura ótima de conservação e um período máximo de conservação sob tais condições. Para aumentar a vida pós-colheita das bagas de clima temperado tem sido recomendado o acondicionamento dos frutos em câmara fria, com temperatura compreendidas entre 0 e 5 °C (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A framboesa é um fruto muito tolerante ao frio, devendo ser armazenada a 0°C para se manter ao máximo sua qualidade.

### **2.3.2 1-Metilciclopropeno (1-MCP)**

O 1-metilciclopropeno (1-MCP) é um inibidor da ação do etileno. Esse produto tem sido avaliado como uma técnica promissora no prolongamento da vida pós-colheita e manutenção da qualidade de produtos vegetais. Em condições normais, o etileno se liga a uma molécula receptora, provavelmente uma proteína de membrana, de onde surgem as respostas que desencadeiam processos associados ao amadurecimento de frutos. O 1-MCP previne ou atrasa a degradação de clorofila e vários tipos de mudanças de coloração em uma gama de espécies vegetais (BLANKENSHIP; DOLE, 2003).

O vegetal tratado com 1-MCP deve ser conservado sob refrigeração, pois, de acordo com a lei de Vant’Hoff ( $Q_{10}$ ), para cada aumento de 10°C na temperatura existe um aumento de 2 a 3 vezes na velocidade das reações metabólicas do produto vegetal, incluindo a respiração. Dentro da variação

fisiológica de cada espécie, a taxa respiratória, normalmente, aumenta com a elevação da temperatura, principalmente na faixa de 5 a 20°C (WILLS et al., 1999). Chitarra e Chitarra (2005), afirmam que acima de 30°C a taxa respiratória começa a diminuir, ocorrendo a morte do produto por altas temperaturas, pois afeta diretamente os processos vitais, como respiração, produção de etileno e perda de massa.

Embora o 1- MCP seja um gás, também é formulado como pó, com o nome comercial de SmartFresh<sup>®</sup>, o qual libera o 1-MCP quando misturado a uma solução básica ou água (BASSETTO, 2002).

A concentração de 1-MCP, necessária para apresentar efeito no bloqueio da ação do etileno, varia conforme a espécie, cultivar, estágio de maturação, temperatura de exposição, interação concentração x tempo de exposição e produção de novos receptores de etileno. (RUPASINGUE et al., 2000; WATKINS et al., 2000). O 1-MCP tem sido aplicado à temperatura na faixa de 20-25°C e com tempo de aplicação variando de 6-24 horas (PINHEIRO et al., 2007).

Embora frutos não-climatéricos, como a framboesa, morango, citrus, apresentem apenas o sistema 1 de produção de etileno, ou seja, baixa produção de etileno (VENDRELL; PALOMER, 1997), isso não implica que não haja interferência do etileno sobre a maturação do fruto. Goldschmidt (1997) afirma que o etileno, mesmo que em baixa concentração em frutos não-climatéricos, está envolvido em eventos associados à maturação, como a degradação da clorofila da casca e o amaciamento da polpa.

Jomori et al. (2003) afirmam que é possível conservar sob refrigeração a cor verde da casca de limas ‘Thaiti’ tratadas com 1-MCP por 30 dias.

Terao et al. (2003) estudaram o desenvolvimento de podridão em melões e observaram que os melões tratados com o 1-MCP e armazenados sob refrigeração se conservaram bons para consumo por mais tempo que os melões

tratados com o 1- MC, armazenados a temperatura ambiente. O 1-MCP retarda o amaciamento do fruto, assim dificulta o ataque por microrganismos deterioradores, tendo melhor efeito quando combinado com a refrigeração.

Em um estudo sobre aplicação de variadas doses de 1-MCP em morangos, Jiang et al. (2001) afirmam que morangos tratados com  $10 \text{ nL.L}^{-1}$  de 1-MCP apresentaram maior vida pós-colheita quanto à firmeza que os não tratados. Observaram também que doses altas de 1-MCP (500 e  $1000 \text{ nL.L}^{-1}$ ) aceleraram o apodrecimento dos morangos, e doses intermediárias (100 e  $250 \text{ nL.L}^{-1}$ ) diminuíram o apodrecimento dos mesmos, quando comparados ao controle ( $0 \text{ nL.L}^{-1}$  de 1-MCP).

### **2.3.3 Irradiação**

A irradiação de alimentos é um processo físico que utiliza uma faixa particular de energia eletromagnética, conhecida como radiações ionizantes. As radiações ionizantes são partículas ou fótons que possuem energia suficientemente alta para produzir partículas eletricamente carregadas (íons) nos materiais com que entram em contato (PRADO et al., 2006). Essa técnica, que tem sido utilizada em muitos países, auxilia na conservação pós-colheita de frutos e hortaliças. A exposição a baixas doses de radiação pode diminuir a velocidade de amadurecimento e envelhecimento de frutas e vegetais, aumentando, desta maneira, a vida de prateleira e, conseqüentemente, as possibilidades de comercialização e maximização dos lucros ,tanto por parte dos produtores como por parte dos comerciantes (FRANÇOSO et al., 2008).

A framboesa é um fruto muito sensível. Assim, não é recomendável que se faça a lavagem ou o uso de produtos sanitizante para limpeza e desinfecção da mesma, devendo ser manuseada o mínimo possível. Tendo em vista estas considerações, a irradiação é uma técnica viável na conservação da mesma, pois

é eficiente na redução das perdas naturais causadas por processos fisiológicos (brotamento, maturação e envelhecimento), além de eliminar ou reduzir microrganismos, parasitas e pragas, sem causar qualquer prejuízo ao alimento, tornando-os mais seguros ao consumidor (USP-CENA/PCLQ, 2005).

Nos últimos anos, a produção e exportação de alimentos irradiados vem crescendo. A tabela 3 mostra alguns frutos irradiados, que são exportados do México para os Estados Unidos. Observa-se um avanço nas exportações desses 2008 a 2010 (HALLMAN, 2011).

Tabela 3 Exportação de frutos tropicais irradiados do México para os Estados Unidos

Fruta	Toneladas de frutas irradiadas exportadas por ano		
	2008	2009	2010
goiaba	257	3521	9121
toranja	0	67	101
manga	0	35	239
limão	0	0	600
pimenta	0	0	257
total	257	3623	10318

Fonte: Hallman (2011).

Na irradiação dos alimentos, utiliza-se principalmente como fonte de radiação gama o isótopo Cobalto-60, obtido pelo bombardeamento com nêutrons do metal Cobalto-59 em um reator nuclear (Silva et al., 2008).

A regulamentação sobre a irradiação de alimentos no Brasil existe desde 1973. Em 26 de janeiro de 2001, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) aprovou a Resolução RDC nº 21, que permite a irradiação de qualquer alimento, com a condição de que a dose máxima absorvida seja inferior àquela que comprometa as propriedades funcionais e/ ou os atributos sensoriais do alimento e que a dose mínima absorvida seja suficiente para alcançar o objetivo

pretendido. Essa resolução também estabelece que, quando um produto irradiado é usado como ingrediente em outro alimento, esse fato deve ser mencionado na embalagem do produto final, contendo a frase: “Alimento tratado por processo de irradiação”. O rótulo dos alimentos irradiados deve possuir o símbolo internacional da radiação ionizante, denominado “radura” (Figura 2) (Brasil, 2001).



Figura 2 Radura - símbolo internacional da radiação ionizante  
Fonte: Brasil (2001).

A faixa de benefícios da utilização da irradiação gama pode se classificar em três categorias, segundo Spolaore et al.(2001):

- a) irradiação de dose baixa (radurização): até 1 kGy, que inibe brotamento, atrasa a maturação, desinfesta de insetos e inativa parasitas;
- b) irradiação de dose média (radicidação): de 1 a 10 kGy, que reduz o número de microrganismos deterioradores, reduz o número ou elimina patógenos não formadores de esporos;
- c) irradiação de alta dose (radopertização): acima de 10 kGy, que reduz o número de microrganismos a ponto de esterilidade.

Pesquisas envolvendo a irradiação de alimentos têm procurado estabelecer as doses de radiação, que reduzem significativamente a carga microbiana sem que ocorra o comprometimento da qualidade sensorial e

nutricional do produto. Todavia, toda a eficiência do processo de irradiação depende da aplicação da dose apropriada e de sua correta aferição, a fim de se correlacionar com as análises laboratoriais (FRANÇOSO et al., 2008).

O processo de irradiação é influenciado por fatores externos (temperatura, presença ou ausência de oxigênio e subsequente condição de armazenamento) e por fatores intrínsecos ao alimento (estado físico e densidade, umidade e outras características) (GUIMARÃES, 2009).

Os trabalhos com irradiação de frutos devem ser realizados em conjunto com outras técnicas de pós-colheita, como a refrigeração, com o objetivo de se obter os melhores resultados na redução das perdas pós-colheita em frutos e hortaliças (SILVA et al., 2008).

Xiong et al. (2009) observaram que cogumelos *Pleurotus nebrodensis* irradiados com radiação gama Cobalto-60 apresentaram maior vida pós-colheita que os não irradiados, os cogumelos irradiados com 1,2 kGy apresentaram melhores características (firmeza, perda de água e escurecimento) em 22 dias de armazenamento que os cogumelos irradiados com 0,8, 1,6 e 2,0 kGy. Em um estudo sobre a carga microbiana de um fruto típico da China, Wen et al. (2006) observaram que a irradiação diminuía potencialmente essa carga, podendo conseguir descontaminação completa com a dose de 14 kGy.

Em morangos, para que ocorra redução significativa das infecções causadas por fungos, resultados de vários estudos indicam uma dose média de 2 kGy e um limite máximo de 3 kGy, sendo ponto pacífico que a dose mínima para se obter resultados suficientes seria de 1,5 kGy (FRANÇOSO et al., 2008). De acordo com os mesmos autores, a aplicação de doses superiores a 3 kGy em morangos resulta em textura externa mais macia, na perda da cor rubra e na redução de outros atributos de qualidade do fruto. O estudo realizado por D'Amour et al. (1993) indica que o amolecimento do tecido celular é um fator que limita a utilização da irradiação como método de tratamento pós-colheita.

Observou-se que morangos irradiados com 4 kGy sofreram amolecimento do tecido e parcial degradação dos polissacarídeos da parede celular, o que sinaliza que a irradiação leva a alterações químicas diferentes das quais o fruto passaria em seu processo normal de amadurecimento.

#### **2.4 Bebida alcoólica obtida por fermentação: fermentado de frutas**

A história da produção de bebidas alcoólicas iniciou-se centenas de anos antes da era Cristã, provavelmente com a fermentação espontânea do suco de uvas, as quais, como muitas frutas, tem uma microbiota presente em sua superfície. Com o armazenamento, que normalmente promove uma elevação de temperatura, a fermentação alcoólica era iniciada. A hidrólise do amido, presente em cereais para produção de cerveja, ocorreu, segundo historiadores, no Egito, 6000 anos A. C. (AQUARONE et al., 1993).

A história do vinho acompanha a história do homem. A fermentação tem sido realizada como arte durante muitos séculos, pois historiadores acreditam que há 10.000 anos a.C. já se elaborava vinho (WARD, 1991).

Por muitos anos, a fermentação foi usada como método de conservação de alimentos e bebidas, mas em 1850, Louis Pasteur identificou os microorganismos como os responsáveis pela transformação do açúcar a etanol, a levedura, amplamente distribuídas na natureza (PEREIRA JÚNIOR, 1999).

Os vinhos têm constituído parte integrante da dieta do ser humano através de séculos. Eles se constituem em bebidas que todos os povos agrícolas preparavam e consideravam tão essenciais na alimentação como o próprio pão. O termo “vinho” é ordinariamente associado com a bebida preparada a partir das uvas maduras. Porém, o suco de outras frutas, bem como o suco de alguns vegetais ou seiva de plantas também são sujeitos à fermentação alcoólica (MORETO, et al., 1988).

Bebidas fermentadas de frutas constituem produtos promissores, devido à tendência de aceitação em pesquisas de consumo, além de contribuírem para a redução de perdas pós-colheita de frutos perecíveis. Praticamente todas as frutas ou materiais açucarados podem ser usados na produção de bebidas fermentadas, desde que adequadamente corrigidos os teores de umidade e sais nutritivos para o fermento. Tradicionalmente, são empregados uvas e maçãs na obtenção de bebidas fermentadas. Muitos países, principalmente os europeus, produzem bebidas fermentadas de frutas pelos mesmos processos de fabricação, sendo a maçã, a pera, a groselha, a framboesa e a cereja as mais utilizadas (MUNIZ et al., 2002).

Experimentos com frutas para produção de bebidas fermentadas têm sido muito comum nas duas últimas décadas no Brasil, usando muitas frutas como: banana, coco, abacaxi, manga, pupunha, laranja e carambola. No entanto, por causa da grande diferença de composição entre as frutas, são necessários maiores estudos para a produção dessas bebidas, otimizando os processos, como a utilização da temperatura ótima para fermentação, os tipos de tratamentos que devem ser utilizados na fruta ou na polpa da fruta, na fase pré-fermentação e durante a fermentação. O Brasil é um país com larga produção de frutas e é também um dos maiores exportadores (DIAS et al., 2007).

Segundo Brasil (2008), fermentado de fruta é a bebida com graduação alcoólica de quatro a quatorze por cento em volume, a vinte graus Celsius, obtida da fermentação alcoólica do mosto de fruta sã, fresca e madura. E deve ser denominada de fermentado de, acrescida do nome da fruta utilizada. A bebida deverá ser obtida a partir de uma única espécie de fruta, do seu respectivo suco integral ou concentrado, ou da sua polpa, onde poderá, nestes casos, ser adicionada de água.

Os ingredientes a serem utilizados na produção do fermentado de fruta, segundo a legislação, são: mosto de fruta sã, fresca e madura (ingrediente

básico); água e açúcar (ingredientes opcionais). A água utilizada deverá obedecer às normas e aos padrões aprovados pela legislação específica para água potável e estar condicionada, exclusivamente, à padronização da graduação alcoólica do produto final. O açúcar permitido é a sacarose (BRASIL,2008)

Ainda segundo Brasil,2008, a composição química do fermentado de fruta deverá obedecer aos seguintes limites fixados (Tabela 4).

Tabela 4 Composição química do fermentado de fruta segundo legislação brasileira

Aspecto	Valor	
	mínimo	máximo
Graduação alcoólica (% em volume de álcool a 20°C)	4	14
Acidez total (meq.L <sup>-1</sup> )	50	130
Acidez fixa (meq.L <sup>-1</sup> )	30	-
Acidez volátil (meq.L <sup>-1</sup> )	-	20
Extrato seco (g.L <sup>-1</sup> )	7	-

Fonte: Brasil (2008).

Muitos estudos sobre produção e caracterização de bebida fermentada a partir de polpa de frutas obtiveram resultados satisfatórios e boa aceitação entre consumidores, como bebida fermentada de ata, ciriguela e mangaba; banana; cacau e caju; jabuticaba; acerola; abacaxi; gabirola; goiaba; lichia; cagaita; entre outros frutos (MUNIZ et al., 2002; ARRUDA et al., 2003; DIAS et al., 2003, 2007; AMARAL, 2004; SANTOS et al., 2005; ARAÚJO et al., 2009; DUARTE et al., 2009; GUIMARÃES, 2009; ALVES et al., 2010, OLIVEIRA et al., 2011).

### 2.4.1 Fermentação alcoólica

Fermentação alcoólica é o processo anaeróbico que ocorre com a transformação de açúcares em álcool e gás carbônico, catalisado por enzimas realizado principalmente por leveduras, em âmbito citoplasmático, com o objetivo de produzir energia, a qual será empregada na realização de suas atividades fisiológicas, e ainda para seu crescimento e reprodução, sendo o etanol somente um subproduto desse processo (LIMA et al., 2001).

A equação de Gay-Lussac representa, de forma geral, a fermentação alcoólica, na qual se observa que 1 mol de glicose produz 2 mols de etanol e 2 mols de dióxido de carbono e 57 kcal de energia (LEHNINGER et al., 2000).



A transformação do açúcar em etanol e gás carbônico envolve doze reações em sequência ordenada, cada qual catalisada por uma enzima específica. Tais enzimas sofrem a ação de diversos fatores (nutrientes minerais, vitaminas, inibidores, substâncias do próprio metabolismo, pH e temperatura, entre outros), alguns que estimulam, outros que reprimem a ação enzimática, afetando, assim, o desempenho do processo (AMORIM et al., 1996). Assim, torna-se necessário o acompanhamento da fermentação, que pode ser feito por meio de medições de teor de sólidos solúveis, da temperatura, do tempo de fermentação, do cheiro característico, da acidez e do pH, ou ainda por meio de análises microscópicas do inoculo, para determinar o rendimento e a produtividade da fermentação e também verificar a produção de compostos secundários (YOKOYA, 1995).

Os processos fermentativos para produção de bebidas devem ser controlados de forma que os carboidratos sejam assimilados e convertidos a etanol e/ou compostos desejáveis ao processo, e ainda, minimizem a formação de aromas e sabores indesejáveis (WARD, 1991).

A fermentação é uma fase decisiva na elaboração da bebida fermentada.

Todas as qualidades potenciais da bebida existem já no fruto e podem exteriorizar-se durante a vinificação ou, então, desaparecer. A fermentação a partir da polpa ou suco de frutas pode ser conduzida de maneira natural (espontânea) ou por meio de inoculação de culturas selecionadas (ALVES, 2009).

Fermentação espontânea é aquela que ocorre de maneira natural, realizada pelas leveduras provenientes da superfície dos frutos, sem nenhum tipo de inoculação externa. As fermentações espontâneas não são produtos da ação de uma única espécie de levedura, e sim uma sucessão de espécies de leveduras diferentes ao longo do processo fermentativo (FLEET, 2003). As fases iniciais do processo de fermentação são dominadas pelo crescimento das leveduras não-*Saccharomyces*, caracterizado por um baixo poder fermentativo. O seu crescimento é significativo e pode influenciar a composição química da bebida fermentada. Porém, o crescimento dessas leveduras é limitado nos primeiros dias de fermentação, pois elas são sensíveis ao etanol (concentrações acima de 5% (v/v)) As linhagens de *S. cerevisiae* e espécies afins são mais tolerantes ao etanol, tornam-se as leveduras dominantes e concluem o processo de fermentação (KUNKEE, 1984).

Culturas puras de leveduras têm sido empregadas por produtores pela necessidade de assegurar a fermentação alcoólica, assim como a qualidade e reprodutibilidade das características dos vinhos. A seleção da levedura para a produção de vinho depende de suas propriedades enológicas. Vários são os critérios utilizados para a seleção como: tolerante ao etanol, bom rendimento na transformação dos açúcares em etanol, capacidade de crescer em altas concentrações de açúcares (considerados critérios favoráveis); produção de sulfeto de hidrogênio, produção de espuma e acidez volátil (considerados critérios desfavoráveis). A levedura *Saccharomyces cerevisiae* é o microorganismo mais empregado e estudado na fermentação alcoólica

(GONZÁLEZ-PEREZ et al., 1993; ESTEVE-ZARZOZO et al., 2000; OSTERGAARD et al., 2000).

#### **2.4.2 Etapas da produção de bebida fermentada de frutas**

As etapas gerais para a elaboração de bebida fermentada de frutas são praticamente iguais às etapas de produção de vinho, como pode ser visto a seguir.

##### **2.4.2.1 Mosto**

Mosto é todo líquido capaz de fermentar. O seu preparo tem por objetivo garantir uma qualidade ideal de açúcares fermentescíveis, uma menor contaminação inicial possível por microrganismos indesejáveis e proporcionar pH e nutrientes ótimos para o metabolismo da levedura (AQUARONE et al., 1983).

O preparo do mosto é operação de importância fundamental. Ele é responsável pelo sucesso da elaboração da bebida fermentada. Quando mal preparado leva consigo substâncias indesejáveis, bagacilhos, sujeitos a outras transformações e decomposições que afetam a qualidade da bebida. (MORETTO et al., 1988).

##### **2.4.2.2 Chaptalização**

A chaptalização consiste na prática da correção da deficiência de açúcar do mosto de fruta com sacarose, sendo difundida por Jean Antonie Chaptal (1756-1832). Além de favorecer o equilíbrio da bebida por meio da elevação do grau alcoólico, a chaptalização também contribui na extração dos compostos

fenólicos e aromáticos durante a maceração do fruto (CHAPTAL, 1981). A sacarose é o açúcar recomendado para efetuar a chaptalização (BRASIL, 2008). A sacarose transforma-se em etanol e produtos secundários da fermentação, o mesmo que ocorre com a glicose e frutose, também presentes no mosto (RISSON; MIELE, 2005).

#### **2.4.2.3 Sulfitação**

A sulfitação tem por base atuar sob vários aspectos do controle da obtenção de bebidas (ação antioxidante, antimicrobiano e clarificante). Essa sulfitação pode ocorrer pelo uso de várias formas químicas de dióxido de enxofre. As duas principais formas utilizadas nos processos de vinificação são a forma líquida, SO<sub>2</sub> líquido, que rende 100% de SO<sub>2</sub> (este também pode ser liberado na forma gasosa), e a forma cristalina (metabissulfito de potássio-K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), para a qual o rendimento em SO<sub>2</sub> é próximo de 50% (DIAS, 2001).

#### **2.4.2.4 Colagem**

É um processo que consiste na adição de substâncias, denominadas colas, ao vinho ou ao mosto em fermentação para que se consiga uma boa clarificação da bebida final. As colas podem ter diferentes origens e constituições e podem ser classificados em três grupos: I) Substâncias albuminóides (clara de ovo, albumina sanguínea, sangue fresco, caseína e leite); II) Substâncias gelatinosas (agar, osteocolas e ictiocolas) e III) Substâncias minerais (bentonite, terra espanhola e gesso) (PATO, 1982).

#### **2.4.2.5 Trasega**

Esta fase consiste na separação das partes sólidas presentes no fermentado por sifonação, após a sedimentação de partículas suspensas na bebida. Esta matéria sólida recebe o nome de borra e é constituída de células de leveduras e bactérias, sais insolúveis e outras matérias insolúveis presentes no mosto. É recomendado fazer três trasegas na bebida: a primeira 10 dias após o final da fermentação lenta; a segunda 30 dias após a primeira e a terceira após tratamento térmico (ROSIER, 1993). Segundo Pato (1982), as trasegas tem como finalidade dar a bebida melhores condições de conservação, tanto do ponto de vista sanitário como sensorial.

#### **2.4.2.6 Filtração**

A filtração é uma etapa fundamental na vinificação. É grandemente viabilizada pelos processos de clarificação e colagem, tendo como função tornar o produto final aprazível à visão (DIAS, 2001). Segundo Hashizume (1991), vários tipos de filtros podem ser utilizados, como os de terra diatomáceas e os de placa de celulose, sendo que o primeiro é requerido quando há uma turbidez elevada, com grandes partículas em suspensão, e o segundo é utilizado na bebida quase limpa. Os filtros de celulose podem promover uma filtração esterilizante, retendo bactérias e leveduras (DIAS, 2001).

### **2.5 Seleção de leveduras**

Na produção de vinhos há necessidade de assegurar a fermentação alcoólica, assim como a qualidade e a reprodutibilidade das suas características. Assim, tem sido muito utilizado culturas de leveduras isoladas de próprio vinho

como cultivos iniciadores. Estas culturas, na forma de leveduras secas ativas, são fornecidas aos produtores e inoculadas no mosto, a fim de conduzir a fermentação, e o vinho produzido terá, em sucessivas vindimas, as propriedades sensoriais típicas daquela região (GONZÁLEZ-PEREZ et al., 1993).

Culturas selecionadas de *Saccharomyces cerevisiae* têm recebido uma atenção especial por apresentarem qualidades, principalmente na prática enológica, que normalmente estão presentes nos outros processos de fermentação. Algumas características são: rápida iniciação da fermentação, eficiente conversão de açúcares fermentescíveis ao etanol, manutenção por toda a fermentação, apresentação de certa tolerância ao etanol, retenção da viabilidade durante a estocagem, resistência ao dióxido de enxofre, capacidade de floculação, entre outras (COLEGRANDE; SILVA; FUMI, 1994).

Alves et al. (2011), produzindo e caracterizando bebida fermentada de lichia, empregaram fermentação espontânea e fermentação por inoculação de três diferentes culturas de leveduras *Saccharomyces cerevisiae*, pertencentes à coleção de leveduras do Departamento de Biologia de UFLA (UFLA CA1116, UFLA CA1183 E UFLA CA1174), e obtiveram bebidas com características diferenciadas.

## **2.6 Imobilização celular**

Para obtenção de maior atividade catalítica e aproveitamento das leveduras pode-se empregar a técnica de imobilização celular. O termo imobilização refere-se, em Microbiologia Industrial e em Biotecnologia, ao aprisionamento de biocatalisadores, enzimas ou células, sendo estes fisicamente confinados ou localizados em uma região definida do espaço, com retenção de suas atividades catalíticas, e que podem ser utilizados repetida ou continuamente. As técnicas de imobilização podem ser divididas em quatro

categorias principais, baseadas nos mecanismos físicos empregados: fixação ou adsorção em suporte sólido (por interações fracas ou formação de ligações covalentes), envolvimento (aprisionamento) em matriz porosa, agregação através de floculação natural ou artificial e retenção de célula por barreiras (PRADELLA, 2001).

A técnica de envolvimento (Figura 3) é a mais difundida entre os procedimentos de imobilização de células vivas, principalmente pela sua facilidade de aplicação, baixa toxicidade e alta capacidade de retenção celular, entre outras vantagens operacionais. A técnica de envolvimento se baseia no confinamento de determinada população celular em uma matriz polimérica que forma um gel hidrofílico em determinadas condições especiais, de forma que os poros da matriz são menores que as células, permitindo seu confinamento. Contudo, permite a passagem do meio de cultura para dentro das partículas de gel e de produtos para fora delas, estabelecendo um fluxo de substrato e produto (PRADELLA, 2001).

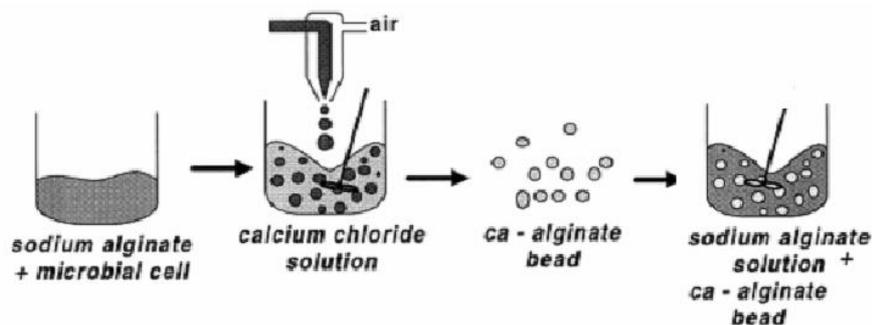


Figura 3 Esquema de obtenção das esferas de alginato contendo as células de leveduras pela técnica de envolvimento

Fonte: Pradella, 2001.

Os materiais mais empregados como matriz suporte são os polímeros

naturais como ágar, carragena, agarose, quitosana, alginato e pectina, todavia polímeros sintéticos como géis de poliácridamida e poliuretano também podem ser utilizados. A geleificação destes materiais naturais pode ocorrer pelo abaixamento da temperatura ou pelo contato com cátions bivalentes (como o  $\text{Ca}^{2+}$ ), que modifica a estrutura da matriz de modo a promover a geleificação. A desvantagem deste método de imobilização consiste no fato de existir uma limitação imposta pela difusão de substratos e produtos dentro das partículas. Desta forma, aspectos como tamanho da partícula, difusibilidade através da matriz e a concentração celular devem ser cuidadosamente escolhidos e otimizados para assegurar a eficiência do processo (PRADELLA, 2001).

O alginato é um polissacarídeo natural composto por monômeros de ácido D-manurômico e L-glucorômico, arranjados ao acaso em longas cadeias. Os alginatos são gomas extraídas de algas marrons, da classe *Phaeophyceae*, tais como *Macrosistis pyrifera*, *Ascophyllum nodosum* e *Laminaria hyperborea*. A composição precisa dos alginatos, varia dependendo da espécie do qual foi extraído e da região de origem desta, fato que resulta em diferenças nas propriedades reológicas e capacidade de extrusão das esferas, mesmo dentro de um mesmo local de fornecimento ou lote industrial (SERP et al., 2000).

A sequência de resíduos de ácido glucorômico, arranjados em blocos, é a provável característica que confere aos alginatos a propriedade de geleificação na presença de cátions divalentes, uma vez que a presença de grandes quantidades destas aumenta a afinidade por agentes promotores de ligações cruzadas (SERP et al., 2000). A geleificação é a etapa na qual os polieletrólitos carboxílicos, presentes em cada unidade de açúcar da cadeia, se ligam aos íons em solução para formar retículos na superfície de cada partícula de alginato. Consequentemente, uma rede tridimensional é formada, partindo da camada mais externa para o interior da gota (GROBOILLOT et al, 1994).

A imobilização de células constitui uma técnica útil e promissora para

aumentar a produção de metabólitos microbianos e tem sido intensivamente estudada como uma alternativa para a produção de etanol. O uso de sistemas com células imobilizadas tem sido considerado como uma alternativa viável para se aumentar a produtividade, em razão das elevadas densidades celulares normalmente obtidas (RAMAKRISHNA; PRAKASHAM, 1999).

Bekers et al. (2001) imobilizaram células de *Saccharomyces cerevisiae* em esferas de aço inox modificado, para a produção de etanol. Os autores relataram que a imobilização aumentava a estabilidade das células e a produção de etanol. As células imobilizadas foram utilizadas durante cinco ciclos de fermentação, sem perda de estabilidade.

Oliveira, et al. (2011) elaboraram bebida fermentada de cagaita utilizando células de *Saccharomyces cerevisiae* livre e imobilizada e puderam comprovar que os processos fermentativos com as leveduras imobilizadas apresentaram melhor desempenho, por apresentarem rápido consumo dos açúcares no mosto e finalizarem a fermentação em menor tempo em relação aos processos com leveduras livres.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, J. A. **Características químicas, físico-químicas e sensoriais de bebida fermentada de lichia (*Litchi chinensis* Sonn).** 2009, 169 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

ALVES, J. A.; LIMA, L. C. de O.; DIAS, D. R.; NUNES, C. A.; SCHWAN, R. F. Effects of spontaneous and inoculated fermentation on the volatile profile of lychee (*Litchi chinensis* Sonn) fermented beverages. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 45, p. 2358-2365, 2010.

AMARAL, A.K. **Seleção de cepas de *Saccharomyces cerevisiae* para a produção de bebida fermentada de jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*).** 2004, 128p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

AMORIM, H. V.; BASSO, L. C.; ALVES, D. M. G. **Processos de produção de álcool: controle e monitoramento.** 2 ed. Piracicaba: Degaspari, 1996. 103p.

ANTTONEN, M. J., KARJALAINEN, R.O. Environmental and genetic variation of phenolic compounds in red raspberry. **Journal of Food Composition and Analysis**, v 18, p. 759-769, 2005.

AQUARONE, E.; LIMA, U. de A.; BORZANI, W. **Alimentos e bebidas produzidas por fermentação.** V. 5. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1983. 244p.

ARAÚJO, K. G.L.; SABAA-SRUR, A. U. O.; RODRIGUES, F. S.; MANHÃES, L. R. T.; CANTO, M. W. do. Utilização de abacaxi (*Ananas comosus* L.) cv. Pérola e Smooth cayenne para a produção de vinhos - estudo da composição química e aceitabilidade. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 1, p. 56-61, jan.-mar. 2009.

ARRUDA, A. R.; CASIMIRO, A. R. S. de; GARRUTE, D. dos S.; ABREU, F. A. P. de. Processamento de bebida fermentada de banana. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 34, n. 2, p. 161-167, 2003.

AYALA, J. F. de La. **Amora - framboesa - groselha - kiwi - mirtilo e sua comercialização.** Porto Alegre: Cinco Continentes, 1999. 57 p.

BASSETO, E. **Conservação de goiabas 'Pedro Sato' tratadas com 1-Metilciclopropeno: concentrações e tempos de exposição.** 2002. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, 2002.

BEATTIE, J.; CROZIER, A.; DUTHIE, G.G. Potential health benefits of berries. **Current Nutrition & Food Science**, v. 1, p. 71-86, 2005.

BEEKWILDER, J.; HALL, R.D.; RIC DE VOS, C.H. Identification and dietary relevance of antioxidants from raspberry. **BioFactors**, v. 23, p.197-205, 2005.

BEKERS, M.; LAUDEVICS, J.; KARSAKEVICH, A.; VENTINA, E.; KAMINSKA, E.; UPITE, D.; VINA, I.; LINDER, R.; SCHERBAKA, R. Levantethanol biosynthesis using *Zymomonas mobilis* cells immobilized by attachment and entrapment. **Process Biochemistry**, London, v. 36, n.10, p. 979-986, Apr. 2001.

BLANKENSHIP, S. M.; DOLE, J. M. 1-Methylcyclopropene: a review. **Postharvest Biology and Technology**, v. 28 p. 1-25, 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria n. 64, de 23 de abril de 2008.** Projeto de Instrução Normativa e Anexo, que aprovam os regulamentos técnicos para a fixação dos padrões de identidade e qualidade para as bebidas alcoólicas fermentadas. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. 24 abr. 2008.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC-n. 21. de 26 de janeiro de 2001. Regulamento técnico para irradiação de alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF. 29 jan. 2001.

COLAGRANDE, O.; SILVA, A.; FUMI, M. D. Recent applications of biotechnology in wine production. **Biotechnology Progress**, Washington, v. 10, n. 1, p. 2-18, mar. 1994.

CHAPTAL, J. A. **L'art de faire le vin.** Marseille: J. Laffitte, 1981. 381p.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio.** 2 ed.rev.ampl. Lavras: UFLA, 2005. 785p.

CHUN, J.; LEE, J.; YE, L.; EXLER, J.; EITENMILLER, R. R. Tocopherol and tocotrienol contents of raw and processed fruits and vegetables in united states diet. **Journal of Food Composition and Analysis**, v 19, p. 196-204, 2006.

D'AMOUR, J.; GOSELIN, C.; ARUL, J.; CASTAIGNE, F.; WILLEMOT, C. Gamma-radiation affects cell wall composition of strawberries. **Journal of Food Science**, v. 58, n. 1, p. 182-185, 1993.

DeELL, J. **Postharvest handling and storage of berries**. 2005. Disponível em: <[http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/storage\\_berr.htm](http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/storage_berr.htm)>. Acesso em: 29 fevereiro 2012.

De La PLAZA, J. Cambios y Evolución de los Hábitos Alimenticios de La Población Española. **Cuadernos de estrategia**. CSEDN, p. 51-115, 1991.

DIAS, D. R.; SCHWAN, R. F.; FREIRE, E. S.; SERÓDIO, R. dos S. Elaboration of a fruit wine from cocoa (*Theobroma cacao L.*) pulp. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 42, p. 319-329, 2007.

DIAS, D. R.; SCHWAN, R. F.; LIMA, L.C.O. Metodologia para elaboração de fermentado de cajá (*Spondias mombim L.*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 3, p. 342-350, set-dez. 2003.

DIAS, D. R. **Elaboração de bebida fermentada a partir de frutas tropicais**. 2001, 130p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

DICIONÁRIO VISUAL DAS PLANTAS, Editorial Verbo, 1993.

DUARTE, W. F.; DIAS, D. R.; PEREIRA, G. V. de M.; GERVÁSIO, I. M.; SCHWAN, R. F. Indigenous and inoculated yeast fermentation of gabioba (*Campomanesia pubescens*) pulp for fruit wine production. **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**, v. 36, p. 557-569, 2009.

EMBRAPA. **Sistema de Produção de Framboeseira**. 2007. Disponível em <<http://sistema.htm#deproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Framboesa/SistemaProducaoFramboeseira/introduca>>. Acesso em: 17 nov.2011.

ESTEVE-ZARZOZO, B.; GOSTINCAR, A. ; BOBET, R.; URUBURU, F.; QUEROL, A. Selection and molecular characterization of wine yeasts isolated from the “El Penedez” area (Spain). **Food Microbiology**, London, v.17, p.553-562, 2000.

FAO. **Food and Agriculture Organization**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 29 agosto 2011.

FLEET, G. H. Yest interactions and wine flavor. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 86, p.11-22, 2003.

FRANÇOSO, I. L. T.; COUTO M. A. L.; CANNIATTI-BRAZACA. S. G.; ARTHUR, V. Alterações físico-químicas em morangos (*Fragaria anassa* Duch.) irradiados e armazenados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas. v. 28. n. 3. p. 614-619. jul./set. 2008.

GARCIA-VIGUERA, C.; ZAFRILLA, P.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A. Influence of processing and storage conditions in strawberry jam color. **Food Science and Technology International**. v. 5, p. 487-492, 1999.

GOLDSCHMIDT, E.E. Ripening of citrus and other non-climateric fruits: a role for ethylene. **Acta Horticulturae**, Leuven, n.463, p.325-334, 1997.

GONÇALVES, E. D. et al. **Implantação, cultivo e pós-colheita de framboesa no Sul de Minas Gerais**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2011. 5p. (Circular Técnica, 145).

GONZÁLEZ-PÉREZ, J. A.; GONZÁLEZ, R.; QUEROL, A.; SENDRA, J.; AMÓN, D. Construction of a recombinant wine yeast strain expressing b-(1-4)-endoglucanase and its use in microvinification processes. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v.59, p.2801-2806,1993.

GORINI, F. Comportamento dei frutti nel corso della commercializzazione. **ATTI – Dell’Ist. Valor. Tecn. Prod. Agrar.**V. XII, Milano, p. 185-209, 1989.

GROBOILLOT, A.; BOADI, D.K.; PONCELET, D.; NEUFELD, R.J. Immobilization of cells for application in food industry. **Critical Reviews in Biotechnology**, v.14, p.75-107, 1994.

GUIMARÃES, I.C.de O. **Efeito da irradiação gama (Co<sup>60</sup>) na qualidade e segurança do arroz**. 2009, 103p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

GUIMARÃES, I. C. **Elaboração e caracterização de bebida fermentada de goiaba**. 2009, 43 p. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

HAFFNER, K.; ROSENFELD, H. J; SKREDE, G.; WANG, L. Quality of red raspberry *Rubus idaeus* L. cultivars after storage in controlled and normal atmospheres. **Postharvest Biology and Technology**, v 24, p. 279-289 2002.

HALLMAN, G. J. Phytosanitary Applications of Irradiation. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 10, p. 143-151, 2011.

HASHIZIME, T. **Fabricação de vinhos de frutas**: Manual prático. 1 ed. Campinas: ITAL, 1991. 12p.

JIANG, Y.; JOYCE, D. C.; TERRY, L. A. 1-Methylcyclopropene treatment affects strawberry fruit decay. **Postharvest Biology and Technology**. v.23. p.227-232, 2001.

JOMORI, M. L. L.; KLUGE, R. A.; JACOMINO, A. P.; TAVARES, S. Conservação refrigerada de lima ácida 'tahiti': uso de 1-Metilciclopropeno, ácido giberélico e cera. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 406-409, dez. 2003.

KINKEE, R. E. Selection and modification of yeasts and lactic acid bacteria for qine fermentation. **Food Microbiology**, London, v. 1, p. 315-332, 1984.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Principles of biochemistry**. 3.ed. New York: Worth, 2000. 1152p.

LIMA, U. A.; BASSO, L. C.; AMORIN, H. V. Produção de etanol. In: **Biotecnologia**. São Paulo: E. Blucher, 2001. v.3, cap. 1, p.1-43.

LUO,Z.S.;XI,Y.F.;JIN, Y.F. Relationship between pre-heat treatment alleviating chilling injury and activities of cell wall hydrolases of persimmon fruit. **Acta Horticulturae Sinica**, v.28,n.6, p.554-556, 2001.

MANNING, K. Soft Fruit In: **Biochemistry of fruit ripening**. G.B. Seymour, J. E. Taylor e Tucker (Eds.), Chapman and Hcll, London, p. 347, 1993.

MATTILA, P.; HELLSTROM, J.; TÖRRÖNEN, R. Phenolic acids in berries, fruits and beverages. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v 54, n. 19, p. 7193- 7199, 2006.

MOLINARI, A. C. F. **Métodos combinados para preservar a qualidade pós-colheita de mamão 'Golden' tipo exportação**. 2007. 128p. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2007.

MORETTO, E.; ALVES, R. F.; CAMPOS, C. M. T. de; ARCHER, R. M. B.; PRUDÊNCIO, A. J. **Vinhos e vinagres**: Processamento e análises.

Florianópolis: UFSC, 1988. 168p.

MUNIZ, C. R.; BORGES, M. de F., ABREU, F. A. P. de; NASSU, R. T.; FREITAS, C. A. S. de. Bebidas fermentadas a partir de frutos tropicais. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos da Universidade Federal do Paraná**, Curitiba, v. 20, n. 2, p. 309-322, jul.-dez. 2002.

OCHOA, M.R.; KESSELER, A. G; VULLIOUD, M.B.; LOZANO, J.E. Physical and chemical characteristics of raspberry pulp: storage effect on composition and color. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, v. 32, n. 3, p 149-153, 1999.

OLIVEIRA, M. E. S. de; PANTOJA, L.; DUARTE, W. F.; COLLELA, C. F.; VALARELLI, L.T.; SCHWAN, R. F.; DIAS, D. R. Fruit wine produced from cagaita (*Eugenia dysenterica* DC) by both free and immobilised yeast cell fermentation. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2391-2400, ago. 2011.

OSTERGAARD, S.; OLSSON, L.; NIELSEN, J. Metabolic engineering of *Saccharomyces cerevisiae*. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, v.64, p.34-50,2000.

PAGOT, E. Diagnóstico da produção e comercialização de pequenas frutas. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS, 2., Vacaria. **Anais...** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 09-18. (Embrapa Uva e Vinho. Documentos, 44).

PAGOT, E. **Cultivo de pequenas frutas: amora-preta, framboesa e mirtilo**. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2006. 41p.

PAGOT, E. Situação e perspectivas da produção de pequenas frutas: cenário da produção de pequenas frutas. In: Encontro sobre Pequenas Frutas e Futas Nativas do Mercosul, 4, 2010, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. 216 p.

PATO, O. **O vinho**: Sua preparação e conservação. 7 ed. Lisboa: Livraria Clássica Editora, 1982. 433p. (Coleção Técnica Agrária).

PEREIRA JUNIOR, N. Bioprocessos industriais. In: PEREIRA JUNIOR, N.; BOM, E. P. S. **Tecnologia enzimática**. Rio de Janeiro: Senai, 1999. p. 24-46.

PINHEIRO, A. C. M.; BOAS, E. V. de B. V.; ALVES, A. de P., La SELVA, M. Amadurecimento de bananas 'maçã'ção submetidas ao 1-metilciclopropeno (1-MCP). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.29, n. 1, p. 001-004, 2007.

PINTO, D. M. **Tecnologias de pós-colheita em caqui 'Fuyu'**. 2010. 163 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

PIO, R. Notícias: Como cultivar framboesas. **Toda Fruta**. 2007. Disponível em: < <http://www.todafruta.com.br/portal/icNoticiaAberta.asp?idNoticia=16165>>. Acesso em: 10 mai. 2010.

PRADELLA, J.G.C. Reatores com células imobilizadas. In: SCHMIDELL, W.; LIMA, U.; AQUARONE, E.; BORZANI. **Biotecnologia Industrial: Engenharia Bioquímica**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, v.2, 2001.

PRADO, G., CARVALHO, E. P. de; MADEIRA, J. E. G. C, MORAIS, V. A. D.; OLIVEIRA, M. S. de; CORRÊA, R. F.; CARDOSO, V. N. Efeito da irradiação gama ( $^{60}\text{Co}$ ) na frequência fúngica de amendoim *in natura* em função do tempo de prateleira. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 5, p. 930-936, set.-out. 2006.

RAMAKRISHNA, S.V.; PRAKASHAM, R.S. Microbial fermentation with immobilized cells. **Current Science**, v.77, p. 87-100, 1999.

RASEIRA, M. do C.; GONÇALVES, E. D.; TREVISAN, R.; ANTUNES, L. E. C. **Aspectos técnicos da cultura da framboeseira**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. 22p. (Embrapa Clima Temperado Documento, 120).

RIZZON, L. A.; MIELE, A. Correção do mosto de uva Isabel com diferentes produtos na Serra Gaúcha. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 2, p. 450-454, mar./abr. 2005.

ROSIER, J. P. **Manual de elaboração de vinho para pequenas cantinas**. Videira: EPAGRI, 1993. 72p.

RUPASINGUE, H. P. V.; MURR, D. P.; PALIYATH, G; SKOG, L. Inhibitory effect of 1-MCP on ripening and superficial scald development in 'McIntosh' and 'Delicious' apples. **Journal of Horticultural**, v. 75, n. 3, p. 271-276, 2000.

SANTOS, S. C.; ALMEIDA, S. dos S.; TOLEDO, A. L.; SANTANA, J. C. C.; SOUZA, R. R. de. Elaboração e análise sensorial do fermentado de acerola (*Malpighia Punicifolia l.*). **Brazilian Journal of Food Technology**, mar. 2005.

SARGENT, S. A.; CROCKER, T. E.; ZOELLNER, J. J. Storage characteristics of 'Fuyu' persimmons. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, v.106, p.131-134, 1993.

SERP, D.; CANTANA, E.; HEIZEN, C.; STOCKAR, U.; MARISON, W. Characterization of an encapsulation device for production of monodisperse alginate beads for cell immobilization. **Biotechnology and Bioengineering**, v.70, n.1, p.41-53, 2000.

SILVA, M. da; SILVA, J. P.; SPOTO, M. H. F. Características físico-químicas de abacaxi submetido à tecnologia de radiação ionizante como método de conservação pós-colheita. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 1, p. 139-145, jan.-mar. 2008.

SOUZA, M. B.; CURADO, T.; VASCONCELLOS, F. N. e; TRIGO, M. J. **Framboesa –Qualidade Pós-colheita**. Folhas de Divulgação Agro 556, n. 6, 2007.

SPOLAORE, A. J. G.; GERMANO, P. M. L.; GERMANO, M. I. S. Irradiação de alimentos. In: GERMANO, P. M. L., GERMANO, M. I. S. **Higiene e vigilância sanitária de alimentos**. São Paulo: Varela, 2001. p. 421-442.

TERAO D.; OLIVEIRA, S. M. A. de; VIANA, F. M. P.; ALVES, R. E.; ROSSETTI, A. G., GONDIM, D. M. F. Efeito de 1-metilciclopropeno (1-MCP) Combinado à Refrigeração no Controle de Podridão Pós-colheita em Frutos de Melão. **Interamerican Society for Tropical Horticulture**. v. 47. p. 53-57. out. 2003.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Composition of foods agricultural handbook n° 89**, 1982.

USP/CENA/PCLQ. **Divulgação da tecnologia de irradiação de alimentos e outros materiais**. 2005. Disponível em <<http://www.cena.usp.br/irradiacao/irradiacaoalimentos.htm>>. Acesso em: 08 ago. 2010.

VENDRELL, M.; PALOMER, X. Hormonal control of fruit ripening in climacteric fruits. **Acta Horticulturae**, Leuven, v.463, p.325-334, 1997.

WANG, S. Y.; CHEN, C. T.; WANG, C. Y. The influence of light and maturity on fruit quality and flavonoid content of red raspberries. **Food Chemistry**. v. 112. p. 676–684. 2009.

WANG, S. Y.; LIN, H. Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry and strawberry varies with cultivar and developmental stage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n. 2, p. 140-146, 2000.

WARD, O. P. **Biotechnologia de La fermentación**: principios, procesos y productos. Zaragoza: Acriba, 1991. 155p.

WATKINS, C. B.; NOCK, J. F.; WHITAKER, B. D. Responses of early, mid and late season apple cultivars to postharvest application of 1-methylcyclopropene (1-MCP) under air and controlled atmosphere storage conditions. **Postharvest Biology nad Technology**, v. 19, p. 17-32, 2000.

WEN, H. W.; CHUNG, H. P.; CHOU, F. I.; LIN, I.; HSEIEH, P. C. Effect of gamma irradiation on microbial decontamination, and chemical and sensory characteristic of lycium fruit. **Radiation Physics and Chemistry**. v. 75 p. 596-603. 2006.

WILLS, R.; McGLASSON, B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. **Introducion to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals**. 4 ed. Zaragoza, Espanha, 1999.240p.

XIONG, Q.; XING, Z.; FENG, Z.; TAN, Q.; BIAN, Y. Effect of  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -irradiation on postharvest quality and selected enzyme activities of *Pleurotus nebrodensis*. **LWT - Food Science and Technology**. v.42. p. 157-161. 2009.

YOKOYA, F. **Fabricação de aguardente de cana**. Campinas: Fundação Tropical de Pesquisas e Tecnologia “André Tosello”, 1995. 283p.

ZHANG, L.; LI, J.; HOGAN, S.; CHUNG, H.; WELBAUM, G. E.; ZHOU, K. inhibitory effect of raspberries on starch digestive enzyme and their antioxidant properties and phenolic composition. **Food Chemistry**. v.119. p. 592-599. 2009.

## **CAPÍTULO 2**

**Qualidade pós-colheita de framboesas submetidas a diferentes doses de  
1-metilciclopropano (1-MCP)**

## RESUMO

As alterações físico-químicas de framboesas submetidas a diferentes doses de 1-MCP e armazenada sob refrigeração foram estudadas. Os frutos foram colhidos na cidade de Campestre-MG, acondicionados em embalagens de polietileno e transportados para a Universidade Federal de Lavras. Os frutos foram separados em quatro lotes e tratados com 0 (controle), 10, 50 e 100 nL.L<sup>-1</sup> de 1-MCP por 12 horas a 20°C. Após o tratamento, os frutos foram armazenados a 1°C e 95% de UR por 12 dias e as análises de perda de massa, sólidos solúveis totais, acidez titulável, pH, açúcares solúveis totais, pectina total e solúvel, % de solubilidade, firmeza, vitamina C, atividade antioxidante total e fenólicos totais foram realizadas nos períodos de 0, 3, 6, 9 e 12 dias de armazenamento. Sob as condições experimentais estudadas, pode-se concluir que a aplicação de 1-MCP foi eficiente na conservação pós-colheita da framboesa, visto que diminuiu perda de massa e conservou os frutos mais firmes, sendo a dose de 100 nL.L<sup>-1</sup> a mais eficiente na redução da perda de massa e a dose de 50 nL.L<sup>-1</sup> a mais eficiente na manutenção da textura em 12 dias de armazenamento. Ao final do armazenamento, as doses de 100 e 50 nL.L<sup>-1</sup> proporcionaram frutos com maior teor de vitamina C e atividade antioxidante total, respectivamente. Alguns parâmetros analisados, como sólido solúveis totais, açúcares solúveis totais, pH e acidez, foram afetados apenas pelo tempo de armazenamento, independente da dose aplicada.

Palavras-chaves: Conservação pós-colheita. 1-MCP. Análises físico-químicas.

### ABSTRACT

The physical-chemical alterations of raspberries under different doses of 1-MCP and stored under refrigeration were studied. The fruits were harvested in the city of Campestre - MG and transported to the Federal University of Lavras. The fruits were separated into four batches and treated with 0 (control), 10, 50 and 100 nL.L<sup>-1</sup> 1-MCP for 12 h at 20 ° C. After treatment the fruits were stored at 1 ° C and 95% RH for 12 days and the analysis of mass loss, total soluble solids, titratable acidity, pH, total soluble sugars, total and soluble pectin, % soluble, strongly, vitamin C, total antioxidant activity and phenolic compounds were carried out during periods of 0, 3, 6, 9 and 12 days of storage. Under the experimental conditions studied, it was concluded that the application of 1-MCP was effective in postharvest raspberry, as decreased weight loss and kept the fruit firmer, and the dose of 100 nL.L<sup>-1</sup> the most effective in reducing the mass loss and the dose of a 50 nL.L<sup>-1</sup> the most efficient in maintaining the texture in 12 days of storage. At the end of storage, the doses of 100 and a 50 nL.L<sup>-1</sup> provided fruit with higher content of vitamin C and total antioxidant activity, respectively. Some parameters, such as total soluble solid, total soluble sugars, pH and acidity were only affected by storage time, regardless of the applied dose.

Keywords: Postharvest conservation. 1-MCP. Physico-chemical analysis.

## 1 INTRODUÇÃO

A framboesa é um fruto não-climatérico muito delicado, que exige cuidado especial na colheita, transporte, armazenamento e comercialização, apresentando vida pós-colheita muito curta, de aproximadamente quatro dias a 0°C e 95% de umidade relativa. Após a colheita, ela perde rapidamente o frescor, apresentando perda de massa e textura, ou seja, em poucos dias de armazenamento torna-se imprópria e indesejável para o consumo. Isso dificulta a sua comercialização. Apesar de ser um fruto muito suculento e agradável de ser consumido ao natural, os produtores acabam optando por vender esses frutos congelados à indústria de processamento de alimentos.

O etileno é um composto orgânico volátil que se difunde dentro e fora das células, estimulando as modificações relativas ao amadurecimento como coloração, textura e sabor. Em condições normais, o etileno liga-se a moléculas receptoras, provavelmente proteínas de membrana. Essa ligação desencadeia uma cascata de reações associadas à qualidade e à vida pós-colheita dos frutos (WATKINS, 2002).

O 1-MCP (1-metilciclopropeno) é um composto gasoso que apresenta uma eficiente inibição da ação do etileno. O 1-MCP se liga ao sítio de recepção do etileno, atuando como antagonista. Esta substância apresenta grande potencial de aplicação comercial para o controle da maturação de frutas e hortaliças, e da senescência de flores (SISLER; SEREK, 1997).

É mais comum o emprego de 1-MCP em frutos climatéricos, pois estes são mais susceptíveis à ação do etileno e apresentam produção catalítica do mesmo. Mas em frutos não-climatéricos, como a framboesa, que apresentam produção basal de etileno, este gás também participa de muitas mudanças fisiológicas como amaciamento, mudança de cor, produção de compostos voláteis, responsáveis pelo aroma e sabor entre outras.

Deste modo, o presente estudo tem como objetivo avaliar e caracterizar físico-quimicamente framboesas submetidas a diferentes doses de 1-MCP e armazenadas a 1° C e 95% de umidade relativa (UR), buscando uma alternativa para prolongar a vida pós-colheita desse fruto.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Matéria vegetal**

As framboesas (*Rubus idaeus*) da cultivar ‘Autumn Bliss’ foram adquiridas em plantação da cidade de Campestre-MG. Os frutos selecionados para a pesquisa tinham aparência atrativa e aceitável e estavam fisiologicamente maduros, obedecendo à uniformidade de tamanho, cor e ausência de injúrias, relacionados ao manuseio e/ou doenças. A colheita foi realizada em dezembro de 2010, no período da manhã para minimizar perdas por transpiração; os frutos foram colhidos manualmente, armazenados em bandejas de polietileno (aproximadamente 100g de fruto por bandeja) e acondicionados em caixas de isopor de 20 L, contendo gelo para retirada do calor de campo e vital e transportadas sob refrigeração para o Laboratório de Pós-colheita de Frutos e Hortaliças do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras.

### **2.2 Tratamento da framboesa com 1-MCP**

Os frutos foram submetidos a diferentes doses de 1-metilciclopropeno (0 nL.L<sup>-1</sup> (controle), 10 nL.L<sup>-1</sup>, 50 nL.L<sup>-1</sup>, 100 nL.L<sup>-1</sup>) logo após a chegada ao laboratório de Pós-colheita de Frutos e Hortaliças (aproximadamente 12 horas após a colheita) e armazenados a 1°C e 95% de umidade relativa (UR), sendo analisados em diferentes tempos de armazenamento (0, 3, 6 e 9 e 12 dias).

Esse tratamento foi realizado utilizando o produto SmartFresh<sup>®</sup>, um pó que, ao ser misturado à água se torna um gás. Assim, foram utilizadas caixas de isopor de 20L para aplicação das diferentes doses; as soluções de 1-MCP foram preparadas em frascos de 10 mL, que foram colocados abertos dentro das caixas

de isopor que continham os frutos e rapidamente a caixa foi lacrada. Não foi necessário desembalar os frutos, pois as embalagens possuem aberturas que permitem a entrada e ação do 1-MCP. Os frutos foram tratados 12 horas a 20°C na sala de processamento mínimo do laboratório de pós-colheita de frutos e hortaliças do Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA.

### **2.3 Análises físico-químicas**

As análises foram realizadas no laboratório de Pós-colheita de frutos e hortaliças do Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA, exceto a análise de textura, que foi realizada no Laboratório de Engenharia de Alimentos do mesmo Departamento. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

#### **2.3.1 Perda de massa**

A perda de massa foi calculada como a porcentagem diferencial entre o peso inicial dos frutos no armazenamento e o peso final dos frutos após dias de armazenamento. Foi utilizada balança semi-analítica para pesagem dos frutos.

#### **2.3.2 Sólidos solúveis totais (SST)**

Foram determinados por refratometria, em refratômetro digital ATAGO PR-100 com compensação de temperatura automática a 25°C (AOAC, 2000), utilizando a leitura do °Brix como medida do teor de sólidos solúveis totais.

### **2.3.3 Acidez titulável (AT)**

A determinação da AT foi realizada por titulação com solução de NaOH a 0,1 N e indicador fenolftaleína, de acordo com AOAC (2000), e expressa em % de ácido cítrico.

### **2.3.4 Determinação do pH**

Foi determinado pelo método potenciométrico em potenciômetro digital, pHmetro TECNAL (Tec 3MP), segundo técnica da AOAC(2000).

### **2.3.5 Açúcares solúveis totais (AST)**

Foram extraídos com álcool etílico 95% (v/v) e determinados pelo método de antrona (DISCHE, 1962), sendo os resultados expressos em g de glucose.100g<sup>-1</sup> de fruto.

### **2.3.6 Pectina total, pectina solúvel e solubilidade**

Foram extraídas segundo a técnica descrita por McCready e McComb (1952) e determinadas colorimetricamente, segundo Bitter e Muir (1962). Os resultados foram expressos em mg de ácido galacturônico.100 g<sup>-1</sup> de fruto. O percentual de solubilidade foi obtido pela razão entre a pectina solúvel e pectina total (PS/PT).

### **2.3.7 Firmeza**

Foi determinada utilizando-se um texturômetro da marca TA-XT2i Texture Analyser e probe agulha SMSP/N, localizado no Laboratório de Engenharia de Alimentos do Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA. Para a análise, eram selecionados ao acaso 10 frutos por repetição e era medida a textura em dois pontos distintos de cada fruto. Os resultados foram expressos em força (N) gasta para a probe penetrar 3 mm do fruto.

### **2.3.8 Vitamina C**

Realizou-se a determinação e quantificação dos teores de ácido ascórbico por método colorimétrico, empregando-se 2,4 dinitrofenilhidrazina, segundo Strohecker e Henning (1967). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico.100 g<sup>-1</sup> de fruto.

### **2.3.9 Atividade antioxidante total**

Para obtenção do extrato utilizou-se de metodologia descrita por Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995), adaptada por Rufino, et al. (2007), sendo utilizado 2 g das amostras trituradas em 20 mL de álcool metílico 50% e deixada em repouso por 1 hora à temperatura ambiente. Após este período, a mistura foi centrifugada a 14.000 rpm por 15 minutos. O sobrenadante foi coletado e adicionado 20 mL de acetona 70% ao resíduo, que foi homogeneizado e deixado em repouso por 1 hora à temperatura ambiente. Em seguida, centrifugou-se a 14.000 rpm por 15 minutos. O sobrenadante foi coletado, adicionado ao primeiro sobrenadante e o volume foi completado para 50 mL com água destilada.

A metodologia empregada na determinação da atividade antioxidante foi baseada na extinção da absorção do radical 2,2-difenil-1-picril hidrazil (DPPH 60  $\mu\text{M}$ ), proposta por Rufino et al. (2007), com algumas adaptações em relação ao cálculo, calculando-se o percentual de sequestro do radical livre DPPH a partir do padrão.

Para a determinação da capacidade antioxidante, foi adicionado 0,1 mL de cada extrato das amostras a 3,9 mL de solução de DPPH. Para o controle, foi adicionado 0,1 mL de metanol juntamente ao DPPH, no lugar do extrato. As leituras foram realizadas após 30 minutos, em espectrofotômetro a 515 nm e os resultados foram expressos em percentual de sequestro de radical livre (%SRL), conforme equação a seguir:

$$\%SRL = (Ac - Am) \times 100 / Ac$$

em que,

Ac = absorbância do controle

Am = absorbância da amostra

### **2.3.10 Compostos fenólicos totais**

Para a determinação e quantificação dos compostos fenólicos totais foi utilizado o extrato, extraído para a análise de atividade antioxidante total. Os fenólicos totais foram obtidos conforme o método colorimétrico, desenvolvido por Waterhouse (2002), com a utilização do reagente de Folin-Ciocalteu, em solução com concentração de 10% (v/v).

Para calcular os teores de fenólicos totais, construiu-se uma curva padrão com solução de ácido gálico. Os resultados foram expressos como equivalentes de ácido gálico ( $\text{g EAG.g}^{-1}$  de fruto).

## **2.4 Análise estatística**

Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando os fatores isolados ou sua interação foram significativos à regressão polinomial e ao teste de Tukey, a 5% de significância, usando delineamento inteiramente casualizado (DIC) em fatorial 4x5 (4 doses de 1-MCP, 5 tempos de armazenamento), com 3 repetições, sendo a parcela experimental composta por uma bandeja (aproximadamente 100g) de framboesas frescas, utilizando software SISVAR (versão 5.3) (FERREIRA, 1999). Quando houve efeito significativo da interação, realizou-se o desdobramento das doses em cada tempo de armazenamento.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Perda de massa

Observou-se interação significativa entre os fatores tempo de armazenamento e doses de 1-MCP para o parâmetro perda de massa ( $p < 0,05$ ). Todos os frutos sofreram perda de massa durante os dias de armazenamento, sendo que os frutos não tratados com 1-MCP apresentaram maior perda (5% em relação à massa inicial) e os frutos tratados com  $100 \text{ nL.L}^{-1}$  apresentaram menor perda (menos de 2% em relação a massa inicial), mostrando-se ser a dose mais eficiente para minimizar perda de massa, como mostra a figura 1.

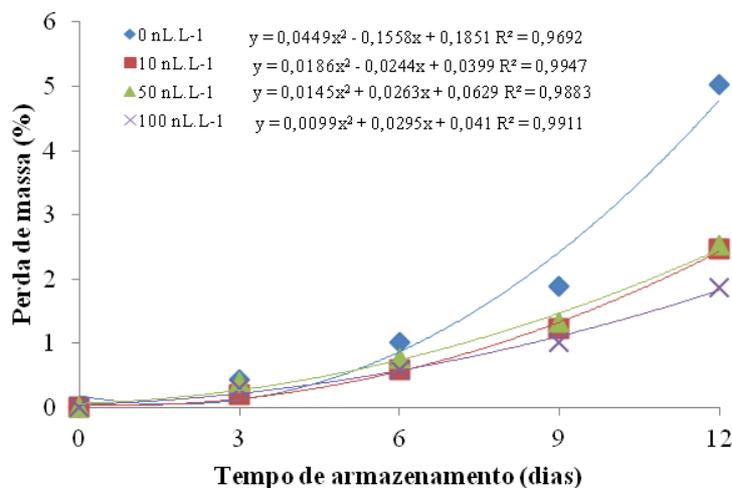


Figura 1 Perda de massa durante o armazenamento refrigerado de framboesas submetidas a diferentes doses de 1-MCP (0, 10, 50 e  $100 \text{ nL.L}^{-1}$ ). UFLA. Lavras, 2012

A perda de massa é um dos principais fatores na vida de armazenamento dos produtos hortícolas. Os frutos e as hortaliças sofrem alguma perda de massa

durante o armazenamento devido ao efeito combinado de respiração e transpiração, mesmo quando mantidos em condições ideais (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Mezzalira et al. (2010), estudando o efeito da atmosfera modificada no armazenamento de framboesas por 6 dias a 3°C, constataram que os frutos controle apresentaram perda muito superior que para os 3 tratamentos utilizados (PEBD, PVC e PP).

Diversos estudos com vários frutos como maçã; abacate; manga; sapoti; goiaba; caqui, entre outros (BRACKMANN et al., 2000; JEONG, et al., 2002; LIMA et al., 2006 e HOJO et al., 2009; MORAES et al., 2006; LINHARES et al., 2007; PINTO, 2010).corroboram os resultados encontrados, apresentando redução na perda de massa pela aplicação de 1-MCP . Em contrapartida, outros estudos como o de Jomori et al. (2003) constataram que o 1-MCP não foi efetivo para reduzir a perda de massa de lima ácida, pois observaram que frutos tratadas com 1-MCP apresentaram valores de perda de massa próximos aos obtidos nos frutos não tratados (controle).

### **3.2 Sólidos solúveis totais (SST) e Açúcares solúveis totais (AST)**

Somente o tempo de armazenamento afetou significativamente a quantidade de SST e de AST. Os teores de açúcares correspondem à maior parte dos SST em frutos, por isso, com a diminuição de SST, houve diminuição também dos AST. (Figura 2 e 3, respectivamente). Este resultado pode ser explicado pela ação metabólica do fruto, que consome açúcares para produção de energia na forma de ATP, além de outros compostos solúveis como ácidos, objetivando a manutenção da homeostase do fruto, pois, por ser um fruto não-climatérico, é colhido totalmente maduro, com o conteúdo máximo de sólidos

solúveis que são consumidos na respiração após a colheita, durante o armazenamento.

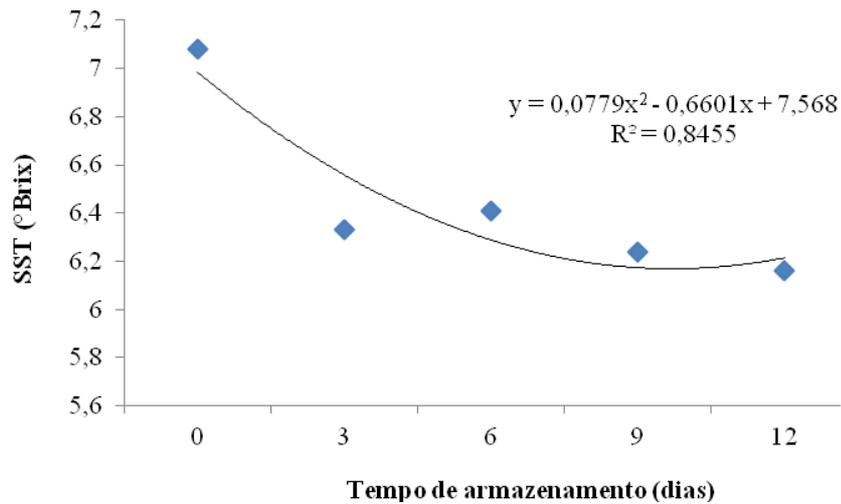


Figura 2 Valores de sólidos solúveis totais durante o armazenamento refrigerado de framboesas submetidas a diferentes doses de 1-MCP (0, 10, 50 e 100 nL.L<sup>-1</sup>). UFLA. Lavras, 2012

Lima et al. (2011) observaram comportamento semelhante para os SST em lichia (que também é um fruto com comportamento não-climatérico) tratadas com 1-MCP e armazenadas sob refrigeração. Já para frutos climatéricos, que podem ser colhidos maduros fisiologicamente, mas ainda não maduros, como banana 'Maçã', manga e caqui, estudados por Pinheiro et al., 2007, Hojo et al., 2009 e Pinto, 2010, respectivamente, observa-se elevação da quantidade de SST, devido ao processo de amadurecimento durante o armazenamento, que envolve a biossíntese de mono e dissacarídeos, ou a degradação de polissacarídeos (Coombe, 1976).

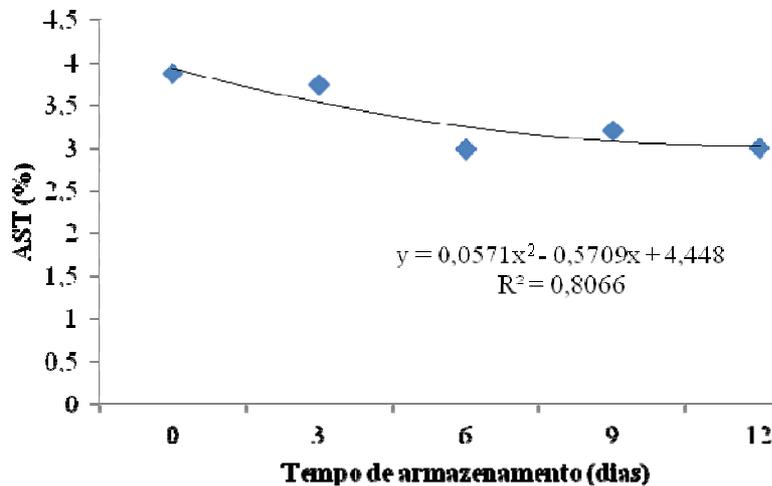


Figura 3 Valores de açúcares solúveis totais em framboesas submetidas a diferentes doses de 1-MCP (0, 10, 50 e 100 nL.L<sup>-1</sup>) e armazenadas sob refrigeração. UFLA. Lavras, 2012

Moraes et al. (2007), estudando o armazenamento de sapoti submetido a diferentes doses de 1-MCP observaram um decréscimo no teor de SST e acréscimo de AST ao longo do armazenamento, justificando que o fato deve ter ocorrido devido aos SST serem compostos por outras substâncias além de açúcares, como vitaminas, pectinas, ácidos, entre outros. Já Lima et al. (2004), observaram que os AST de melões tratados com diferentes doses de 1-MCP e armazenados sob refrigeração não foram afetados por nenhum dos parâmetros envolvidos (doses de 1-MCP e tempo de armazenamento).

### 3.3 Acidez titulável e pH

A acidez titulável e o pH foram afetados somente pelo tempo de armazenamento. Pela figura 3 é possível observar que a acidez dos frutos diminuiu a partir do terceiro dia de armazenamento, independentemente da dose

aplicada de 1-MCP. Para o pH não foi possível ajustar a regressão, pois o  $R^2$  apresentou valor muito baixo (42%). Mas pelo teste de Tukey a 5% de significância foi possível observar que houve um aumento no pH com o passar dos dias até o 9º dia de armazenamento, sendo coerente com a acidez titulável que diminuiu (Tabela 1).

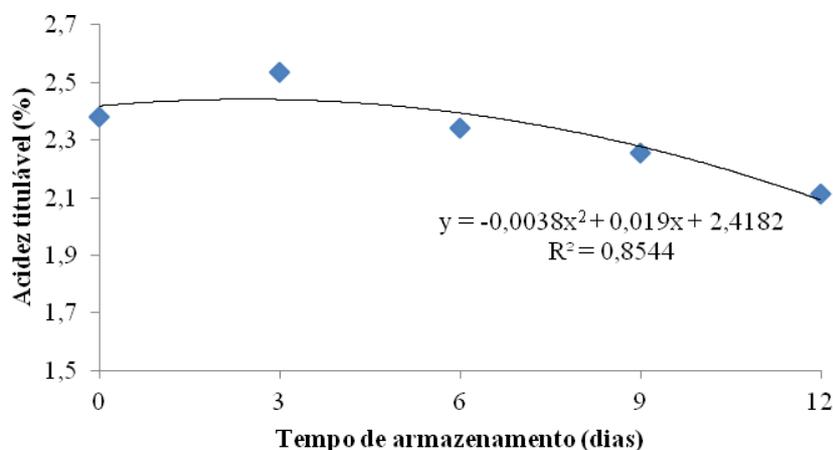


Figura 4 Valores de acidez titulável em framboesas submetidas a diferentes doses de 1-MCP (0, 10, 50 e 100 nL.L<sup>-1</sup>) e armazenadas sob refrigeração. UFLA. Lavras, 2012

Pinto (2010) também verificou influência apenas do fator tempo de armazenamento ( $p < 0,05$ ) para os parâmetros pH e acidez titulável (%ácido málico) em caquis tratados com diferentes doses de 1-MCP, porém observou declínio do pH e aumento da acidez titulável.

Blum e Ayub (2009) observaram aumento da acidez com posterior declínio no armazenamento refrigerado de kiwi tratado com 1-MCP. Antunes et al. (2003), estudando a conservação pós-colheita de amora-preta com refrigeração e atmosfera modificada utilizando filme de PVC, observaram aumento do pH e decréscimo da acidez titulável (%ácido cítrico), assim como

foi verificado para framboesas no presente trabalho. Comportamento semelhante foi observado por Scalon et al. (1996) em morangos armazenados sob refrigeração e atmosfera modificada.

Tabela 1 Valores de pH de framboesas tratadas com diferentes doses de irradiação e armazenadas sob refrigeração por 12 dias

<b>Tempo de armazenamento (dias)</b>	<b>pH</b>
0	3,442ab
3	3,387a
6	3,398ab
9	3,639c
12	3,526bc

Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

### **3.4 Avaliação da textura (firmeza e solubilidade)**

Observou-se interação entre tempo de armazenamento e doses de 1-MCP para as variáveis: firmeza e % de solubilidade das pectinas ( $p < 0,05$ ). Ao longo do armazenamento, houve redução da firmeza e aumento da % da solubilidade (Figuras 5 e 6, respectivamente).

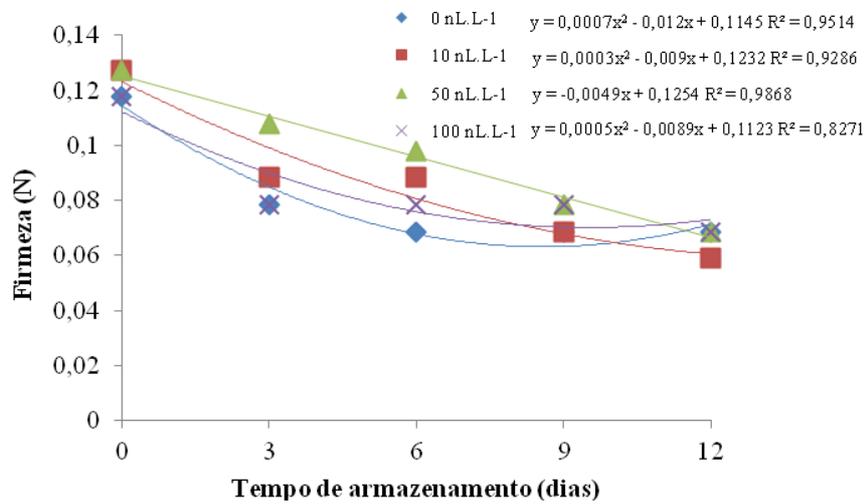


Figura 5 Alteração nos valores de firmeza durante o armazenamento refrigerado de framboesas submetidas a diferentes doses de 1-MCP (0, 10, 50 e 100 nL.L<sup>-1</sup>). UFLA. Lavras, 2012

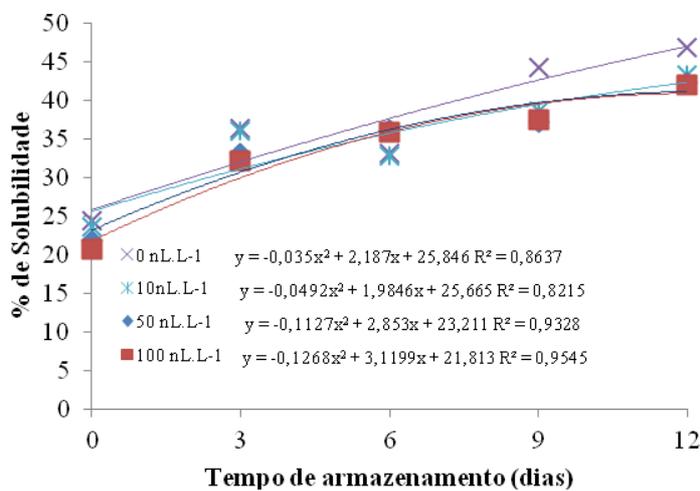


Figura 6 % de solubilidade pectínica durante o armazenamento refrigerado de framboesas submetidas a diferentes doses de 1-MCP (0, 10, 50 e 100 nL.L<sup>-1</sup>). UFLA. Lavras, 2012

Dois processos podem ser determinantes nas alterações da firmeza da polpa dos frutos: perda excessiva de água dos tecidos, que causa diminuição da pressão de turgor ou a modificação na estrutura e na composição da parede celular pela ação de numerosas enzimas (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Até o 9º dia de armazenamento, os frutos tratados com a dose de 50 nL.L<sup>-1</sup> mantiveram-se mais firmes e o controle apresentou perda mais acentuada da firmeza ao longo do armazenamento (Figura 5). Os frutos controle também apresentaram maior porcentagem de solubilidade no decorrer do armazenamento (Figura 6).

A retenção da firmeza é um dos efeitos mais relatados nos estudos com 1-MCP (FAN et al., 2000; ARGENTA et al., 2001; DONG et al., 2002; JEONG et al., 2002, MORAES et al., 2007, SOUZA et al., 2008). Isto destaca a viabilidade da tecnologia de emprego de 1-MCP, já que a manutenção da firmeza representa um dos fatores críticos que definem o período de conservação dos frutos (YOSHIOKA et al., 1994).

As substâncias pécticas constituem um grupo heterogêneo de polissacarídeos, contendo, principalmente, carboidratos ácidos, como ácido galacturônico e carboidratos neutros, como ramnose, galactose e arabinose (TAIZ; ZEIGER, 2009). A solubilização das pectinas inicia-se pela ação de uma protopectinase, que causa o desprendimento do cálcio da protopectina do fruto no transcorrer da maturação, após o mesmo ter atingido o tamanho máximo (KLUGE et al., 1997).

Linhares, et al. (2007), em um estudo sobre o armazenamento de goiabas observaram que os frutos tratados com 1-MCP apresentaram maior firmeza e menor solubilidade, em comparação com os frutos controle. Lima et al. (2004) também observaram que houve interação significativa do tempo de armazenamento e doses de 1-MCP na textura de melão, sendo que os frutos

tratados com 1-MCP se mantiveram mais firmes que o controle. Blum e Ayub (2009), estudando conservação de kiwi, observaram que frutos tratados com 1-MCP mantiveram a firmeza por maior tempo.

### **3.5 Vitamina C, Atividade antioxidante total e Fenólicos totais**

O teor de vitamina C, a atividade antioxidante total, analisada em % de sequestro de radical livre (% SRL), e o teor de fenólicos totais foram afetados significativamente pela interação tempo de armazenamento e doses de 1-MCP aplicada. Os frutos tratados com 1-MCP apresentaram um leve aumento no teor de vitamina C e, a partir do sexto dia de armazenamento, seguiu-se um leve decréscimo, sendo que os frutos tratados com 100 nL.L<sup>-1</sup> apresentaram o maior teor ao final do armazenamento. Nos frutos controle o teor de vitamina C manteve-se praticamente constante, sendo o valor próximo a 25 mg.100g<sup>-1</sup> (Figura 7). Houve aumento da % de SRL e a partir do 6º dia de armazenamento essa variável diminuiu. Os frutos tratados com a dose de 50 nL.L<sup>-1</sup> apresentaram a maior atividade antioxidante ao final do armazenamento (Figura 8). Para o teor de fenólicos não foi possível ajustar curvas de regressão, pois ocorreu oscilação dos resultados, então foi aplicado teste de Tukey. É possível observar que aos 9 dias de armazenamento os frutos tratados com 10 nL.L<sup>-1</sup> apresentou maior teor de fenólicos totais (Tabela 2).

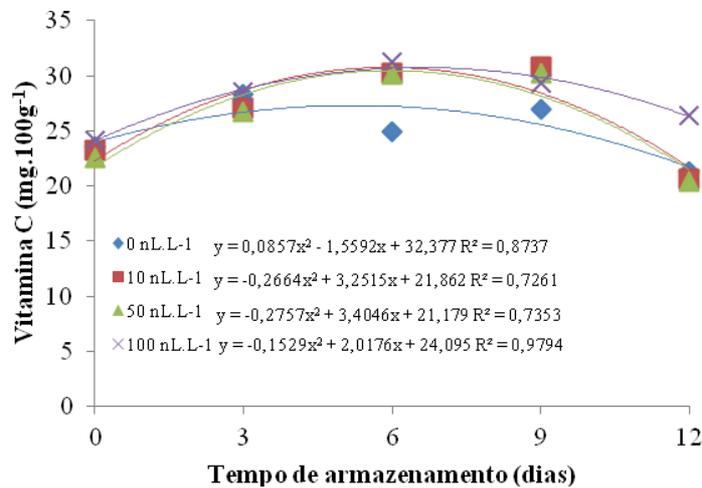


Figura 7 Valores de Vitamina C em framboesas submetidas a diferentes doses de 1-MCP (0, 10, 50 e 100 nL.L<sup>-1</sup>) e armazenada sob refrigeração. UFLA. Lavras, 2012

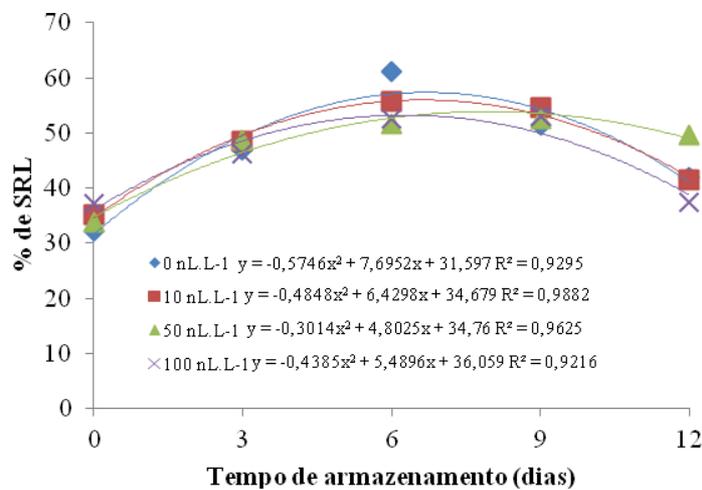


Figura 8 Atividade antioxidante total (%SRL) em framboesas submetidas a diferentes doses de 1-MCP (0, 10, 50 e 100 nL.L<sup>-1</sup>) e armazenadas sob refrigeração. UFLA. Lavras, 2012

Tabela 2 Valores médios de fenólicos totais (g EAG.g<sup>-1</sup> de fruto) de framboesas armazenadas sob refrigeração e tratadas com diferentes doses de 1-MCP

Tempo de armazenamento	Doses de 1-MCP			
	0 nL.L <sup>-1</sup>	10 nL.L <sup>-1</sup>	50 nL.L <sup>-1</sup>	100 nL.L <sup>-1</sup>
0	117,4ABa	138,07Ba	100,73Aa	112,12ABa
3	117,65Aa	123,93Aa	126,88Aa	116,22Ab
6	115,37Aa	121,86Aa	104,14Aa	117,11Aab
9	123,87Aa	152,81Bb	127,03Aa	148,60Ab
12	120,47Aa	124,44Aa	132,50Aa	137,80Aa

Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Comportamento semelhante ao das framboesas tratadas com 1-MCP do presente trabalho, em relação ao teor de vitamina C, foi observado em amoras-pretas (ANTUNES et al., 2003) e morangos (VIEITES et al., 2006) armazenados sob refrigeração e atmosfera modificada. Hojo et al. (2009), em um estudo sobre mangas tratadas com 1-MCP e armazenadas sob refrigeração constataram que das doses aplicadas, a de 100 nL.L<sup>-1</sup> foi a que proporcionou frutos com maiores teores de ácido ascórbico ao final do armazenamento.

O decréscimo de ácido ascórbico é devido à maior atuação da enzima ácido ascórbico oxidase ou pela ação de enzimas oxidantes, como fenolases, citocromo C oxidase e peroxidase (NOGUEIRA et al., 2000; TUCKER, 1993).

A atividade antioxidante total teve comportamento semelhante ao teor de vitamina C. Isto pode ser devido ao fato de produtos vegetais serem boas fontes de compostos antioxidantes e o ácido ascórbico se destaca entre eles.

Hoang et al. (2011), estudando a atividade antioxidante total e a composição de fenólicos em maçãs armazenadas sob refrigeração e tratadas com 1-MCP ou armazenadas com atmosfera controlada, observaram que ambos os tratamentos tiveram efeito benéfico tanto para a atividade antioxidante total

quanto para a composição de fenólicos, mantendo os níveis destes parâmetros mais elevados que nos frutos controle.

#### 4 CONCLUSÃO

Nas condições experimentais do presente trabalho é possível afirmar que:

- A aplicação de 1-MCP aumenta a conservação pós-colheita da framboesa;
- O uso de 1-MCP como método de conservação de framboesas afeta a qualidade físico-química, pois diminui perda de massa, conserva os frutos firmes por mais tempo e mantém maiores teores de vitamina C e atividade antioxidante total;
- As doses mais eficientes que proporcionam frutos bons para o consumo por até 9 dias são as de 50 e 100 nL.L<sup>-1</sup>;
- Sólidos solúveis totais, açúcares solúveis totais, acidez titulável e pH são afetados apenas pelo tempo de armazenamento, independente da dose aplicada.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ANTUNES, L. E. C.; DUARTE FILHO, J.; SOUZA, C. M. de. Conservação pós-colheita de frutos de amoreira-preta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 3, p. 413-419, 2003.
- ARGENTA, L.C; MATTHEIS, J.; FAN, X. Retardamento da maturação de maçãs 'Fuji' pelo tratamento com 1-MCP e manejo da temperatura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.23, n.2, p.270-273. 2001.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 17.ed. Washington, DC, 2000. 1410p.
- BITTER, T.; MUIR, H. M. A modified uronic acid carbazole reaction. **Analytical Chemistry**, New York, v. 34, p. 330-334, 1962.
- BLUM, J.; AYUB, R. A. Controle do amadurecimento do kiwi cv. Monty com 1-metilciclopropeno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 1, p. 39-43, mar. 2009.
- BRACKMANN, A.; STEFFENS, C. A.; NEUWALD, D. A.; MELLO, A. M. de. Armazenamento de maçãs 'Royal Gala' sob diferentes concentrações de etileno. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 6, n. 1, p. 39-41, 2000.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2 ed.rev.ampl. Lavras: UFLA, 2005. 785p.
- COOMBE, B. G. The development of fleshy fruits. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 27, p. 507-528, 1976.
- DISCHE, Z. General color reactions. In: WHISTLER, R.L.; WOLFRAM, M.L. **Carbohydrate chemistry**. New York: Academic, 1962, p. 477-512.
- DONG, L.; LURIE, S.; ZHOU, H.W. Effect of 1- methylcyclopropene on ripening of 'Canino' apricots and 'Royal Zee' plums. **Postharvest Biology and Technology**, v.24, n.2, p.135-145, 2002.
- FAN, X.; ARGENTA, L.; MATTHEIS, J.P. Inhibition of ethylene action by 1-methylcyclopropene prolongs storage life of apricots. **Postharvest Biology and Technology**, v. 20, n. 2, p. 135-142, 2000.

FERREIRA, D. F. **Sistemas para Análise de Variância para Dados (SISVAR)**. Lavras: UFLA, 1999.

HOANG, N. T. T.; GOLDING, J. B.; WILKES, M. A. The effect of postharvest 1-MCP treatment and storage atmosphere on 'Cripps Pink' apple phenolics and antioxidant activity. **Food Chemistry**, v.127, n. 3, p. 1249-1256, ago. 2011.

HOJO, E. D.; ABREU, C. M. P. de; ASMAR, S. A.; HOJO, R. H.; CORRÊA, A. D.; VILAS BOAS, E. V. de B. avaliação da qualidade de manga 'Palmer' tratada com 1-metilciclopropeno e armazenada sob refrigeração e condição ambiente. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 1, p. 28-38, mar. 2009.

JEONG, J.; HUBER, D.J.; SARGENT, S.A. Influence of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on ripening and cell-wall matrix polysaccharides of avocado (*Persea americana*) fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v.25, n.3, p.241-256. 2002.

JOMORI, M. L. L.; KLUNGE, R. A.; JACOMINO, A. P.; TAVARES, S. Conservação refrigerada de lima ácida 'Tahiti': uso de 1-metilciclopropeno, ácido giberélico e cera. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 406-409, dez. 2003.

KLUGE, R. A.; NACHTIGAL, J. C. FACHINELLO, J. C.; BILHALVA, A. B. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. Pelotas: Editora UFPEL, 1997. 163p.

LIMA, F. V. de; AGUILA, J. S. del; ORTEGA, E. M. M.; KLUGE, R. A. Pós-colheita de lichia 'Bengal' tratada com etileno e 1-metilciclopropeno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 7, p. 1143-1149, jul. 2011.

LIMA, M. A. C. de; ALVES, R. E.; BISCEGLI, C. I.; FILGUEIRAS, H. A. C.; COCOZZA, F. Del M. Conservação pós-colheita de melões Galia 'Solar King' tratados com 1-metilciclopropeno. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 121-126, jan./mar. 2004.

LIMA, M. A. C. de; SILVA, A. L. da; AZEVEDO, S. S. N.; SANTOS, P. de S. Tratamentos pós-colheita com 1-metilciclopropeno em manga 'Tommy Atkins': efeito de doses e número de aplicações. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 64-68, abr. 2006.

LINHARES, L. A.; SANTOS, C. D. dos; ABREU, C. M. P de; CORRÊA, A. D. Transformações químicas, físicas e enzimáticas de goiabas 'Pedro Sato' tratadas

na pós-colheita com cloreto de cálcio e 1-metilciclopropeno e armazenadas sob refrigeração. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 3, p. 829-841, maio/jun. 2007.

McCREADY, P. M.; McCOMB, E. A. Extration and determination of total pectic material. **Analytical Chemistry**, Washington, x. 24, n. 12, p. 1586-1588, 1952.

MEZZALIRA, E. J.; PIVA, A. L.; BETIATTO, G.; POZZEBOM, A.; ZANELA J.; NAVA, G. A. Atmosfera modificada na conservação pós-colheita de framboesa 'Heritage'. **Seminário: Sistemas de produção Agropecuária**. Ciências Agrárias, Animais e Florestais. Curitiba, 2010.

MORAIS, P. L. D. de; LIMA, L. C. de O.; ALVES, R. E.; ALVES, J. D.; ALVES, A. de P. Amadurecimento de sapoti (*Manilkara zapota* L.) submetido ao 1-metilciclopropeno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 369-373, 2006.

MORAIS, P. L. D. de; LIMA, L. C. de O.; ALVES, R. E.; DONIZETE, J.; ALVES, A. de P. Conservação pós-colheita de sapoti submetido a diferentes doses de 1-metilciclopropeno. **Revista Ceres**, v. 54, n. 316, p. 517-525, 2007.

NOGUEIRA, R. J. M. C. MORAES, J. A. P. V. de; BURITY, H. A.; SILVA JUNIOR, J. F. da. Efeito do estágio de maturação dos frutos nas características físico-químicas de acerola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 4, p. 463-470, abr. 2002.

PINTO, D. M. **Tecnologias de pós-colheita em caqui 'Fuyu'**. 2010. 163p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

RUFINO, M.S.M.; ALVES, R.E.; MORAIS, S.M.; SAMPAIO, C.G.; PEREZ-JIMENEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.D. Metodologia científica: Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. **Comunicado Técnico Embrapa**. SSN 1679 6535, jul 2007, Fortaleza, CE.

SCALON, S. de P. Q.; CHITARRA, A. B.; CHITARRA, M. I. F.; ABREU, M. S. de. Conservação de morangos (*Fragaria ananassa* Duch) cv. Sequóia em atmosfera modificada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 18, n. 3, p. 431-436, 1996.

SISLER, E.C.; SEREK, M. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptors level: recent developments. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.100, n.5, p. 577-582, 1997.

SOUZA, P. A. de; FINGER, F. L.; ALVES, R. E.; PUIATTI, M.; CECON, P. R.; MENEZES, J. B. Conservação pós-colheita de melão Charentais tratado com 1-MCP e armazenado sob refrigeração e atmosfera modificada. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 4, p. 464-470, out./dez. 2008.

STROHECKER, R.; HENNING, H. M. **Analisis de vitaminas: métodos comprobados**, Madrid: Paz Montalvo. 1967. 428p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848p.

TUCKER, G. A. Introduction. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. (Ed). **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman and Hall, 1993. p. 1-51.

VIEITES, R. T.; EVANGELISTA, R. M.; SILVA, C. de S.; MARTINS, M. L. Conservação do morango armazenado em atmosfera modificada. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 2, p. 243-252, abr./jun. 2006.

WATERHOUSE, A. L. **Determination of total phenolics**. In: Current protocols in food analytical chemistry, Supplement 6, Unit 11.1.1 – 11.1.8. Wiley, New York, 2002.

WATKINS, C. B. Ethylene sintesis, mode of action consequences and control. In: KNEE, M. (Ed). **Fruit quality and its biological basis**. Columbus: CRC, 2002. p. 389-409.

YOSHIOKA, H.; KASHIMURA, Y.; KANEKO, K. Solubilization and distribution of neutral sugar residues derived from polyuronides during the softening in apple fruit. **Journal of the Japanese Society of Horticultural Science**, v.63, n.1, p.173-182, 1994.

## **CAPÍTULO 3**

**Qualidade pós-colheita de framboesas submetidas a diferentes doses de  
irradiação**

## RESUMO

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a qualidade físico-química e microbiológica de framboesas, submetidas a diferentes doses de irradiação. Os frutos foram colhidos na cidade de Campestre-MG, acondicionados em embalagens de polietileno e transportados para a Universidade Federal de Lavras, onde foram separados em quatro lotes. A irradiação foi realizada no CDTN-BH. As doses empregadas foram 0 (controle), 0,5; 1,0 e 2,0 kGy. Após o processo, os frutos foram novamente transportados para a UFLA e armazenados a 1°C e 95% UR por 12 dias. As análises físico-químicas perda de massa, sólidos solúveis totais, acidez titulável, pH, açúcares solúveis totais, pectina total e solúvel, solubilidade, firmeza, vitamina C, atividade antioxidante total e fenólicos totais e as análises microbiológicas (coliformes a 35 e 45°C, psicrotróficos e fungos filamentosos e leveduras) foram realizadas nos períodos de 0, 3, 6, 9 e 12 dias de armazenamento. Houve menor perda de massa e contagem de fungos filamentosos e leveduras nos frutos irradiados, sendo que a dose de 2 kGy foi a mais eficiente no controle microbiológico, porém também foi a dose em que os frutos apresentaram maior perda da firmeza.

Palavras-chave: Radiação gama. Qualidade microbiológica. Análise físico-química.

### ABSTRACT

This study was carried out to evaluate the physico-chemical and microbiological raspberries exposed to different doses of irradiation. The fruits were harvested in the city of Campestre, MG, packed in polyethylene bags and transported to the Federal University of Lavras, where they were separated into four lots. Irradiation was performed at CDTN-BH. The doses used were 0 (control), 0.5, 1.0 and 2.0 kGy. After the process, the fruits were transported back to UFLA and stored at 1 ° C and 95% RH for 12 days. The physical-chemical mass loss, total soluble solids, titratable acidity, pH, total soluble sugars, total and soluble pectin, firmness, vitamin C, total antioxidant activity and total phenolic and microbiological (coliform to 35 and 45 ° C, psychrotrophic and filamentous fungi and yeasts) were performed during periods of 0, 3, 6, 9 and 12 days of storage. There was less loss of mass and count of filamentous fungi and yeasts in irradiated fruits, and the dose of 2 kGy was the most effective in microbial control, but was also the dose at which the fruits showed greater loss of firmness.

Keywords: Gamma radiation. Microbiological quality. Physico-chemical analysis.

## 1 INTRODUÇÃO

Os atributos de qualidade usualmente exigidos pelo consumidor para a maioria dos frutos e hortaliças em geral são: aparência, sabor, odor, valor nutritivo, ausência de defeitos. No caso da framboesa, esta condição não é difícil de ser alcançada, já que esse fruto apresenta atração peculiar, por suas cores (vermelha, negra e amarela), odor agradável, textura macia e sabor levemente acidificado.

A grande aceitabilidade da framboesa está relacionada não só às características sensoriais já citadas, mas também à sua composição química; sendo rica em substâncias antioxidante como vitamina C, carotenóides e compostos fenólicos, sendo considerada um fruto muito saudável. Também é fonte de carboidratos, minerais e outras vitaminas e possui baixo conteúdo de caloria e gordura, sendo rica em fibras solúveis (BEATTIE et al., 2005; PANTELIDIS, et al., 2007; PLESSI, et al., 2007; TALCOTT, 2007). Porém é um fruto com extrema sensibilidade ao manuseio e ao ataque fúngico, exigindo muito cuidado no manejo, colheita, armazenamento e transporte, não sendo aconselhável aplicar técnicas de limpeza pós-colheita, como lavagem ou sanitização.

O método de irradiação tem a capacidade de destruir microorganismos patogênicos e deteriorantes presentes nos alimentos. É empregada, ainda, para eliminar insetos e retardar o processo germinativo em produtos vegetais. Desta forma, há um aumento na segurança dos alimentos destinados ao consumo humano e uma redução nas perdas causadas por deterioração (RESURRECCION et al., 1995). A irradiação é um processo físico que vem sendo estudado há vários anos, tendo o seu emprego regulamentado pelo Food and Drug Administration (FDA) desde 1963, para farinha de trigo e trigo destinados à alimentação humana, e suas aplicações têm sido guiadas sob as

regras das Boas Práticas de Fabricação (BPF's) (LAGUNAS-SOLAR, 1995). Posteriormente, nas décadas de 80 e 90, novas regulamentações surgiram com intuito de estender a utilização desta tecnologia para outros alimentos (ORNELLAS et al., 2006).

A irradiação de frutas é utilizada por países que concorrem com o Brasil no mercado internacional, como Tailândia e Índia e pode ganhar impulso por causa das restrições que estão sendo impostas a tratamentos quarentenários mais comuns, como a fumigação por brometo de metila ou por óxido de etileno, e a submersão da fruta em água quente que, embora eficiente, requer que a colheita seja realizada antes do período de maturação ideal, prejudicando o sabor e as características sensoriais do produto. Já a irradiação pouco altera as características químicas e sensoriais dos alimentos, quando respeitada a dose máxima estabelecida para cada produto. O processo de irradiação, quando bem conduzido, não implica em danos ambientais ou à saúde humana, sendo apoiado por instituições como a Organização Mundial de Saúde (OMS), Food and Agricultural Organization (FAO), Food and Drugs Administration (FDA) e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) - sempre embasados em trabalhos científicos que atestam a tecnologia como eficiente e segura (PEROZZI, 2007).

Uma das vantagens do emprego da irradiação é que essa técnica exige o mínimo de manuseio no alimento, possibilitando descontaminação sem prejuízos mecânicos e não possui tempo de carência para o consumo do produto.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade físico-química e microbiológica de framboesas tratadas com diferentes doses de irradiação gama  $Co^{60}$  e armazenadas a 1°C e 95% de umidade relativa (UR), buscando, assim, uma alternativa para conservação pós-colheita e consequente prolongamento da vida útil deste fruto.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Material vegetal**

As framboesas (*Rubus idaeus*) da cultivar ‘Autumn Bliss’ foram adquiridas em plantação da cidade de Campestre-MG. Os frutos selecionados para a pesquisa tinham aparência atrativa e aceitável e estavam fisiologicamente maduros, obedecendo à uniformidade de tamanho, cor e ausência de injúrias, relacionados ao manuseio e/ou doenças. A colheita foi realizada em dezembro de 2010, no período da manhã para minimizar perdas por transpiração. Os frutos foram colhidos manualmente, armazenados em bandejas de polietileno (aproximadamente 100g de fruto por bandeja) e acondicionados em caixas de isopor de 20 L, contendo gelo para retirada do calor de campo e vital e transportadas sob refrigeração para o Laboratório de Pós-colheita de Frutos e Hortaliças do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras.

### **2.2 Irradiação das framboesas**

A irradiação foi realizada no dia seguinte à colheita (aproximadamente 24 horas após). As amostras de framboesa foram enviadas de forma refrigerada em caixas de isopor para o Laboratório de Irradiação Gama (LIG) do Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear da UFMG, onde foram irradiadas em irradiador Gammacell panorâmico GB-127, IR-214 (MDS Nordion, Canadá) com fonte de Cobalto-60 armazenada a seco. Elas foram dispostas em mesa giratória localizada ao redor da fonte de  $\text{Co}^{60}$ . Não foi necessário retirar as framboesas das embalagens ou das caixas de isopor, pois a irradiação transpõe essas barreiras. As doses empregadas foram: 0 kGy (controle), 0,5 kGy, 1,0 kGy

e 2,0 kGy. Após o tratamento, os frutos foram transportados novamente para o laboratório de Pós-colheita de Frutos e Hortaliças do Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA, armazenados a 1°C e 95% de UR e analisados em diferentes tempos de armazenamento (0, 3, 6, 9 e 12 dias).

### **2.3 Análises físico-químicas**

As análises foram realizadas no laboratório de Pós-colheita de frutos e hortaliças do Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA, exceto a análise de textura, que foi realizada no Laboratório de Engenharia de Alimentos do mesmo Departamento. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

#### **2.3.1 Perda de massa**

A perda de massa foi calculada como a porcentagem diferencial entre o peso inicial dos frutos no armazenamento e o peso final dos frutos após dias de armazenamento. Foi utilizada balança semi-analítica para pesagem dos frutos.

#### **2.3.2 Sólidos solúveis totais (SST)**

Foram determinados por refratometria, em refratômetro digital ATAGO PR-100 com compensação de temperatura automática a 25°C (AOAC, 2000), utilizando a leitura do °Brix como medida do teor de sólidos solúveis totais.

#### **2.3.3 Acidez titulável (AT)**

A determinação da AT foi realizada por titulação, com solução de NaOH a 0,1 N e indicador fenolftaleína, de acordo com AOAC (2000), e expressa em % de ácido cítrico.

#### **2.3.4 Determinação do pH**

Foi determinado pelo método potenciométrico em potenciômetro digital, pHmetro TECNAL (Tec 3MP), segundo técnica da AOAC(2000).

#### **2.3.5 Açúcares solúveis totais (AST)**

Foram extraídos com álcool etílico 95% (v/v) e determinados pelo método de antrona (DISCHE, 1962), sendo os resultados expressos em g de glucose.100g<sup>-1</sup> de fruto.

#### **2.3.6 Pectina total, pectina solúvel e solubilidade**

Foram extraídas segundo a técnica descrita por McCready e McComb (1952) e determinadas colorimetricamente segundo Bitter e Muir (1962). Os resultados foram expressos em mg de ácido galacturônico.100 g<sup>-1</sup> de fruto. O percentual de solubilidade foi obtido pela razão entre a pectina solúvel e pectina total (PS/PT).

#### **2.3.7 Firmeza**

Foi determinada utilizando-se um texturômetro da marca TA-XT2i Texture Analyser e probe agulha SMSP/N localizado no Laboratório de Engenharia de Alimentos do Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA. Para a análise, eram selecionados ao acaso 10 frutos por repetição e era medida a textura em dois pontos distintos de cada fruto. Os resultados foram expressos em força (N) gasta para a probe penetrar 3 mm do fruto.

### **2.3.8 Vitamina C**

Realizou-se a determinação e quantificação dos teores de ácido ascórbico por método colorimétrico, empregando-se 2,4 dinitrofenilhidrazina, segundo Strohecker e Henning (1967). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico.100 g<sup>-1</sup> de fruto.

### **2.3.9 Atividade antioxidante total**

Para obtenção do extrato utilizou-se de metodologia descrita por Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995), adaptada por Rufino, et al. (2007). Sendo utilizado 2 g das amostras trituradas em 20 mL de álcool metílico 50% e deixada em repouso por 1 hora à temperatura ambiente. Após este período, a mistura foi centrifugada a 14.000 rpm por 15 minutos. O sobrenadante foi coletado e adicionado 20 mL de acetona 70% ao resíduo, que foi homogeneizado e deixado em repouso por 1 hora à temperatura ambiente. Em seguida, centrifugou-se a 14.000 rpm por 15 minutos. O sobrenadante foi coletado, adicionado ao primeiro sobrenadante e o volume foi completado para 50 mL com água destilada.

A metodologia empregada na determinação da atividade antioxidante foi baseada na extinção da absorção do radical 2,2-difenil-1-picril hidrazil (DPPH 60 µM), proposta por Rufino et al. (2007), com algumas adaptações em relação ao cálculo, calculando-se o percentual de sequestro do radical livre DPPH a partir do padrão.

Para a determinação da capacidade antioxidante, foi adicionado 0,1 mL de cada extrato das amostras a 3,9 mL de solução de DPPH. Para o controle, foi adicionado 0,1 mL de metanol juntamente ao DPPH, no lugar do extrato. As leituras foram realizadas após 30 minutos, em espectrofotômetro a 515 nm e os

resultados foram expressos em percentual de seqüestro de radical livre (%SRL), conforme equação a seguir:

$$\%SRL = (Ac - Am) \times 100 / Ac$$

em que,

Ac = absorbância do controle

Am = absorbância da amostra

### **2.3.10 Compostos fenólicos totais**

Para a determinação e quantificação dos compostos fenólicos totais foi utilizado o extrato, extraído para a análise de atividade antioxidante total. Os fenólicos totais foram obtidos conforme o método colorimétrico desenvolvido por Waterhouse (2002), com a utilização do reagente de Folin-Ciocalteu, em solução com concentração de 10% (v/v).

Para calcular os teores de fenólicos totais, construiu-se uma curva padrão com solução de ácido gálico. Os resultados foram expressos como equivalentes de ácido gálico (g EAG.g<sup>-1</sup> de fruto).

## **2.4 Análises microbiológicas**

As análises foram realizadas no laboratório de Microbiologia do Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA. Todas as análises foram feitas em triplicata utilizando três diluições (10<sup>-1</sup>, 10<sup>-2</sup>, 10<sup>-3</sup>). A unidade analítica para análise das framboesas foi de 25g retiradas assepticamente da amostra e transferidas para um agitador estéril com 225ml de água peptonada 0,1%, utilizada para fazer as diluições decimais seriadas subsequentes. Essas diluições foram preparadas em tubos contendo 9 mL de água peptonada 0,1%, utilizando-

se a técnica de transferência de 1 mL da amostra, como recomendado pela metodologia proposta por Silva et al. (2007).

#### **2.4.1 Coliformes a 35°C e 45°C (termotolerantes)**

Foi utilizado o método de determinação em tubos contendo Caldo Lauril Sulfato Triptose (LST), segundo Silva et al. (2007), a 35°C para contagem de coliformes totais e a 45°C para contagem de coliformes termotolerantes.

#### **2.4.2 Contagem de fungos filamentosos e levedura**

Para contagem de fungos filamentosos e leveduras foi utilizado método de contagem por plaqueamento em superfície com meio de cultura Ágar Dicloran Rosa de Bengala Cloranfenicol (DRBC) (SILVA et al., 2007).

#### **2.4.3 Contagem de psicrotróficos**

Para contagem de psicrotróficos aeróbios foi utilizada inoculação por plaqueamento em superfície, o meio de cultura empregado foi o Ágar Padrão para Contagem (PCA) segundo Silva et al. (2007).

### **2.5 Análise estatística**

Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando os fatores isolados ou sua interação foram significativos à regressão polinomial e ao teste de Tukey, a 5% de significância usando delineamento inteiramente casualizado (DIC) em fatorial 4x5 (4 doses de irradiação, 5 tempos de armazenamento), com 3 repetições, sendo a parcela experimental composta por uma bandeja

(aproximadamente 100g) de framboesas frescas, utilizando software SISVAR (versão 5.3) (FERREIRA, 1999). Quando houve efeito significativo da interação, realizou-se o desdobramento das doses em cada tempo de armazenamento.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Perda de massa

Houve interação significativa entre as doses de irradiação e o tempo de armazenamento. Os frutos não irradiados apresentaram maior perda de massa ( $p < 0,05$ ), chegando a 5% ao final do armazenamento, enquanto que os frutos irradiados com 0,5 e 1 kGy chegaram a aproximadamente 2,3% e os frutos tratados com 2 kGy a 2% de perda de massa. (Figura 1). Sendo assim, a dose mais eficiente para minimizar a perda de massa foi a de 2 kGy.

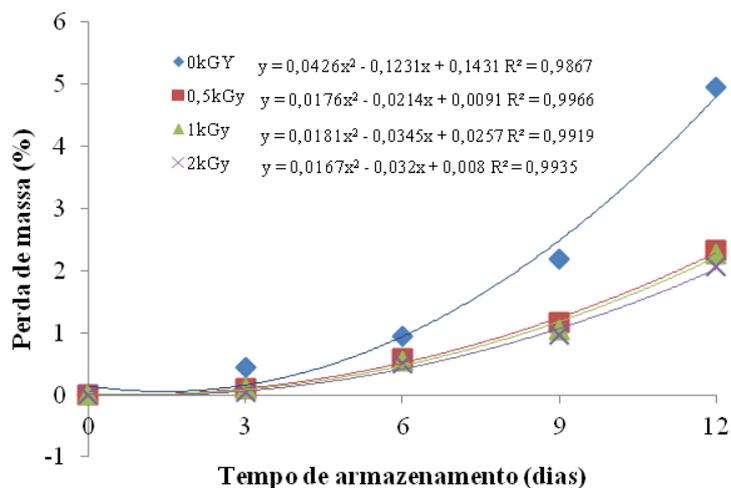


Figura 1 Perda de massa durante o armazenamento refrigerado de framboesas submetidas a diferentes doses de irradiação (0; 0,5; 1,0 e 2,0 kGy). UFLA. Lavras, 2012

Os frutos e hortaliças, mesmo quando mantidos em condições ideais, sofrem perda de massa durante o armazenamento, devido ao efeito combinado da respiração e transpiração (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Maxie et al.

(1971) afirmam que a irradiação pode aumentar a permeabilidade da membrana, transpiração e a atividade metabólica, além de romper ligações intercelulares. Mas outros autores afirmam que pode-se estender o período de vida útil ou causar injúrias, dependendo da dose de irradiação empregada (ARTES-HERNANDEZ et al., 2010; LÓPEZ-RUBIRA et al., 2005).

Oliveira et al. (2006), estudando a aplicação de irradiação gama na conservação pós-colheita de goiaba observaram que o frutos irradiados com 600 kGy apresentaram perda de massa menor que os frutos não irradiados (controle) e irradiados com 300 e 900 kGy, sendo que a maior perda ocorreu nos frutos controle.

### **3.2 Sólidos solúveis totais (SST) e açúcares solúveis totais (AST)**

Não houve efeito significativo das doses de irradiação, do tempo de armazenamento e nem da interação destes fatores no teor de SST (Tabela 1). Já os açúcares solúveis totais foram influenciados significativamente pela interação doses de irradiação e tempo de armazenamento. Observa-se um discreto aumento no teor de açúcares durante o armazenamento, sendo que ao final os frutos tratados com 1 e 2 kGy apresentaram maior quantidade dessa variável (Figura 2).

Tabela1 Valores médios de sólidos solúveis totais de framboesas tratadas com diferentes doses de irradiação e armazenadas sob refrigeração

Tempo de armazenamento (dias)	Dose de irradiação			
	0 kGy	0,5 kGy	1 kGy	2 kGy
0	6,33Aa	6,66Aa	7,00Aa	6,33Aa
3	6,33Aa	6,66Aa	6,33Aa	6,66Aa
6	7,00Aa	6,33Aa	6,33Aa	6,33Aa
9	6,33Aa	6,33Aa	6,33Aa	6,30Aa
12	6,33Aa	6,33Aa	6,33Aa	6,66Aa

Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

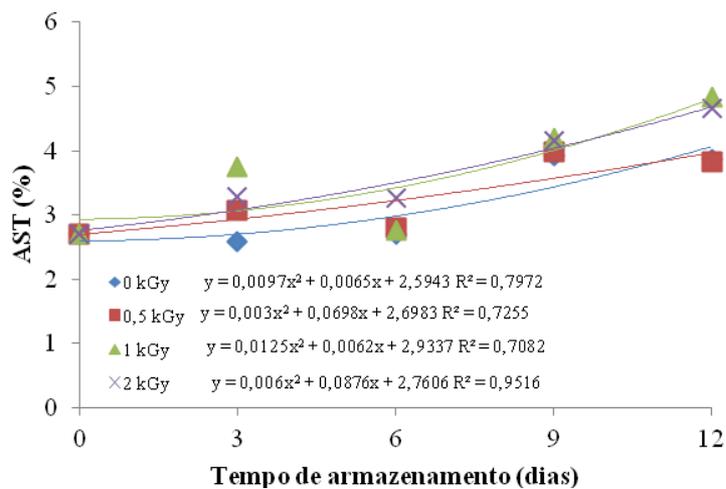


Figura 2 Valores de açúcares solúveis totais durante o armazenamento refrigerado de framboesas submetidas a diferentes doses de irradiação (0; 0,5; 1,0 e 2,0 kGy). UFLA. Lavras, 2012

Os SST são representados principalmente por açúcares, mas outros compostos, como vitaminas, ácidos, pectinas e aminoácidos, em menor quantidade, também compõem esse parâmetro. Isto pode explicar o aumento de AST enquanto o teor de SST se manteve constante. Segundo Kovacs et al. (1995), baixas doses de irradiação provocam a quebra de amido, o que pode justificar o aumento de açúcares mais acentuado nos frutos irradiados com 1 e 2 kGy.

Lima et al. (2001) observaram que as diferentes doses de irradiação gama Césio empregadas não influenciaram o teor de SST de cenouras. Já Harder et al. (2009) observaram que diferentes doses de irradiação gama  $\text{Co}^{60}$  influenciam significativamente os SST de kiwi, sendo que a dose de 2 kGy proporcionou frutos com maiores teores dessa variável. Françoso et al. (2008) observaram que apenas o tempo de armazenamento influenciaram o teor de SST de morangos irradiados com irradiação gama  $\text{Co}^{60}$  com diferentes doses, sendo que ocorreu queda de SST no decorrer do tempo. Hussain et al. (2011), estudando irradiação gama  $\text{Co}^{60}$  em damascos secos, observaram que os frutos tratados apresentaram maiores teores de AST que os frutos controle, sendo que as doses de 2,5 e 3 kGy foram as que proporcionaram os maiores valores de AST.

### **3.3 pH e acidez titulável (AT)**

Os ácidos orgânicos dos frutos, em balanço com os teores de açúcares, representam um importante atributo de qualidade. Muitos desses ácidos são voláteis, contribuindo de forma significativa para o aroma característico de cada fruto (KLUNGE et al., 2002).

O pH e a acidez titulável foram afetados significativamente apenas pelo tempo de armazenamento. Foi possível observar coerência entre os resultados

destes dois parâmetros, já que houve aumento nos valores do pH (Figura 3) e a acidez reduziu no decorrer do tempo de armazenamento (Figura 4).

Françoso et al. (2008) relataram que o pH e a acidez de morangos tratados com diferentes doses de irradiação gama  $\text{Co}^{60}$  e armazenados por 29 dias foram afetados de maneira significativa somente pelo tempo de armazenamento e observaram aumento do pH e queda da acidez no decorrer dos dias de armazenamento. Já Sabato et al. (2009), observaram que doses de irradiação gama influenciaram de forma significativa o pH e a acidez titulável de manga, sendo que a maior dose testada proporcionou frutos com pH mais baixo e acidez mais elevada. Comportamento semelhante foi observado em kiwi irradiado com radiação gama  $\text{Co}^{60}$ , sendo que com o aumento da dose de irradiação diminuiu o pH e aumentou a acidez durante o armazenamento (HARDER et al., 2009).

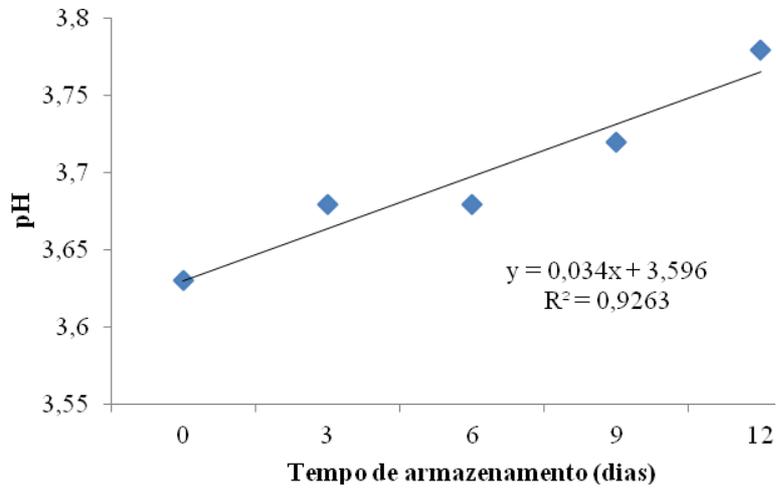


Figura 3 Valores do pH de framboesas armazenadas sob refrigeração e submetidas a diferentes doses de irradiação (0; 0,5; 1,0 e 2,0 kGy). UFLA. Lavras, 2012

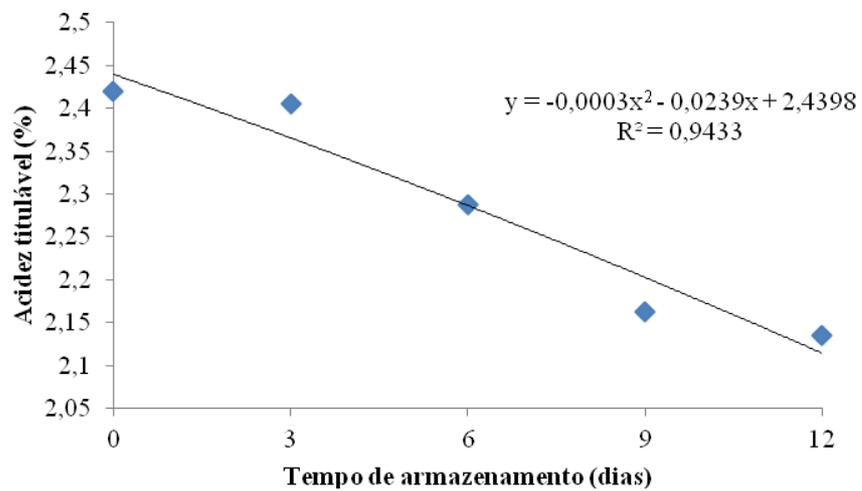


Figura 4 Valores da acidez titulável durante o armazenamento refrigerado de framboesas submetidas a diferentes doses de irradiação (0; 0,5; 1,0 e 2,0 kGy). UFLA. Lavras, 2012

### 3.4 Avaliação da textura (firmeza, pectina solúvel e solubilidade)

A firmeza foi afetada de forma significativa pela interação doses de irradiação e tempo de armazenamento. Observou-se redução da firmeza com o armazenamento em todos os tratamentos, sendo que os frutos irradiados apresentaram maior perda da firmeza e ao final do armazenamento os frutos tratados com 2 kGy foram os que sofreram maior perda da firmeza (Figura 5).

O teor de pectina solúvel e a % de solubilidade foram afetadas apenas pelo tempo de armazenamento. Pelas figuras 6 e 7 observa-se que houve aumento dessas duas variáveis com o decorrer dos dias de armazenamento.

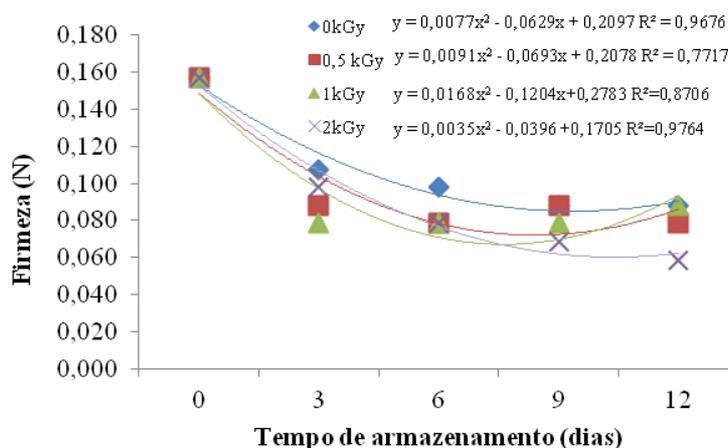


Figura 5 Alteração nos valores de firmeza durante o armazenamento refrigerado de framboesas submetidas a diferentes doses de irradiação (0; 0,5; 1,0 e 2,0 kGy). UFLA. Lavras, 2012

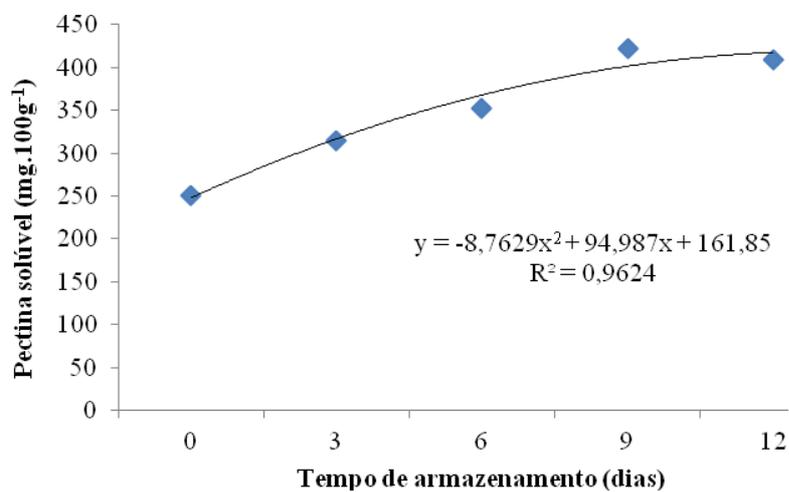


Figura 6 Valores de pectina solúvel durante o armazenamento refrigerado de framboesas submetidas a diferentes doses de irradiação (0; 0,5; 1,0 e 2,0 kGy). UFLA. Lavras, 2012

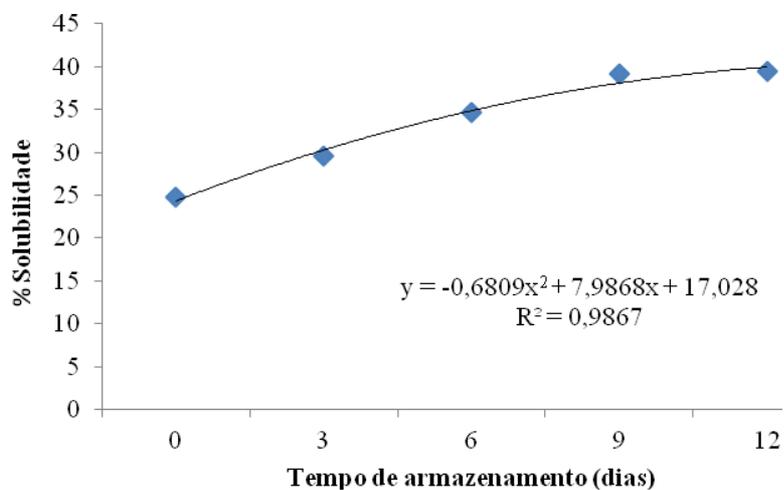


Figura 7 % de solubilidade pectínica durante o armazenamento refrigerado de framboesas submetidas a diferentes doses de irradiação (0; 0,5; 1,0 e 2,0 kGy). UFLA. Lavras, 2012

Em frutos, o amaciamento dos tecidos está relacionado com mudanças na estrutura da parede celular. Usualmente, ocorrem modificações no grau de contato entre as células, devido à degradação, à solubilização das pectinas e à modificação na estrutura das paredes celulares, decorrentes da ação de diversas enzimas. Dessa forma, há decomposição das macromoléculas como protopectinas, celulose, hemicelulose e amido, amaciando as paredes celulares pela diminuição da força coesiva que mantém as células unidas, levando assim a queda da firmeza do fruto (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Françoso et al. (2008), observaram aumento do teor de pectina solúvel e na % de solubilidade com o decorrer dos dias de armazenamento de morangos irradiados, independentemente da dose de irradiação.

Abacaxi e pseudofruto do caju apresentaram-se firmes por mais tempo durante o armazenamento, quando irradiados com radiação gama  $\text{Co}^{60}$  que os frutos não irradiados (SILVA et al., 2008 ; SOUZA et al., 2009). Já Oliveira et al. (2006) observaram que goiabas irradiadas com 600 Gy se mantiveram mais firmes que as goiabas controle e as irradiadas com 300 e 900 Gy.

### **3.5 Vitamina C, Atividade antioxidante total e Fenólicos totais**

A atividade antioxidante total é representada pela ação de diversos compostos como compostos fenólicos e vitamina C, que evitam a oxidação celular e formação de radicais livres, promovendo impacto na saúde humana.

Foi observado efeito significativo da interação doses de irradiação e tempo de armazenamento no teor de vitamina C, atividade antioxidante total e teor de fenólicos totais. Os frutos controle e tratados com 0,5 kGy apresentaram maiores teores de vitamina C até o 9º dia, mas ao final do armazenamento, os frutos tratados com 1 e 2 kGy apresentaram maiores valores para esta variável (Figura 8). Observou-se maior atividade antioxidante até o 6º dia de

armazenamento nos frutos controle, tratados com 0,5 e 1 kGy. Já nos frutos irradiados com 2 kGy, a atividade antioxidante foi maior somente no último dia de armazenamento. As maiores porcentagens de SRL ao final do armazenamento foram encontradas nos frutos tratados com 1 e 2 kGy (Figura 9), assim como no teor de vitamina C. Em relação aos fenólicos totais, os frutos irradiados com 1 e 2 kGy também apresentaram maior teor no último dia de armazenamento (Figura 10). Isto, provavelmente, é devido à concentração dessas variáveis decorrente da perda de água que ocorre naturalmente durante o armazenamento de frutos.

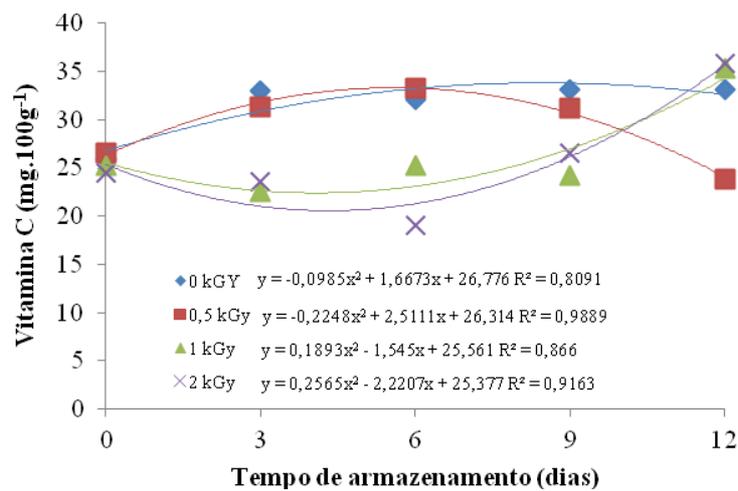


Figura 8 Valores de vitamina C durante o armazenamento refrigerado de framboesas submetidas a diferentes doses de irradiação (0; 0,5; 1,0 e 2,0 kGy). UFLA. Lavras, 2012

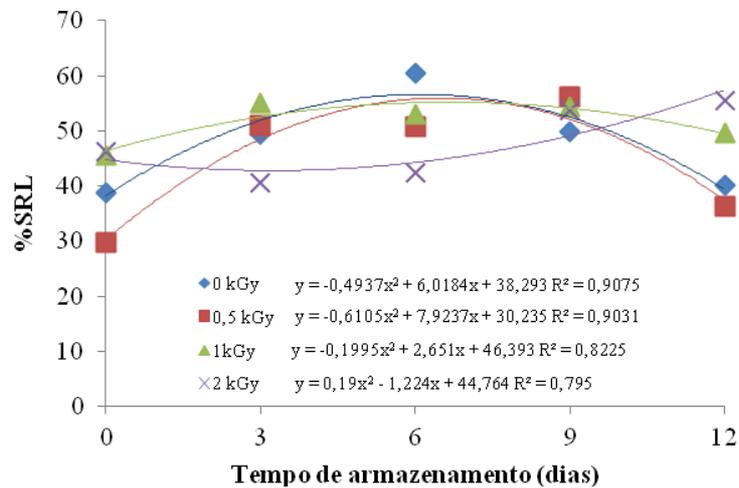


Figura 9 Atividade antioxidante total (%SRL) durante o armazenamento refrigerado de framboesas submetidas a diferentes doses de irradiação (0; 0,5; 1,0 e 2,0 kGy). UFLA. Lavras, 2012

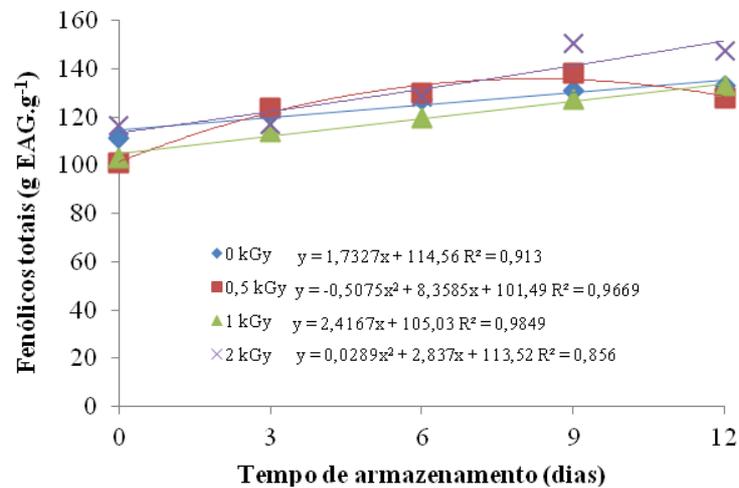


Figura 10 Teor de fenólicos totais durante o armazenamento refrigerado de framboesas submetidas a diferentes doses de irradiação (0; 0,5; 1,0 e 2,0 kGy). UFLA. Lavras, 2012

Danos mecânicos, apodrecimento e senescência promovem a desorganização da parede celular, resultando em oxidação do ácido ascórbico, provavelmente, devido à presença das enzimas polifenol oxidase e ácido ascórbico oxidase (MOKADY, et al., 1984).

Eichholz, et al. (2011), estudando aplicação de radiação UV-C em mirtilo, puderam observar que o teor de fenólicos totais foram maiores nos frutos irradiados do que nos frutos controle.

Damascos secos tratados com irradiação gama apresentaram maior capacidade de retenção de altos níveis de ácido ascórbico e atividade antioxidante (medida pelo método de  $\beta$ -caroteno) que os frutos controle, sendo as doses de 2,5 e 3,0 kGy as mais eficazes nesse sentido (HUSSAIN et al, 2011). Já em kiwi, onde foram testadas as doses de 0, 0,5, 1 e 2 kGy, observou-se que os frutos tratados com 1 e 2 kGy apresentaram teor de ácido ascórbico 50% menor que os frutos controle (0 kGy) e tratados com 0,5 kGy ( HARDER, et al., 2009).

### **3.6 Análises microbiológicas**

Frutas e hortaliças frescas são geralmente incriminadas como veículos de enfermidades alimentares de origem fecal pela presença de *Escherichia coli* e *Salmonella* sp., oriundas da água de irrigação e/ou presença de dejetos no solo ou nos fertilizantes, ou ainda decorrente da manuseio inadequado, deficiência nos processos de limpeza e sanificação durante o processamento (GANGLIARDI; KARNS, 2000).

Não foi detectada a presença de coliformes a 35°C e a 45°C, bem como piscotróficos em nenhuma das amostras analisadas, inclusive as não irradiadas, durante o período de armazenamento das framboesas. Esses dados apontam para

condições higiênica-sanitárias adequadas durante o manejo, colheita, armazenamento e transporte dos frutos.

A resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) do Ministério da Saúde, estabelece, para frutas frescas, *in natura*, preparadas, sanificadas, refrigeradas ou congeladas, para consumo direto, um limite máximo de  $5 \times 10^2$  NMP.g<sup>-1</sup> (2,7 ciclos log) para coliformes a 45°C e a ausência de *Salmonella* em 25 g do produto (BRASIL, 2001). Logo, os resultados obtidos situaram-se dentro dos padrões preconizados pela legislação para coliformes, em todo o período de armazenamento.

Para a contagem de fungos filamentosos e leveduras foi observado efeito significativo da interação, tempo de armazenamento e dose de irradiação. Observou-se que os frutos tratados com irradiação apresentaram menores contagens, sendo a dose de 2 kGy a mais eficiente no controle fúngico durante o armazenamento de framboesas (Figura 11).

Segundo Bagic e Watada (1996), populações na ordem de  $10^3$  a  $10^4$  UFC.g<sup>-1</sup> (3 a 4 ciclos log) de fungos filamentosos e leveduras durante o período de armazenamento são consideradas baixas. Considerando esta afirmação, a dose de 2 kGy manteve os frutos com baixa contagem desses microrganismos durante os 12 dias de armazenamento, visto que ao final a contagem média dos frutos tratados com 2 kGy foi abaixo de 4 ciclos log, enquanto que os frutos controle e tratados com 0,5 e 1 kGy apresentaram contagens médias acima de 4 ciclos log.

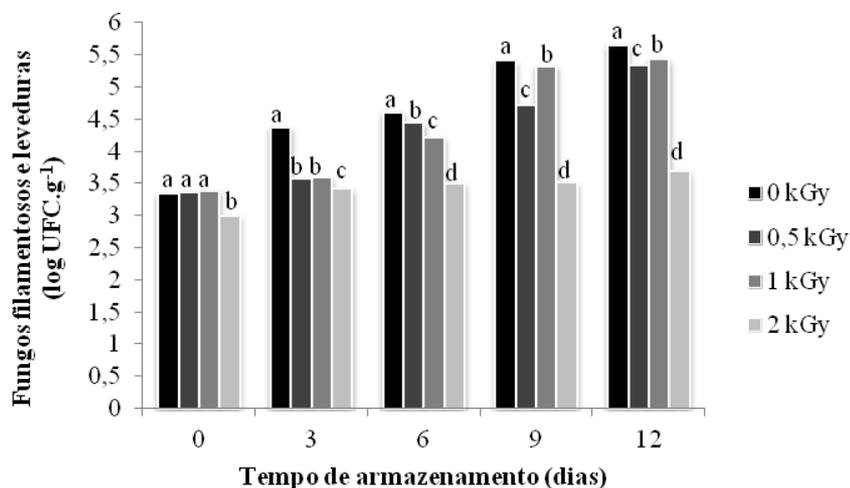


Figura 11 Contagem de fungos filamentosos e leveduras de framboesas tratadas com diferentes doses de irradiação (0; 0,5; 1,0 e 2,0 kGy) e armazenadas sob refrigeração. UFLA. Lavras, 2012

Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, dentro de cada tempo, ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

A contagem total bacteriana e a contagem de fungos e leveduras de lichia irradiadas foram significativamente diminuídas pela aplicação de irradiação gama  $\text{Co}^{60}$  ao longo de 28 dias de armazenamento (HAJARE et al., 2010). Prado et al. (2006), estudando armazenamento a temperatura ambiente de amendoim *in natura*, observaram que a dose de 10 kGy da radiação  $\text{Co}^{60}$  foi suficiente para eliminar a contaminação por fungos produtores de micotoxinas durante todo o armazenamento (180 dias).

Muito comum é o emprego de irradiação em frutos vegetais minimamente processados, mostrando ser uma técnica muito eficiente no controle microbiano (ESCALONA et al., 2010; PINTO, 2010; MARTINS, et al., 2007, LIMA et al., 2003).

#### 4 CONCLUSÃO

Nas condições experimentais do presente trabalho conclui-se que:

- O emprego da irradiação na conservação pós-colheita de framboesas é uma técnica viável;
- A irradiação diminui perda de massa e contagem de fungos filamentosos e leveduras;
- A dose de 2 kGy é a mais eficiente no controle microbiológico, mas também é a dose em que os frutos apresentam maior perda da qualidade por perda da firmeza;
- Assim sendo, é necessário novos estudos que empreguem doses entre 1 e 2 kGy para otimizar o método de conservação com irradiação para framboesas.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA**

ARTES-HERNANDEZ, F.; ROBLES, P. A.; GÓMEZ, P. A.; TOMÁS-CALLEJAS, A.; ARTÉS, F. Low UV-C illumination for keeping overall quality of fresh cut watermelon. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 55, n. 2, p. 114-120, fev. 2010.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 17.ed. Washington, DC, 2000. 1410p.

BABIC, L.; WATADA, A. E.; Microbial population of fresh cut spinach leaves affected by controlled atmosphere. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.9, n. 2, p. 187-193, nov. 1996.

BEATTIE, J.; CROZIER, A.; DUTHIE, G.G. Potential health benefits of berries. **Current Nutrition & Food Science**, v. 1, p. 71-86, 2005.

BITTER, T.; MUIR, H. M. A modified uronic acid carbazole reaction. **Analytical Chemistry**, New York, v. 34, p. 330-334, 1962.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº12**, de 2 de janeiro de 2001. Aprova o regulamento técnico para misturas para o preparo de alimentos e alimentos prontos para consumo. Brasília, 2001. Disponível em:  
<[http://www.anvisa.gov.br/legis/resoluções/12\\_01.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/resoluções/12_01.htm)>. Acesso em: 12 nov. de 2011.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2 ed.rev.ampl. Lavras: UFLA, 2005. 785p.

DISCHE, Z. General color reactions. In: WHISTLER, R.L.; WOLFRAM, M.L. **Carbohydrate chemistry**. New York: Academic, 1962, p. 477-512.

EICHHOLZ, I.; HUYSKENS-KEIL, S.; KELLER, A.; ULRICH, D.; KROH, L. W.; ROHN, S. UV-B-induced changes of volatile metabolites and phenolic compounds in blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). **Food Chemistry**, v. 126, p. 60-64, 2011.

ESCALONA, V. H.; AGUAYO, E.; MARTINEZ-HERNÁNDEZ, G. B.; ARTÉS, F. UV-C doses to reduce pathogen and spoilage bacterial growth in vitro

and in baby spinach. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 56, n. 6, p. 223-231, jun. 2010.

FERREIRA, D. F. **Sistemas para Análise de Variância para Dados (SISVAR)**. Lavras: UFLA, 1999.

FRANÇOSO, I. L. T.; COUTO, M. A. L.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G.; ARTHUR, V. Alterações físico-químicas em morangos (*Fragaria anassa* Duch.) irradiados e armazenados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 3, p. 614-619, jul./set. 2008.

GANGLIARDI, J. V.; KARNS, J. S. Leaching of *Escherichia coli* 0157: H7 in diverse soils under various agricultural management practices. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 66, n. 3, p. 877-883, mar. 2000.

HAJARE, S. N.; SAXENA, S.; KUMAR, S.; WADHAWAN, S.; MORE, V.; MISHRA, B. B.; PARTE, M. N.; GAUTAM, S.; SHARMA, A. Quality profile of litchi (*Litchi chinensis*) cultivars from India and effect of radiation processing. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 79, n. 9, p. 994-1004, set. 2010.

HARDER, M. N. C.; TOLEDO, T. C. F. de; FERREIRA, A. C. P.; ARTHUR, V. Determination of changes induced by gamma radiation in nectar of kiwi fruit (*Actinidia deliciosa*). **Radiation Physics and Chemistry**, v. 78, n. 7-8, p. 579-582, jul./ago. 2009.

HUSSAIN, P. R.; MEENA, R. S.; DAR, M. A.; WANI, A. M. Gamma irradiation of sun-dried apricots (*Prunus armeniaca* L.) for quality maintenance and quarantine purposes. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 80, p. 817-827, 2011.

KLUGE, R. A. NACHTIGAL, J. C.; FACHINELLO, J. C.; BILHALVA, A. B. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. Livraria e Editora Rural. 2 ed. Campinas, 2002. 214p.

KOVACS, E.; BALLA, G.; NESSINGER, A. The effect of irradiation on sweet cherries. **Acta Alimentaria**, v. 24, p. 331-343, 1995.

LAGUNAS-SOLAR, M.C. Radiation processing of foods: An overview of scientific principles and current status. **Journal of Food Protection**, v. 58, n. 2, p. 186-192, 1995.

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. O. Efeito da irradiação ionizante  $\gamma$  na qualidade pós-colheita de cenouras (*Daucus carota* L.) cv. Nantes. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 202-208, maio/ago. 2001.

LIMA, K. S. C.; LIMA, A. L. S.; LUCHESE, R. H.; GODOY, R. L.; SABAA-SRUR, A. U. O. Cenouras minimamente processadas em embalagens com atmosfera modificadas e tratadas com radiação gama: avaliação microbiológica, físico-química e química. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 240-250, maio/ago. 2003.

LÓPEZ-RUBIRA, V.; CONESA, A.; ALLENDE, A.; ARTÉS, F. Shelf life and overall quality of minimally processed pomegranate arils modified atmosphere packaged and treated with UV-C. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 37, n. 8, p. 174-185, aug. 2005.

MARTINS, C. G.; BEHRENS, J. H.; ARAGON-ALEGRO, L. C.; VIEIRA, V. S.; COSTA-SOBRINHO, P. S.; VIZEU, D. M.; HUTZLER, B.; FRANCO, B. D. G. de M.; DESTRO, M. T.; LANDGRAF, M. Shelf life of irradiated minimally processed (MP) watercress (*Nasturtium officinale*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 44-48, jan./mar. 2004.

MAXIE, E. C.; SOMMER, N. F.; MITCHELL, F. G. Chemical, economic, physical and physiological limitations to irradiation of fruit. In: International atomic energy agency. **Disinfestation of fruit by irradiation**. Vienna: IAEA, 1971. p. 39-100.

McCREADY, P. M.; McCOMB, E. A. Extration and determination of total pectic material. **Analytical Chemistry**, Washington, x. 24, n. 12, p. 1586-1588, 1952.

MOKADY, S.; COGAN, U.; LIEBERMAN, L. Stability on vitamin C in fruit and fruit blends. **Journal Science Food Agricultural**, v. 35, p. 452-456, 1984.

OLIVEIRA, A. C. G. de; ZANÃO, C. F. P.; ANICETO, A. P. P.; SPOTO, M. H. F.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G.; WALDER, J. M. M. Conservação pós-colheita de goiaba branca Kumagai por irradiação gama: aspectos físicos, químicos e sensoriais. **Boletim Ceppa**, Curitiba, v. 24, n. 2, p. 375-392, jul./dez. 2006.

- ORNELLAS, C. B. D.; GONÇALVES, M. P. J.; SILVA, P. R.; MARTINS, R. T. Atitude do consumidor frente à irradiação de alimentos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 211-213, jan./mar. 2006.
- PANTELIDIS, G. E.; VASILAKAKIS, M.; MANGANARIS, G. A.; DIAMANTIDIS, G. Antioxidants capacity, phenol, anthocyanin and ascorbic acid contents in raspberries, blackberries, red currants, gooseberries and cornelian cherries. **Food Chemistry**, v 102, p. 777-783, 2007.
- PEROZZI, M. Irradiação: tecnologia boa para aumentar exportações de frutas. **Inovação Uniemp**, Campinas, v. 3, n. 5, p. 42-44, set./out., 2007.
- PINTO, D. M. **Tecnologias de pós-colheita em caqui 'Fuyu'**. 2010. 163p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.
- PLESSI, M; BERTELLI, D.; ALBASINI, A. Distribution of metals and phenolics compounds as a criterion to evaluate variety of berries and related jams. **Food Chemistry**, v. 100, p.419-427, 2007.
- PRADO, G.; CARVALHO, E. P. de; MADEIRA, J. E. G. C.; MORAIS, V. A. D.; OLIVEIRA, M. S. de; CORRÊA, R. F.; CARDOSO, V. N. Efeito da irradiação gama ( $^{60}\text{Co}$ ) na frequência fúngica de amendoim *in natura* em função do tempo de prateleira. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 5, p. 930-936, set./out. 2006.
- RESURRECCION, A.V.A, GALVEZ, F.C.F., FLETCHER, S.M., MISRA, S.K. Consumers attitudes towards irradiated food: results of a new study. **Journal of Food Protection**, v. 58, n. 2, p. 193-196, 1995.
- RUFINO, M.S.M.; ALVES, R.E.; MORAIS, S.M.; SAMPAIO, C.G.; PEREZ-JIMENEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.D. Metodologia científica: Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. **Comunicado Técnico Embrapa**. SSN 1679 6535, jul 2007, Fortaleza, CE.
- SABATO, S. F.; SILVA, J. M. da; CRUZ, J. N. da; SALMIERI, S.; RELA, P. R.; LACROIX, M. Study of physical–chemical and sensorial properties of irradiated Tommy Atkins mangoes (*Mangifera indica* L.) in an international consignment. **Food Control**, v. 20, n. 3, p. 284-288, mar. 2009.
- SILVA, J. M. da; SILVA, J. P.; SPOTO, M. H. F. Características físico-químicas de abacaxi submetido à tecnologia de radiação ionizante como método

de conservação pós-colheita. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 1, p. 139-145, jan./mar. 2008.

SILVA, N. da; JUNQUIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A.; TANIWAKI, M. H.; SANTOS, R. F. S. dos; GOMES, R. A. R. **Manual de Métodos de Análises Microbiológicas de Alimentos**. 3 ed. São Paulo: Livraria Varela, 2007. 552p.

SOUZA, A. R. M. de; CANNIATI-BRAZACA, S. G.; ARTHUR, V.; OLIVEIRA, A. G. C.; SPOTO, M. H. F.; WALDER, J. M. M. Efeito da radiação gama e do armazenamento na qualidade de pedúnculos de caju (*Anacardium occidentale* L.). **Ciência e Agrotécnologia**, Lavras, v. 23, n. 3, p. 848-854, maio/jun. 2009.

STROHECKER, R.; HENNING, H. M. **Análisis de vitaminas: métodos comprobados**, Madrid: Paz Montalvo. 1967. 428p.

TALCOTT, S. T. Chemical components of berry fruits. In: Zhao, Y. (Ed.) **Berry Fruit: value-added products for health promotion**, CRC press – Taylor & Francis Group, New York, USA, p. 51-72, 2007.

WATERHOUSE, A. L. **Determination of total phenolics**. In: Current protocols in food analytical chemistry, Supplement 6, Unit 11.1.1 – 11.1.8. Wiley, New York, 2002.

## **CAPÍTULO 4**

**Elaboração de bebida fermentada de framboesa (*Rubus idaeus*) por  
fermentação espontânea e usando leveduras selecionadas livres e  
imobilizadas**

## RESUMO

Esta pesquisa foi realizada com o objetivo de analisar a qualidade da bebida fermentada produzida a partir da polpa de framboesa. Os frutos foram colhidos na cidade de Campestre-MG e transportados para a Universidade Federal de Lavras. Foi extraída a polpa da fruta que foi chaptalizada a 16° Brix. Foi utilizado SO<sub>2</sub> como agente inibidor do crescimento bacteriano e como antioxidante. Três fermentações foram conduzidas a 20°C, sendo: fermentação espontânea, fermentação inoculada com leveduras livres e fermentação inoculada com leveduras imobilizadas em alginato de cálcio. Os processos foram monitorados periodicamente por meio de análises de sólidos solúveis totais, açúcares redutores totais, pH e acidez titulável. Ao final das fermentações foram realizadas análises físico-químicas das bebidas (pH, acidez titulável, acidez volátil, acidez fixa, sólidos solúveis totais, açúcares redutores totais, teor alcoólico, extrato seco, metanol, atividade antioxidante total, fenólicos totais e antocianinas totais). Todos os três métodos de fermentação estudados proporcionaram bebidas com parâmetros físico-químicos dentro do estabelecido pela legislação brasileira. O processo fermentativo com a levedura FW 15 imobilizada apresentou melhor desempenho, considerando-se o rápido consumo dos açúcares no mosto e por finalizarem a fermentação em menor tempo. Porém, o processo de imobilização desta levedura mostrou-se pouco viável, devido ao tempo gasto nesse procedimento. As bebidas apresentaram alto poder antioxidante, devido aos elevados valores de % de SRL, fenólicos totais e antocianinas totais.

Palavras-chave: Processamento pós-colheita. Fermentação. Leveduras selecionadas.

### ABSTRAT

This research was conducted in order to analyze the physical and chemical characteristics quality of the fermented beverage made from the pulp of raspberry. The fruits were harvested in the city of Campestre, MG and transported to the Federal University of Lavras. Was extracted from the pulp of the fruit that was chaptalizada to 16 ° Brix. SO<sub>2</sub> was used as an inhibitor of bacterial growth and as an antioxidant. Three fermentations were conducted at 20 ° C, as follows: spontaneous fermentation, fermentation inoculated with free yeasts and fermentation inoculated with yeast immobilized in calcium alginate. The processes were monitored periodically by analysis of total soluble solids, total reducing sugars, pH and titratable acidity. At the end of the fermentations were carried out physico-chemical properties of beverages (pH, titratable acidity, volatile acidity, fixed acidity, soluble solids, total reducing sugars, alcohol content, dry extract, methanol, total antioxidant activity, total phenolics and total anthocyanins) . All three methods provided alcoholic fermentation studied with physicochemical parameters in the framework established by Brazilian legislation. The fermentation with yeast immobilized FW 15 performed better, considering the rapid consumption of sugars in the wort and finalize the fermentation in a shorter time. But the process of immobilization of yeast proved to be impracticable due to time spent in this procedure. The beverages had high antioxidant power, due to high values of % sequestering free radical, total phenolics and anthocyanins.

Keywords: Postharvest processing. Fermentation. Selected yeasts.

## 1 INTRODUÇÃO

A framboesa faz parte do grupo denominado de pequenas frutas e vem se tornando mais conhecida por ser considerada uma fruta muito saudável (BEATTIE et al., 2005; TALCOTT, 2007). O sabor doce ligeiramente ácido e aroma peculiar são características que, juntamente com a cor, tornam esta fruta muito atrativa. Além disso, é rica em vitaminas, minerais e compostos fenólicos, importantes pelo efeito benéfico à saúde (PLESSI et al., 2007).

O consumo de frutas no Brasil apresenta escala crescente, já que a população vem se preocupando em fazer uma alimentação mais nutritiva e saudável. Porém, frutas extremamente delicadas como a framboesa, tem seu consumo ao natural restrito às áreas próximas de produção, pois o transporte para áreas distantes acarretaria em perda excessiva e a adaptação em outras regiões é limitada, devido à framboesa necessitar de muitas horas de frio para o seu desenvolvimento. Assim, a industrialização pode reverter este inconveniente, possibilitando à população mais distante a apreciação dessa fruta na forma de geleias, purês, coberturas para sobremesas, sucos e bebidas fermentadas, preservando suas características de qualidade.

Bebidas fermentadas de frutas são consideradas produtos promissores devido à tendência de aceitação em pesquisas de consumo, além de contribuírem para a redução de perdas pós-colheita de frutos. Tradicionalmente, são empregados uvas e maçãs na obtenção dessas bebidas. Muitos países, principalmente os europeus, produzem fermentados de frutas pelos mesmos processos de fabricação, sendo a pera, a groselha, a framboesa e a cereja as mais utilizadas, fornecendo bebidas bastante apreciadas e saborosas.

A seleção de leveduras adequada para cada tipo de fermentação é uma estratégia importante para garantir uma fermentação completa, assim como garantir as características de qualidade da bebida fermentada. Mesmo que a

qualidade da bebida esteja associada a cultivar e qualidade da fruta, as leveduras podem produzir compostos que proporcionam um toque de distinção ao produto final. Leveduras selecionadas têm sido utilizadas com ótimos resultados em vários países, que proporcionam produtos finais de qualidade mais uniforme que os produzidos por fermentação espontânea (DEQUIN, 2001).

A imobilização é a restrição da mobilidade da célula em um espaço definido, provendo altas concentrações das mesmas, com preservação da atividade catalítica (KAREL et al., 1985). A imobilização protege a célula e as enzimas das tensões ambientais, como pH, temperatura, sais, solventes, autodestruição e inibidores. Além disto, a imobilização de células oferece várias vantagens, como aumento da produtividade da fermentação, processo de produção contínuo, estabilidade celular, baixo custo e capacidade de reutilização (PARK et al., 1990; MARGARITIS; MERCHANT, 1984).

Diante do exposto, objetivou-se produzir e caracterizar uma bebida fermentada de framboesa empregando diferentes modos de fermentação, buscando assim, uma alternativa para aproveitamento e processamento pós-colheita desta fruta.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Matéria-prima**

As framboesas (*Rubus idaeus*) da cultivar ‘Autumn Bliss’ foram adquiridas de um cultivo localizado na cidade de Campestre-MG. Os frutos selecionados para a pesquisa tinham aparência atrativa e aceitável e estavam fisiologicamente maduros, obedecendo à uniformidade de tamanho, cor e ausência de injúrias, relacionados ao manuseio e/ou doenças. A colheita foi realizada em dezembro de 2010, no período da manhã para minimizar perdas por transpiração. Os frutos foram colhidos manualmente, armazenados em sacos plásticos (aproximadamente 7 kg de fruto por saco) e congelados, a seguir transportados adequadamente e refrigerados para o Laboratório de Pós-colheita de Frutos e Hortaliças de Universidade Federal de Lavras.

### **2.2 Elaboração da bebida fermentada de framboesa**

A produção da bebida fermentada de framboesa seguiu metodologia proposta por Rosier (1993), Dias et al. (2003, 2007) e Alves et al. (2011), com algumas modificações e foi realizada no Laboratório de Biotecnologia do DCA/UFLA. A figura 1 apresenta o fluxograma seguido para a produção da bebida.

Os frutos que foram utilizados na elaboração da bebida não receberam tratamento prévio de limpeza ou desinfecção, pois a framboesa é um fruto muito sensível e poderia ocorrer perda do mesmo no caso de algum tratamento.

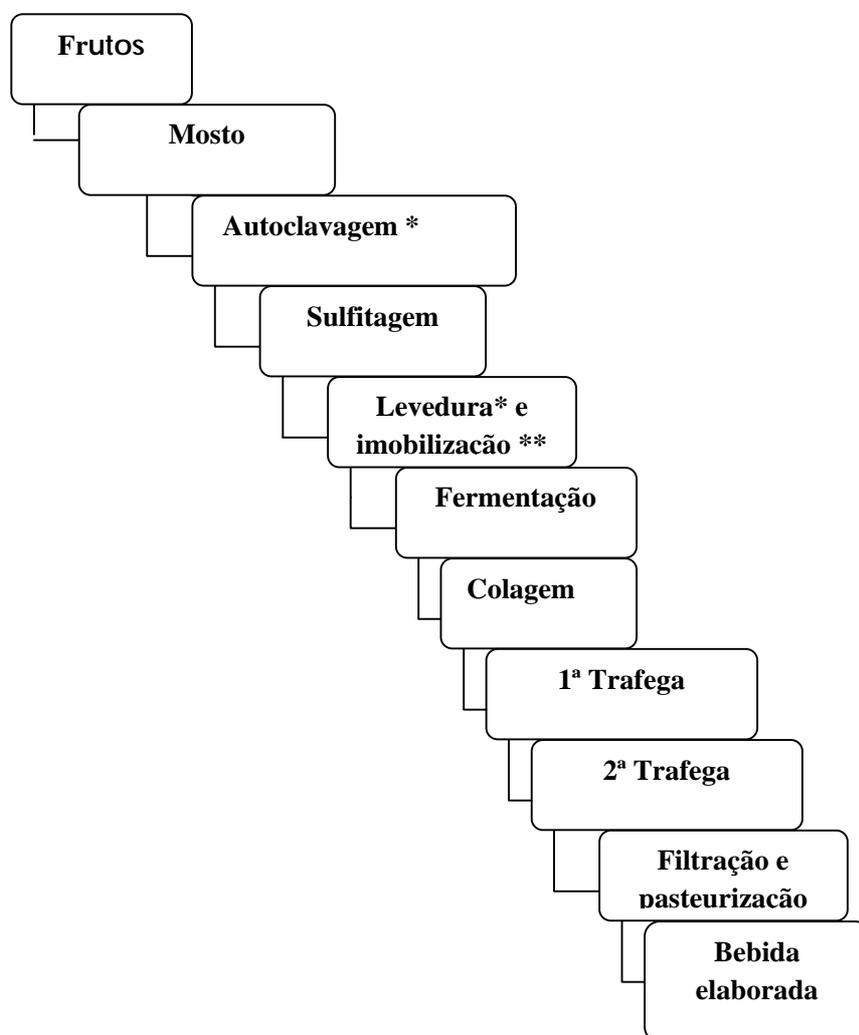


Figura 1 Fluxograma utilizado na produção de bebida fermentada de framboesa. UFLA. Lavras, 2012

\* no caso da bebida obtida por fermentação espontânea não houve autoclavagem nem adição de levedura.\*\* a imobilização foi empregada somente na metade das leveduras (que foram inoculadas na bebida que seguiu fermentação inoculada imobilizada)

### **2.2.1 Preparo do mosto**

Para preparar o mosto, as framboesas foram descongeladas à temperatura ambiente, trituradas em liquidificador industrial e filtradas em tecido organza para retirada do excesso de partes sólidas, rendendo aproximadamente 30L de polpa. O grau Brix da polpa foi aferido por meio de um refratômetro digital e então foi possível calcular a quantidade de sacarose necessária para realizar a chaptalização. A chaptalização do mosto foi realizada para obter uma bebida cujo teor alcoólico estivesse entre 7 e 8°GL.

### **2.2.2 Chaptalização**

O grau Brix indica o teor aproximado de açúcar presente no mosto. A chaptalização, que consiste na correção do grau Brix pela adição de açúcar, foi realizada utilizando sacarose comercial (açúcar cristal). Foi preparada uma solução segundo Cataluña (1988), em que cada 25 g de sacarose, adicionadas a um volume final de 1 litro, elevam o grau Brix do mosto em aproximadamente duas unidades. O teor final de açúcar no mosto foi de 16°Brix.

### **2.2.3 Sulfitagem**

Essa etapa foi realizada adicionando 200 mg.L<sup>-1</sup> de metabissulfito de potássio - K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ao mosto, para obtenção de 100 mg.L<sup>-1</sup> de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) residual. Essa é a proporção necessária para assegurar uma assepsia, reduzindo a carga microbiana deteriorante sem afetar a atividade fermentativa das leveduras e prevenir oxidações indesejáveis (ALVES, 2009).

#### 2.2.4 Autoclavagem

Após a sulfitagem, o volume de mosto foi dividido em três partes iguais (aproximadamente 9 L em cada parte), onde duas partes seriam inoculadas com leveduras selecionadas e a outra seguiria fermentação espontânea da polpa de framboesa. Duas partes, que continham mosto em que seriam inoculadas as leveduras, foram autoclavadas por 30 minutos a 121°C para eliminação das leveduras e bactérias, provenientes da própria framboesa.

#### 2.2.5 Inoculação

Após a etapa de autoclavagem, os mostos foram divididos em dornas de vidro de 9 L para seguir a fermentação, sendo colocados 2,9 L em cada dorna. As fermentações foram conduzidas em triplicata. Foram realizados três tipos de fermentação: uma utilizando levedura selecionada (FW 15) livre, outra utilizando levedura selecionada (FW 15), imobilizada com alginato de cálcio (tópico 2.2.6) e por fim a fermentação espontânea, que não requer inoculação de leveduras.

A levedura selecionada FW 15, pertencente à coleção de leveduras do laboratório de fisiologia de microorganismos do Departamento de Biologia da UFPA, foi escolhida por ter sido a levedura que apresentou melhor comportamento na produção de bebida fermentada a partir de suco de framboesa em um estudo realizado por Duarte et al. (2010).

A levedura (isolados de *S. cerevisiae*) foi previamente adaptada de maneira que se obtivessem no mínimo  $10^7$  células/mL. As dornas que seguiriam fermentação com leveduras livres foram inoculadas com 100mL dos isolados de *S. cerevisiae*, resultando em 3L de mostos por repetição (2,9L de polpa + 0,1L de inóculo).

### **2.2.6 Imobilização da levedura**

As células da levedura selecionada FW 15 foram imobilizadas em alginato de cálcio, conforme metodologia proposta por Pantoja et al. (2005). Foi preparada 0,5 L de solução de alginato de cálcio a 10% para cada repetição e colocada em frasco de Mariotte, onde foi misturado 100mL de isolado de *S. cerevisiae*. Foi então iniciado o gotejamento da suspensão de células em solução de cloreto de cálcio 0,1 M, levando a formação de esferas de alginato de cálcio, contendo as células de leveduras.

Alguns parâmetros do sistema de imobilização foram avaliados, como o tempo gasto e o número de gotas para se obter 5 mL da suspensão e a contagem das células viáveis na suspensão. Com base nestes dados, foram obtidos o volume de cada bioesfera, número de bioesferas formadas por minuto e concentração celular em cada bioesfera. O mosto foi inoculado com aproximadamente 6000 bioesferas. Uma amostra representativa de bioesferas da levedura foi macerada em 0,9 mL de água peptonada 1%, após diluição seriada, foi realizada a contagem de células em câmara de Neubauer com azul de metileno. Esse procedimento foi realizado para se obter o número médio de células por bioesferas.

### **2.2.7 Fermentação**

Para que ocorresse a fermentação, as dornas contendo os mostos (inoculados e de fermentação espontânea) foram incubados em shake refrigerado a 20°C. Durante a fermentação, periodicamente, foram coletadas amostras do mosto para análise de pH, acidez titulável, sólidos solúveis e açúcares redutores totais.

### **2.2.8 Colagem**

A colagem foi realizada utilizando bentonite na concentração de  $1\text{g.L}^{-1}$ , segundo Vogt et al.(1986), a partir da solução estoque a 10% em água destilada. Após a adição da bentonite, a bebida foi colocada em câmara fria a  $10^{\circ}\text{C}$  por 7 dias, para facilitar a sedimentação do material sólido proveniente da fermentação do mosto.

### **2.2.9 Trasfegas**

Segundo Pato (1982) as trasfegas têm como finalidade dar à bebida melhores condições de conservação, tanto do ponto de vista sanitário como sensorial.

A primeira trasfega foi realizada com aeração, que segundo Rizzon et al. (1994) provoca efeitos benéficos, favorecendo a completa fermentação do açúcar e o desprender do excesso de gás carbônico e ácido sulfúrico que estiverem presentes. Essa trasfega foi feita após 7 dias de armazenamento da bebida a  $10^{\circ}\text{C}$  e a segunda trasfega foi realizada sem aeração 10 dias após a primeira, deixando a bebida a  $10^{\circ}\text{C}$  durante esses 10 dias.

### **2.2.10 Filtração e pasteurização**

Após a segunda trasfega, a bebida foi deixada por 5 dias a  $10^{\circ}\text{C}$  e então foi filtrada sob vácuo em frasco tipo Kitassato, de 4 litros de volume, ao qual foi acoplado um funil tipo Büchner, utilizando filtro de celulose. Após a filtragem, as bebidas foram acondicionadas em garrafas de vidro, pasteurizadas em banho-maria por 20 minutos a  $65^{\circ}\text{C}$  e armazenadas sob refrigeração a  $4^{\circ}\text{C}$ .

## **2.3 Análises realizadas**

As análises da bebida fermentada de framboesa foram realizadas no Laboratório de Pós-colheita de Frutos e Hortaliças do Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA, exceto as análises de teor alcoólico e acidez volátil, que foram realizadas no Laboratório de Enologia e Viticultura (Fazenda Experimental da EPAMIG, em Caldas – MG) e a análise de metanol, que foi realizada no Laboratório de Análise físico-química de Aguardente de cana do Departamento de Química da UFLA.

### **2.3.1 pH e acidez total titulável**

O pH foi determinado com pHmetro TECNAL – Tec 3MP (AOAC, 2000) e a acidez titulável determinada por titulação com NaOH 0,01N utilizando fenolftaleína como indicador, segundo Brasil (1985).

### **2.3.2 Acidez volátil**

O estudo dos ácidos voláteis foi realizado através do arraste do vapor d'água na ausência de gás carbônico. Uma amostra da bebida foi destilada em Destilador Gibertini modelo Super DEE e ao final da destilação a amostra foi titulada com NaOH 0,1N até o aparecimento da cor rosa estável por pelo menos 10 segundos, utilizando fenolftaleína como indicador (BRASIL,1985).

### **2.3.3 Acidez fixa**

A acidez fixa é obtida pela diferença entre a acidez total titulável e a acidez volátil (BRASIL, 1985).

#### **2.3.4 Sólidos solúveis totais e açúcares redutores totais**

Os sólidos solúveis foram aferidos com refratômetro digital ATAGO PR – 100 (AOAC, 2000) e a análise de açúcares redutores totais foi realizada segundo o método de DNS (ácido 3,5 dinitrossalicílico), desenvolvido por Miller (1959).

#### **2.3.5 Teor alcoólico**

Para esta análise amostras das bebidas previamente alcanilizadas e isentas de CO<sub>2</sub> foram destiladas e então foi medido o grau alcoólico por densimetria. A destilação foi realizada em Destilador Gibertini, modelo Super DEE, a densidade do destilado foi aferida em densímetro digital Gehaka modelo DSL 950 e o teor alcoólico determinado com base na tabela de conversão densidade/álcool 20/20 913.02 (AOAC,2000).

#### **2.3.6 Extrato seco a 100°C**

Para esta análise, uma alíquota de 10 mL de amostra da bebida foi evaporada em chapa de aquecimento até a consistência de xarope, então as cápsulas foram mantidas em estufa a 105°C por 3 horas. As cápsulas foram transferidas para o dessecador e pesadas ao atingirem a temperatura ambiente (BRASIL, 1985).

#### **2.3.7 Metanol**

Foi utilizado o método colorimétrico. As amostras foram destiladas e diluídas a 5% (V/V) em etanol. O metanol é oxidado a formaldeído através do

permanganato de potássio, estando o meio acidificado com ácido fosfórico. O metanal é medido espectrofotometricamente (575nm) devido à coloração violeta que adquire na presença do ácido cromotrópico em meio acidificado com ácido sulfúrico (BRASIL, 1985).

O teor de metanol foi expresso em mL de álcool metílico por 100 mL de álcool anidro, obtido pela fórmula:

$M = (A \times 2,5 \times f) / (A_p \times GR)$ , onde:

M = Concentração de metanol; A = absorbância da amostra; f = fator de diluição do teor alcoólico;  $A_p$  = absorbância do padrão e GR = grau alcoólico real.

### **2.3.8 Atividade antioxidante total**

Para obtenção de extrato, utilizou-se 2 mL das amostras das bebidas fermentadas, aos quais foram adicionadas 20 mL de álcool metílico 50%. Essa mistura foi homogeneizada e deixada em repouso por 1 hora à temperatura ambiente. Após este período, a mistura foi centrifugada a 14.000 rpm por 15 minutos. O sobrenadante foi coletado e adicionado 20 mL de acetona 70% ao resíduo, que foi homogeneizado e deixado em repouso por 1 hora à temperatura ambiente. Em seguida, centrifugou-se a 14.000 rpm por 15 minutos. O sobrenadante foi coletado, adicionado ao primeiro sobrenadante e o volume foi completado para 50 mL com água destilada.

A metodologia empregada na determinação da atividade antioxidante foi baseada na extinção da absorção do radical 2,2-difenil-1-picril hidrazil (DPPH 60  $\mu$ M), proposta por Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995), adaptada por Rufino, et al. (2007), com algumas adaptações em relação ao cálculo, calculando-se o percentual de sequestro do radical livre DPPH a partir do padrão.

Para a determinação da capacidade antioxidante, foi adicionado 0,1 mL de cada extrato das amostras a 3,9 mL de solução de DPPH. Para o controle, foi adicionado 0,1 mL de metanol juntamente ao DPPH, no lugar do extrato. As leituras foram realizadas após 30 minutos, em espectrofotômetro a 515 nm, e os resultados foram expressos em percentual de sequestro de radical livre (%SRL), conforme equação a seguir:

$$\%SRL = (Ac - Am) \times 100 / Ac, \text{ onde:}$$

Ac = absorbância do controle

Am = absorbância da amostra

### **2.3.9 Fenólicos totais**

Os extratos foram obtidos utilizando o mesmo procedimento descrito para a análise de atividade antioxidante total.

A determinação do teor de fenólicos totais foi feita pelo método proposto por Waterhouse (2002), empregando-se o reagente de Folin-Ciocateu. Em resumo, 0,5 mL de extrato de cada amostra foram adicionados aos tubos contendo 2,5 mL de solução de Folin-Ciocateu 10%. Em seguida, foram adicionados 2 mL de solução de carbonato de sódio 4%. Os tubos foram agitados e deixados em repouso por 2 horas, ao abrigo da luz. A cor azul produzida pela redução do reagente Folin-Ciocateu pelos fenólicos foi medida espectrofotometricamente, a faixa de absorção de 750nm. O cálculo do teor de fenólicos foi realizado a partir da equação de reta obtida da curva padrão do ácido gálico. Os resultado foram expressos em mg de equivalentes de ácido gálico por 100g da amostra (mg.EAG.100g<sup>-1</sup>).

### 2.3.10 Antocianinas totais

O conteúdo de antocianinas totais foi determinado pelo método de diferença de pH, em que se dissolve em dois sistemas-tampão: cloreto de potássio pH 1,0 (0,025M) e acetato de sódio pH 4,5 (0,4M), segundo metodologia descrita por Giusti e Wroslad (2001). Para elaboração dos extratos das amostras foi feita uma solução com 18 mL de metanol acidificado com ácido clorídrico 0,1% e 2 mL de bebida fermentada, que foram centrifugados a 13.000 rpm por 15 minutos (4°C). Foram adicionados 2,5 mL da correspondente dissolução tampão pH=1,0 a 1,5 mL do extrato e 2,5 mL da dissolução tampão pH=4,5 a 1,5 mL do extrato (para se obter densidade óptica na faixa de 0,100-1,200, a 510 nm) e as soluções tiveram sua absorbância lida a 510 e 700nm.

A absorbância foi calculada a partir da equação abaixo:

$$A = (A_{510\text{nm}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH}1,0} - (A_{510\text{nm}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH}4,5}$$

A concentração de pigmentos no extrato foi calculada e representada em cianidina-3-glicosídeo.

Antocininas ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) =  $(A \times \text{PM} \times \text{FD} \times 1000) / (\epsilon \times 1)$ , onde:

A = Absorbância; MM = massa molecular; FD = fator de diluição e  $\epsilon$  = absorvidade molar.

## 2.4 Análise estatística

Os dados das análises das bebidas fermentadas de framboesa foram analisados por análise de variância (ANOVA), usando delineamento inteiramente casualizado (DIC) com 3 tratamentos e 3 repetições. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, utilizando software de SISVAR (versão 5.3) (FERREIRA, 1999).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Imobilização das células

A imobilização da levedura FW 15 mostrou-se como um processo muito lento, pois para a obtenção de 6.000 esferas foram gastas aproximadamente 28 horas, o que torna o processo pouco viável. Os parâmetros observados no sistema de imobilização celular encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 Parâmetros observados durante o processo de imobilização celular

<b>Volume médio das biefseras (mL)</b>	<b>Número de bioesferas produzidas por minuto</b>	<b>Concentração celular (cel/bioesfera)</b>
0,055	4	$2,5 \times 10^8$

Como inóculo, utilizou-se 6.000 bioesferas para o processo fermentativo. A concentração celular no início do processo foi de, aproximadamente,  $1,52 \times 10^7$  cel.mL<sup>-1</sup>.

#### 3.2 Fermentação e análises durante o processo

O final da fermentação foi determinado pela estabilização do valor do grau Brix, obtido pela leitura em refratômetro (OUGH, 1996). O mosto no qual foi inoculada a levedura FW15 imobilizada apresentou menor tempo de fermentação que o mosto inoculado com a levedura FW 15 livre e que o mosto que seguiu fermentação espontânea (84; 108 e 156 horas, respectivamente). Isto pode ser observado pelas figuras 1 e 2, que apresentam os gráficos de consumo de sólidos solúveis e consumo de açúcares redutores totais, respectivamente.

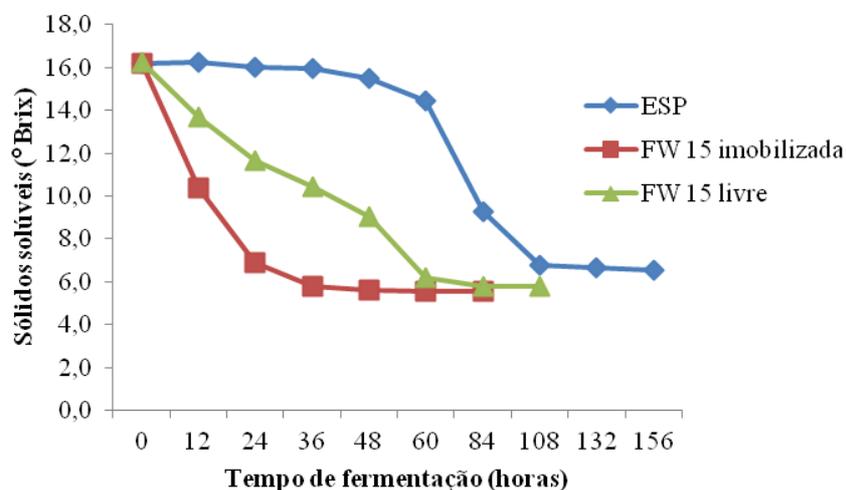


Figura 1 Consumo de sólidos solúveis durante os processos fermentativos para obtenção de bebidas fermentadas de framboesa, através de fermentação espontânea (ESP), fermentação inoculada com a levedura FW15 livre e com a levedura FW15 imobilizada. UFLA. Lavras, 2012

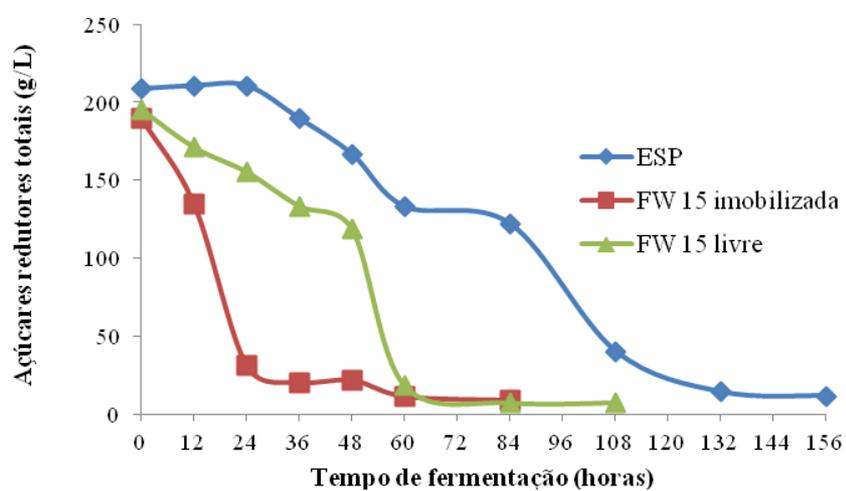


Figura 2 Conversão de açúcares redutores totais, durante os processos fermentativos, para a obtenção de bebidas alcoólicas fermentadas de framboesa, através de fermentação espontânea (ESP), fermentação inoculada com a levedura FW15 livre e com a levedura FW15 imobilizada. UFLA. Lavras, 2012

O menor tempo de fermentação do mosto pela levedura imobilizada nas primeiras horas de fermentação, provavelmente, deve-se à maior concentração de células no início do processo e à facilidade de adaptação ao meio, já que está mais protegida das variações de pH, acidez, temperatura e concentração de nutrientes em relação às células livres (HAMDY et al., 1990). E a menor taxa de consumo de substratos nos processos conduzidos com a levedura livre e principalmente no processo espontâneo pode estar relacionada às dificuldades adaptativas da levedura às condições nutricionais, de pH, acidez e temperatura sob as quais o processo fermentativo foi conduzido (LEBEAU et al., 1998). O processo conduzido com fermentação espontânea do mosto apresentou menor velocidade de fermentação, o que pode ser atribuído à presença de leveduras não- *Saccharomyces* no início do processo fermentativo. Estas leveduras se caracterizam por uma baixa eficiência fermentativa, contribuindo para uma menor taxa de consumo de substratos (ALVES, 2009).

Garde-Cerdán e Ancin-Azpilicueta (2006) relataram que a porcentagem de açúcares consumidos diariamente, até 99% do consumo dos açúcares totais, quando comparada à fermentação espontânea, foi 3 vezes maior na fermentação inoculada com leveduras *Saccharomyces cerevisiae*, em vinhos de uva.

Não houve diferença entre os valores de pH no início da fermentação, ocorrendo leve queda nas primeiras horas, mantendo-se constante durante o resto da fermentação nos mostos inoculados, já para a fermentação espontânea, houve queda do pH a partir de aproximadamente 48 horas de fermentação (Figura 3). A acidez titulável apresentou discreto aumento no início das fermentações, tendo um aumento ao final da fermentação espontânea (Figura 4).

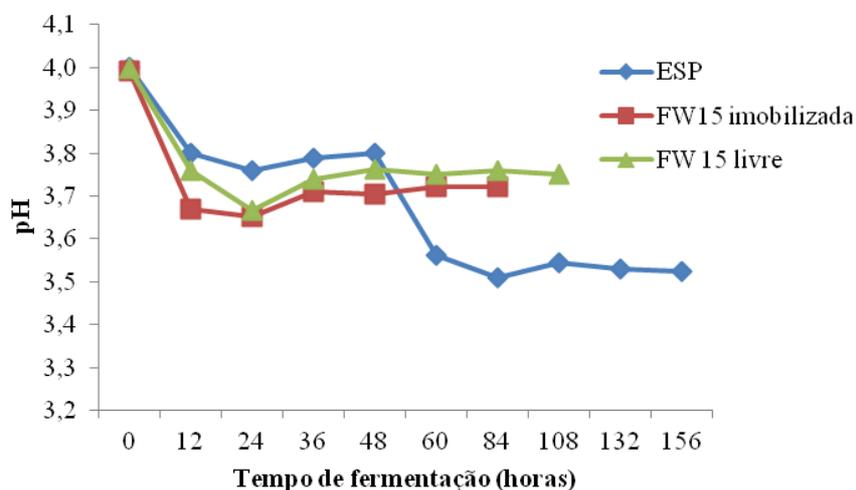


Figura 3 Valores de pH obtidos durante os processos fermentativos para obtenção de bebidas fermentadas de framboesa, através de fermentação espontânea (ESP), fermentação inoculada com a levedura FW15 livre e com a levedura FW15 imobilizada. UFLA, Lavras, 2012

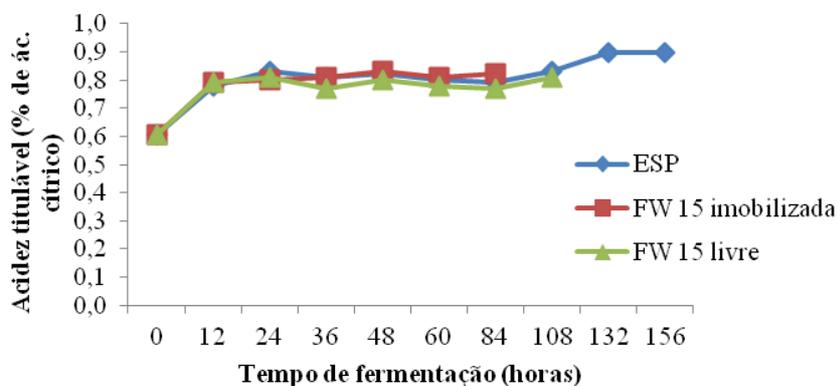


Figura 4 Valores de acidez titulável (% ácido cítrico) obtidos durante os processos fermentativos para obtenção de bebidas fermentadas de framboesa, através de fermentação espontânea (ESP), fermentação inoculada com a levedura FW15 livre e com a levedura FW15 imobilizada. UFLA, Lavras, 2012

O aumento da acidez titulável e, conseqüentemente, a redução do pH ao longo do processo fermentativo são decorrentes da produção de ácidos orgânicos, com ácido láctico, acético e succínico (BORZANI et al., 1983). Variação na acidez durante a fermentação tem grande influência na estabilidade e na coloração de bebidas fermentadas (RIZZON et al., 1996).

O pH final de bebidas alcoólicas fermentadas situa-se, normalmente, entre 2,0 e 4,0. Valores acima de 4,0 deixam as bebidas sujeitas a alterações microbiológicas e de coloração (ARAUJO et al., 2009).

Torres Neto et al. (2003) e Bortolini et al. (2001) também observaram queda no pH durante a produção de fermentado pseudofruto do caju (de 3,7 para 3,5) e kiwi (de 3,8 para 3,6). Segundo estes autores essa faixa de pH confere ao fermentado maior resistência a contaminação por microrganismos e é suficiente para permitir uma rápida fermentação alcoólica.

### **3.3 Análises realizadas na bebida fermentada de framboesa**

É importante que seja feita a caracterização físico-química da bebida para observar se há concordância entre os limites estabelecidos por lei e concentração dos analitos na bebida produzida.

#### **3.3.1 Acidez (total, volátil e fixa), teor alcoólico, extrato seco e metanol**

Pela tabela 2 é possível observar que todos os parâmetros determinados nas três bebidas estão dentro dos limites estabelecidos por lei.

Tabela 2 Valores físico-químicos médios encontrados nas bebidas fermentadas de framboesa comparados aos valores legais estabelecidos

Composição do fermentado de fruta	Limites			FW 15 imobilizada	FW 15 livre
	Mín.	Máx.	ESP		
Acidez total (meq.L <sup>-1</sup> )*	50	130	128,33a	121,66a	121,66a
Acidez fixa (meq.L <sup>-1</sup> )*	30	-	120,75a	115,92b	116,41b
Acidez volátil (meq.L <sup>-1</sup> )*	-	20	7,58a	5,75b	5,25b
Gradação alcoólica (°GL)*	4	14	7,93a	7,96a	7,97a
Extrato seco (g.L <sup>-1</sup> )*	7	-	32,52a	25,73a	30,21a
Metanol (g.L <sup>-1</sup> )**	-	0,35	0,31a	0,20c	0,21b

Médias seguidas pela mesma letra na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

\*Limites estabelecidos pela legislação brasileira para fermentados de frutas (Brasil, 2008).

\*\*Limite estabelecido pela legislação brasileira para vinho de mesa (Brasil, 1988).

As análises de acidez total e volátil são importantes porque nos permite inferir sobre a qualidade e a sanidade dos vinhos (OUGH, 1996). De acordo com Hashizume (2001), o teor de acidez volátil mede o grau de avinagemamento do vinho e é normal que todo vinho apresente acidez volátil, já que o ácido acético é um produto secundário da fermentação alcoólica.

Alves et al. (2011), produziram e caracterizaram bebida fermentada de lichia por fermentação espontânea e utilizando três tipos de leveduras selecionadas (UFLA CA116, UFLA CA1183 e UFLA CA1174), esses autores encontraram valores de acidez total dentro dos limites da legislação para todos os tratamentos, já em relação a acidez volátil, apenas uma das quatro bebidas produzidas (a inoculada com a levedura UFLA CA1182) estava dentro do limite.

Oliveira et al. (2011), encontraram valores de acidez volátil dentro do estabelecido por lei para bebidas fermentadas de cagaita produzidas por

fermentação inoculada com dois tipos de leveduras selecionadas (UFLA CA11 e CAT1) livres e imobilizadas. Já os valores de acidez total das bebidas fermentadas pela levedura CAT1 foram abaixo do mínimo estabelecido, tanto para as leveduras livres como para as imobilizadas.

O teor alcoólico foi igual para todas as bebidas fermentadas de framboesa (próximo de 8°GL), estando dentro do limite estabelecido pela legislação brasileira. Em estudos com fermentados de frutas utilizando células livres, a partir de laranja (CORAZZA et al., 2001), banana (ARRUDA et al., 2003), cajá (DIAS et al., 2003), pseudofruto do caju (TORRES NETO et al., 2006) cacau (DIAS et al., 2007), abacaxi (ARAUJO et al., 2009) e lichia (ALVES et al., 2011) e utilizando células imobilizadas, a partir de cagaita (OLIVEIRA et al., 2011) também apresentaram teor alcoólico dentro da faixa determinada pela legislação brasileira para fermentados de frutas.

O extrato seco total do vinho corresponde ao peso do resíduo seco obtido após a evaporação dos compostos voláteis. Assim, representa todas as substâncias que não se volatilizam em determinadas condições físicas que devem ser estabelecidas de modo que esses compostos não sejam alterados, ou tenham alteração mínima. Os ácidos fixos, sais orgânicos e minerais, poliálcoois, compostos fenólicos, compostos nitrogenados, açúcares e polissacarídeos são os principais componentes do extrato de seco total (RIZZON et al., 1996).

Para as bebidas fermentadas de framboesa encontraram-se valores entre 25,7 e 32,5 g.L<sup>-1</sup>, valores um pouco acima do necessário para que o vinho seja considerado leve ou magro (abaixo de 20 g.L<sup>-1</sup>), que resultam em vinho de paladar delicado (HASHIZUME, 2001; ZOECKLEIN et al., 2001)

O metanol é um constituinte naturalmente presente nas bebidas alcoólicas, em menores quantidades com relação aos demais componentes. Entretanto, essa afirmação diz respeito à maioria das bebidas, devendo-se dar muita atenção quando se tratar de bebidas elaboradas de frutas e, a depender da

quantidade de pectinas metoxiladas associada à ação da enzima pectinametilesterase, pode ocorrer a formação adicional de metanol (BLINDER, 1988). Ele é altamente tóxico para o ser humano. Devido à menor velocidade de oxidação, a intoxicação pode ser precedida por um período latente e assintomático que dura de 8 a 36 horas. No organismo, o metanol é oxidado a ácido fórmico e, posteriormente, a  $\text{CO}_2$ , provocando acidose grave, o que faz com que ocorra a diminuição do pH sanguíneo, afetando o sistema respiratório, podendo levar ao coma e até a morte (CARDOSO, 2001).

Os valores de metanol obtidos para as bebidas fermentadas de framboesa estão dentro do permitido por lei (máximo de  $0,35 \text{ g.L}^{-1}$  ou  $500 \text{ mg/100 mL}$  de álcool anidro), pois o máximo observado foi para a bebida obtida por fermentação espontânea ( $0,315 \text{ g.L}^{-1}$  ou  $450,15 \text{ mg/100 mL}$  de álcool anidro), essa maior formação de metanol provavelmente é devido principalmente a contaminação do mosto por outros microrganismos como bactérias lácticas.

### 3.3.2 Sólidos solúveis totais, açúcares redutores totais e pH

Os resultados finais de sólidos solúveis totais, açúcares redutores totais e pH da bebidas fermentadas de framboesa estão apresentados na tabela 3.

Tabela 3 Valores médios de parâmetros físico-químicos das bebidas fermentadas de framboesa

<b>Parâmetros</b>	<b>ESP</b>	<b>FW 15 imobilizada</b>	<b>FW 15 livre</b>
<b>Sólidos Solúveis</b>			
<b>Totais</b>	6,57a	5,77b	5,53b
<b>Açúcares</b>			
<b>Redutores Totais</b>	11,51a	7,99b	8,83b
<b>pH</b>	3,52a	3,75b	3,72b

Médias seguidas pela mesma letra na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A bebida fermentada ,obtida por fermentação espontânea, apresentou maior teor de sólidos solúveis totais (6,57°Brix) comparado ao teor das bebidas obtidas por fermentação com células da levedura FW 15 imobilizadas e livres (5,77 e 5,53°Brix, respectivamente). Oliveira et al. (2011) observaram valores próximos ao encontrado neste estudo nas bebidas obtidas por fermentação inoculada em bebidas fermentadas de cagaita produzidas com leveduras livres e imobilizadas. Apresentando coerência com o teor de sólidos solúveis totais, a bebida obtida por fermentação espontânea apresentou a maior quantidade de açúcares redutores totais (11.51 g.L<sup>-1</sup>), enquanto que a bebida fermentada com levedura imobilizada e livre apresentou 7,99 e 8,83 g.L<sup>-1</sup> desta variável, respectivamente.

Os valores de pH obtidos para as bebidas de fermentação espontânea, inoculada com a levedura FW 15 imobilizada e inoculada com a levedura FW 15 livre foram de 3,52, 3,75 e 3,72, respectivamente, sendo que a bebida de fermentação espontânea apresentou o menor valor de pH. Duarte et al. (2009) encontraram valores próximos ao das bebidas de framboesa obtida por fermentação inoculada em bebidas fermentadas de gabiobas obtidas por fermentação espontânea (3,73) e inoculada com levedura livre (3,77). Já Oliveira et al. (2011) observaram valores de pH inferiores em bebidas fermentadas de cagaita ,obtidas por fermentação inoculada com as leveduras UFLA CA11 livres (3,23) e imobilizadas (2,95), e com as leveduras CAT1 livres (3,28) e CAT1 imobilizadas (2,99).

### **3.3.3 Atividade antioxidante total, fenólicos totais e antocianinas totais**

Os dados referentes à porcentagem de sequestro de radical livre (%SRL), teor de fenólicos totais e antocianinas totais estão apresentados na tabela 4:

Tabela 4 Teores médios de %SRL, fenólicos totais e antocianinas totais das bebidas fermentadas de framboesa

<b>Parâmetros</b>	<b>ESP</b>	<b>FW 15 imobilizada</b>	<b>FW 15 livre</b>
<b>%Sequestro de radical livre</b>	43,82a	38,07a	41,80a
<b>Fenólicos totais (mg EAG.100 mL<sup>-1</sup>)</b>	73,66a	62,66b	76,94a
<b>Antocianinas totais (mg.L<sup>-1</sup>)</b>	35,30a	43,30b	39,88ab

Médias seguidas pela mesma letra na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os polifenóis dos vinhos participam da intensidade da cor, da tonalidade e das características gustativas como a adstringência. Devido à grande reatividade química, eles exercem papel importante na qualidade em todas as etapas de elaboração, maceração, fermentação alcoólica, prensagem e maturação do vinho. Possuem também propriedades bactericidas, antioxidante, vitamínicas e protegem os consumidores de doenças cardiovasculares (PIZZATO, 2000).

Alimentos que possuem naturalmente em sua composição substâncias com caráter antioxidante, têm atraído o interesse da comunidade científica e dos consumidores que desejam obter hábitos de vida mais saudáveis, devido aos possíveis efeitos nutricionais e terapêuticos associados a seu consumo. É reconhecido que, além dos antioxidantes naturais exercerem papel fundamental na defesa endógena de plantas, sua inserção na alimentação proporciona proteção contra diversos eventos patológicos (RUFINO et al., 2009).

De acordo com os resultados encontrados, observa-se que não houve diferença significativa na atividade antioxidante total avaliada em % de sequestro de radical livre entre as bebidas fermentadas de framboesa. Já quanto ao teor de fenólicos totais, a bebida fermentada que foi inoculada com a levedura FW 15 imobilizada apresentou valor inferior ao das demais bebidas.

Tecchio (2007) avaliou o conteúdo de polifenóis totais de vinho tinto elaborados com uva da cultivar Bordô e encontrou valores entre 48,5 a 110,9 g EAG.L<sup>-1</sup>, valores superiores ao encontrados no presente estudo nas bebidas fermentadas de framboesa. Já Rizzon et al. (2000) observaram que os valores variaram entre 19,4 a 30,4 g EAG.L<sup>-1</sup> em vinhos produzidos com uva da cultivar Isabel, sendo estes valores inferiores aos encontrados nos vinhos de uva cv. Bordô, porém ainda bem superiores aos valores de fenólicos das bebidas aqui estudadas.

Comparando os valores de fenólicos totais encontrados nas bebidas fermentadas de framboesas com os valores da bebida fermentada de mirtilo (1,3 mg EAG.L<sup>-1</sup>) estudada por Sanchez-Moreno et al. (2003) pode-se afirmar que as bebidas produzidas por estes dois frutos apresentam conteúdo de fenólicos totais próximos.

Segundo Zhang et al. (2008), framboesas são frutos ricos em antocianinas, apresentando teor que varia de 30 a 54 mg.100g<sup>-1</sup>, sendo que as principais antocianinas contidas em framboesas vermelhas são a cianidina-3-glicosídeo e cianidina-3-soforosídeo (ANCOS et al., 1999). As antocianinas são os pigmentos que conferem coloração a diversos frutos, variando do vermelho ao negro, além de conferir benefícios à saúde.

As diversas condições do processamento do fruto interferem no conteúdo e na estabilidade das antocianinas. Processos de extração que adotam o esmagamento vigoroso aumentam a extração e difusão das antocianinas, porém sensorialmente esta técnica pode resultar em um produto mais adstringente e amargo. O valor de antocianinas também pode variar devido à região e época de cultivo dos frutos e manejo agrônômico. Rizzon et al. (2000) estudaram vinhos elaborados com uva cv. Isabel de diferentes safras, e observaram valores de antocianinas oscilando entre 97 a 265 mg.L<sup>-1</sup>.

Nas bebidas fermentadas de framboesa foram encontrados teores de antocianinas totais na faixa de 35 a 40 mg.L<sup>-1</sup>, valores baixos quando comparado a quantidade de antocianinas em vinho tinto de uva (RIZZON et al., 2000; TECCHIO et al., 2007).

Sanchez-Moreno, et al. (2003) estudaram o teor de antocianinas em fermentados de mirtilo e encontraram níveis variando de 14,7 a 170,17 mg.L<sup>-1</sup>. Já vinhos obtidos de uva cv. Bordô apresentaram teores muito superiores (493,1 a 878,4 mg.L<sup>-1</sup>) (TECCHIO et al.,2007) aos encontrados no fermentado de mirtilo citado acima e no fermentado de framboesa do presente trabalho.

#### 4 CONCLUSÃO

Nas condições estudadas conclui-se que:

- É possível adaptar técnicas normalmente empregadas na elaboração de vinho para desenvolver a metodologia empregada neste trabalho para a obtenção de bebida fermentada de framboesa, usando células de leveduras selecionadas livres e imobilizadas, bem como através da fermentação espontânea;
- Os três métodos de fermentação estudados proporcionam bebidas com parâmetros físico-químicos dentro do estabelecido pela legislação brasileira;
- A levedura FW 15 imobilizada apresenta melhor desempenho, considerando-se o rápido consumo dos açúcares no mosto e por finalizar a fermentação em menor tempo. Porém o processo de imobilização desta levedura mostra-se pouco viável, devido ao tempo gasto nesse procedimento;
- A bebida apresenta alto poder antioxidante, visto que a atividade antioxidante total (%SRL), fenólicos totais e antocianinas totais apresentam valores elevados;
- A produção de bebida fermentada de framboesa é uma alternativa de processamento e consumo deste fruto, mas ainda são necessários estudos relacionados à aceitação da bebida junto ao consumidor.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ALVES, J. A. **Características químicas, físico-químicas e sensoriais de bebida fermentada de lichia (*Litchi chinensis* Sonn).** 2009, 169 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.
- ALVES, J. A.; LIMA, L. C. de O.; NUNES, C. A.; DIAS, R. D.; SCHWAN, R. F. Chemical, Physical–Chemical, and Sensory Characteristics of Lychee (*Litchi chinensis* Sonn) Wines. **Journal of Food Science**, v. 76, n. 5, 2011.
- ANCOS, B. de; GONZALEZ, E.; CANO, M. P. Differentiation of raspberry varieties according to anthocyanin composition. **Zeitschrift fur Lebensmittel-Untersuchung Und-Forschung A-Food Research and Technology**, v. 208, n. 1, p. 33-38, 1999.
- ARAÚJO, K. G.L.; SABAA-SRUR, A. U. O.; RODRIGUES, F. S.; MANHÃES, L. R. T.; CANTO, M. W. do. Utilização de abacaxi (*Ananas comosus* L.) cv. Pérola e Smooth cayenne para a produção de vinhos - estudo da composição química e aceitabilidade. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 1, p. 56-61, jan.-mar. 2009.
- ARRUDA, A. R.; CASIMIRO, A. R. S. de; GARRUTE, D. dos S.; ABREU, F. A. P. de. Processamento de bebida fermentada de banana. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, , v. 34, n. 2, p. 161-167, 2003
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 17.ed. Washington, DC, 2000. 1410p.
- BEATTIE, J.; CROZIER, A.; DUTHIE, G.G. Potential health benefits of berries. **Current Nutrition & Food Science**, v. 1, p. 71-86, 2005.
- BLINDER, F.; VOGES, E.; LAUGEL, P. The problem of metanol concentration admissible in distilled fruit spirits. **Food Additives and Contaminants**, London, v. 5, n. 3, p. 343-351, jul./sep. 1988.
- BORTOLINI, F.; SANT'ANA, E. S.; TORRES, R. C. Comportamento das fermentações alcoólicas e acéticas de sucos de kiwi (*Actinidia deliciosa*): Composição dos mostos e métodos de fermentação acética. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 236-243, maio/ago. 2001.

BORZANI, W.; AQUARONI, E.; LIMA, U. A. **Engenharia bioquímica**. São Paulo: E. Blücher, 1983, v. 3, 285p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria n. 64, de 23 de abril de 2008**. Projeto de Instrução Normativa e Anexo, que aprovam os regulamentos técnicos para a fixação dos padrões de identidade e qualidade para as bebidas alcoólicas fermentadas. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. 24 abr. 2008.

BRASIL. **Lei n. 7678**, de 8 de outubro de 1988. Dispõe sobre a produção, circulação e comercialização do vinho e derivados da uva e do vinho, e dá outras providências. Brasília, DF: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1988. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/leis.asp?lei=7678>>. Acesso em: 22 nov. 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Laboratório Nacional de Referência Vegetal. **Metodologias de análises de bebidas e vinagres**. Brasília, DF, 1985. Não paginado.

CARDOSO, M. das G. **Produção de Aguardente de Cana**. Lavras: Editora UFLA, 2001.

CATALUÑA, E. **As uvas e os vinhos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Globo, 1988. 207p.

CORAZZA, M. L.; RODRIGUES, D G.; NOZAKI, J. Preparação e caracterização do vinho de laranja. **Química Nova**, São Paulo, v. 24, n. 4, p. 449-452, ago. 2001.

DEQUIN, S. The potential of genetic engineering for improving brewing, wine-making and baking yeasts. **Applied Microbiology and Biotechnology**. New York, v. 56, n. 5/6, p. 577-588, 2001.

DIAS, D. R.; SCHWAN, R. F.; FREIRE, E. S.; SERÓDIO, R. dos S. Elaboration of a fruit wine from cocoa (*Theobroma cacao L.*) pulp. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 42, p. 319-329, 2007.

DIAS, D. R.; SCHWAN, R. F.; LIMA, L.C.O. Metodologia para elaboração de fermentado de cajá (*Spondias mombim L.*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 3, p. 342-350, set-dez. 2003.

DUARTE, W. F.; DIAS, D. R.; OLIVEIRA, J. M.; VILANOVA, M.; TEIXEIRA, J. A.; SILVA, J. B. A. e; SCHWAN, R. F. Raspberry (*Rubus idaeus*

L.) wine: Yeast selection, sensory evaluation and instrumental analysis of volatile and other compounds. **Food Research International**. v 43. p. 2303-2314. 2010.

DUARTE, W. F.; DIAS, D. R.; PEREIRA, G. V. M.; GERVÁSIO, I. M.; SCHWAN, R. F. Indigenous and inoculated yeast fermentation of gabioba (*Campomanesia pubescens*) pulp for fruit wine production. **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**, 2009.

FERREIRA, D. F. **Sistemas para Análise de Variância para Dados (SISVAR)**. Lavras: UFLA, 1999.

GARDE-CERDÁN, T.; ANCÍN-AZPILICUETA, C. Contribution of wild yeasts to the formation of volatile compounds in inoculated wine fermentations. **European Food Research and Technology**, London, v. 222, p. 15-25, 2006.

GIUSTI, M. M.; WROLSTAD, R. E. **Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy**. In: WROLSTAD, R. E. Current protocols in food analytical chemistry. New York: John Wiley & Sons, 2001.

HAMDY, M. K.; DIM, K.; RUDTKE, C. A. Continuous ethanol production by yeast immobilized onto channeled alumina beads. **Biomass**, London, v. 21, n. 1, p. 189-206, mar. 1990.

HASHIZUME, T. Tecnologia do vinho. In: BORZANI, W.; AQUARONE, E.; LIMA, W. A. **Biotecnologia industrial: biotecnologia na produção de alimentos**. São Paulo: E. Blücher, 2001, v. 4, p. 21-48.

KAREL, S. F.; LIBICKI, S. B.; ROBERTSON, C. R. The immobilization of whole cells: Engineering principles. **Chemical Engineering Science**, New York, v. 40, n. 8, p. 1321-1354, 1985.

LEBEAU, T.; JOUENNE, T.; JUNTER, G. A. Diffusion of sugar and alcohols through composite membrane structures immobilizing viable yeast cells. **Enzyme and Microbial Technology**, New York, v. 22, n.6, p. 434-438, may 1998.

MARGARITIS, A.; MERCHANT, F. J. A. Advances in ethanol production using immobilized cell systems. **Critical Reviews in Biotechnology**, Boca Raton, v. 2, n. 4, p. 339-393, 1984.

MILLER, G. L. Use of dinirosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 31, n. 3, p. 426-428, mar. 1959.

OLIVEIRA, M. E. S.; PANTOJA, L.; DUARTE, W. F.; COLELLA, C. F.; VALARELLI, L. T.; SCHWAN, R. F.; DIAS, D. R. Fruit wine produced from cagaíta (*Eugenia dysenterica* DC) by both free and immobilised yeast cell fermentation. **Food Research International**, v. 44, p. 2391-2400, 2011.

OUGH, C. S. **Tratado básico de enología**. Traduzido por Concepción Llaguno Marchena e Maria doloretz Cabezudo Ibañes. Zaragoza: Acriba, 1996. 124p. título original: Winemaking basics.

PANTOJA, L.; MAEDA, R. N.; CARVALHO, S. M. S.; AGUIAR, J. P. L.; MONTEIRO, F. M.; LIMA, Q. A.; MENDONÇA JÚNIOR, F. G.; YUYAMA, L. K. O.; PEREIRA JÚNIOR, N. Aprovechamiento biotecnológico de la guanabana en la elaboración de bebidas alcohólicas fermentadas utilizando levadura inmovilizada en alginato de cálcio. **Brazilian Journal of Food Technology**, special issue V Sipal, p.96–102, 2005.

PATO, O. **O vinho: Sua preparação e conservação**. 7 ed. Lisboa: Livraria Clássica Editora, 1982. 433p. (Coleção Técnica Agrária).  
PARK, T. G.; HOFFMAN, A. S. Immobilization of *Arthrobacter simplex* in athermally reversible hydrogel: effect of temperature cycling on steroid conversion. **Biotechnology & Bioengineering**, New York, v. 35, n. 2, p. 152-159, jan. 1990.

PIZZATO, E. **Caracterização Analítica e Sensorial de Vinhos elaborados no Vale do São Francisco**. Bento Gonçalves, 2000.

PLESSI, M.; BERTELLI, D.; ALBASINI, A. Distribution of metals and phenolics compounds as a criterion to evaluate variety of berries and related jams. **Food Chemistry**, v. 100, p.419-427, 2007.

RIZZON, L. A.; MIELE, A.; MENEGUZZO, J. Avaliação de uva cv. Isabel para a elaboração de vinho tinto. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 1, Campinas, 2000.

RIZZON, L.A.; ZANUS, M.C.; MANFREDINI, S. **Como elaborar vinho de qualidade na pequena propriedade**. 3 ed. Bento Gonçalves: Embrapa-CNPUV, 1996. 36p. (Embrapa-CNPUV. Documentos, 12).

RIZZON, L.A.; ZANUS, M.C.; MANFREDINI, S. **Como elaborar vinho de qualidade na pequena propriedade**. Bento Gonçalves: Embrapa- CNPUV, 1994. 36p. (Embrapa-CNPUV. Documentos, 12).

ROSIER, J. P. **Manual de elaboração de vinho para pequenas continas**. Videira: EPAGRI, 1993. 72 p.

RUFINO, M.S.M.; ALVES, R.E.; MORAIS, S.M.; SAMPAIO, C.G.; PEREZ-JIMENEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.D. Metodologia científica: Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. **Comunicado Técnico Embrapa**. SSN 1679 6535, jul 2007, Fortaleza, CE.

RUFINO, M. S. M.; FERNANDES, F. A. N.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S. Free radical-scavenging behaviour of some North-east Brazilian fruits in a DPPH system. **Food Chemistry**, Columbus, v. 114, n. 2, p. 693-695, 2009.

SANCHES-MORENO, C.; CAO, G.; OU, B.; PRIOR, R. L. Anthocyanin and proanthocyanin content in selected white and red wines. Oxygen radical absorbance capacity comparison with nontraditional wines obtained from highbush blueberry. **Journal of agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 4889-4896, 2003.

TALCOTT, S. T. Chemical components of berry fruits. In: Zhao, Y. (Ed.) **Berry Fruit: value-added products for health promotion**, CRC press – Taylor & Francis Group, New York, USA, p. 51-72, 2007.

TECCHIO, F. M. **Características físico-química e sensoriais do vinho Bordô de Flores da Cunha**, Centro Federal de Educação Tecnológica de Bento Gonçalves, ago. 2007, 97p.

TORRES NETO, A. B. T.; SILVA, M. E.; SILVA, W. B.; SWARNAKAR, R.; SILVA, F. L. H. Cinética e caracterização físico-química do fermentado do pseudofruto do caju (*Anacardium occidentale* L.). **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 3, p. 489-492, 2006.

VOGT, E.; JAKOB, L.; LEMPERLE, E. **El vino: obtención, elaboración y análisis**. 2ed. Zagoza: Acriba, 1986. 294p.

WATERHOUSE, A. L. **Determination of total phenolics**. In: Current protocols in food analytical chemistry, Supplement 6, Unit 11.1.1 – 11.1.8. Wiley, New York, 2002.

ZHANG, Y.; LIAO, X.; CHEN, F.; WU, J.; HU, X. Isolation, identification, and color characterization of cyanidin-3-glucoside and cyanidin-3-sophoroside from red raspberry. **European Food Research and Technology**, London, v. 403, p. 226-395, 2008.

ZOECKLEIN, B. W.; FUGELSANG, K. C.; GUMP, B. H.; NURY, F. S.  
**Análisis y producción de vino.** Zaragoza: Acribia, 2001, 621p.

## ANEXOS

TABELA 1	Resumo da análise de variância para perda de massa de framboesas submetidas a diferentes doses de 1-MCP e armazenadas por 12 dias a 1°C e 95% de UR..	152
TABELA 2	Resumo da análise de variância para sólidos solúveis totais e açúcares solúveis totais de framboesas submetidas a diferentes doses de 1-MCP e armazenadas por 12 dias a 1°C e 95% de UR.....	152
TABELA 3	Resumo da análise de variância para pH e acidez titulável de framboesas submetidas a diferentes doses de 1-MCP e armazenadas por 12 dias a 1°C e 95% de UR.....	153
TABELA 4	Resumo da análise de variância para firmeza e % de solubilidade de framboesas submetidas a diferentes doses de 1-MCP e armazenadas por 12 dias a 1°C e 95% de UR.....	153
TABELA 5	Resumo da análise de variância para vitamina C, atividade antioxidante total e fenólicos totais de framboesas submetidas a diferentes doses de 1-MCP e armazenadas por 12 dias a 1°C e 95% de UR.....	154
TABELA 6	Resumo da análise de variância para perda de massa de framboesas submetidas a diferentes doses irradiação e armazenadas por 12 dias a 1°C e 95% de UR.....	154
TABELA 7	Resumo da análise de variância para sólidos solúveis totais e açúcares solúveis totais de framboesas submetidas a diferentes doses irradiação e armazenadas por 12 dias a 1°C e 95% de UR.....	155
TABELA 8	Resumo da análise de variância para pH e acidez titulável de framboesas submetidas a diferentes doses irradiação e armazenadas por 12 dias a 1°C e 95% de UR.....	155
TABELA 9	Resumo da análise de variância para firmeza, pectina solúvel e % de solubilidade de framboesas submetidas a diferentes doses irradiação e armazenadas por 12 dias a 1°C e 95% de UR.....	156
TABELA 10	Resumo da análise de variância para vitamina C, atividade antioxidante total e fenólicos totais de	

	framboesas submetidas a diferentes doses irradiação e armazenadas por 12 dias a 1°C e 95% de UR.....	156
TABELA 11	Resumo da análise de variância para fungos filamentosos e leveduras de framboesas submetidas a diferentes doses de irradiação e armazenadas por 12 dias a 1°C e 95% de UR.....	157
TABELA 12	Resumo da análise de variância para pH e acidez (total, volátil e fixa) entre as bebidas fermentadas de framboesa.....	157
TABELA 13	Resumo da análise de variância para sólidos solúveis totais e açúcares redutores totais entre as bebidas fermentadas de framboesa.....	158
TABELA 14	Resumo da análise de variância para teor alcoólico, extrato seco e metanol entre as bebidas fermentadas de framboesa.....	158
TABELA 15	Resumo da análise de variância para atividade antioxidante total, fenólicos totais e antocianinas totais entre as bebidas fermentadas de framboesa.....	159

TABELA 1: Resumo da análise de variância para perda de massa de framboesas submetidas a diferentes doses de 1-MCP e armazenadas por 12 dias a 1°C e 95% de UR

FV	GL	Níveis de significância
Doses (1-MCP)	3	0,0*
Tempo	4	0,0*
Tratamento*Tempo	12	0,0*
Erro	40	
Total corrigido	59	
CV (%)		2.23
Média Geral		1.35

ns, \* indicam valores do teste F não significativo e significativo ao valor nominal de 5%, respectivamente.

TABELA 2: Resumo da análise de variância para sólidos solúveis totais e açúcares solúveis totais de framboesas submetidas a diferentes doses de 1-MCP e armazenadas por 12 dias a 1°C e 95% de UR

FV	GL	Níveis de significância	
		SST	AST
Doses (1-MCP)	3	0,9228ns	0.2235ns
Tempo	4	0,0189*	0,0*
Tratamento*Tempo	12	0,2793ns	0,0616ns
Erro	40		
Total corrigido	59		
CV (%)		10,03	16,09
Média Geral		6.43	3,19

ns, \* indicam valores do teste F não significativo e significativo ao valor nominal de 5%, respectivamente.

TABELA 3: Resumo da análise de variância para pH e acidez titulável de framboesas submetidas a diferentes doses de 1-MCP e armazenadas por 12 dias a 1°C e 95% de UR.

FV	GL	Níveis de significância	
		pH	acidez
Doses (1-MCP)	3	0,3458ns	0.9097ns
Tempo	4	0,0*	0,0*
Tratamento*Tempo	12	0,8057ns	0,1894ns
Erro	40		
Total corrigido	59		
CV (%)		3,28	7,05
Média Geral		3,48	2,32

ns, \* indicam valores do teste F não significativo e significativo ao valor nominal de 5%, respectivamente.

TABELA 4: Resumo da análise de variância para firmeza e % de solubilidade de framboesas submetidas a diferentes doses de 1-MCP e armazenadas por 12 dias a 1°C e 95% de UR

FV	GL	Níveis de significância	
		firmeza	% de solubilidade
Doses (1-MCP)	3	0,0*	0,0*
Tempo	4	0,0*	0,0*
Tratamento*Tempo	12	0,0*	0,0*
Erro	40		
Total corrigido	59		
CV (%)		1,08	11,25
Média Geral		0,86	30,36

ns, \* indicam valores do teste F não significativo e significativo ao valor nominal de 5%, respectivamente.

TABELA 5: Resumo da análise de variância para vitamina C, atividade antioxidante total e fenólicos totais de framboesas submetidas a diferentes doses de 1-MCP e armazenadas por 12 dias a 1°C e 95% de UR

FV	GL	Níveis de significância		
		vit C	ATT	FT
Doses (1-MCP)	3	0,0*	1,14ns	0,0009*
Tempo	4	0,0*	0,0*	0,0*
Tratamento*Tempo	12	0,0*	0,0*	0,0014*
Erro	40			
Total corrigido	59			
CV (%)		7,3	5,34	12,10
Média Geral		27,54	46,5	126,116

ns, \* indicam valores do teste F não significativo e significativo ao valor nominal de 5%, respectivamente.

TABELA 6: Resumo da análise de variância para perda de massa de framboesas submetidas a diferentes doses irradiação e armazenadas por 12 dias a 1°C e 95% de UR

FV	GL	Níveis de significância	
Doses (irradiação)	3	0,0*	
Tempo	4	0,0*	
Tratamento*Tempo	12	0,0*	
Erro	40		
Total corrigido	59		
CV (%)		2,35	
Média Geral		1,26	

ns, \* indicam valores do teste F não significativo e significativo ao valor nominal de 5%, respectivamente.

TABELA 7: Resumo da análise de variância para sólidos solúveis totais e açúcares solúveis totais de framboesas submetidas a diferentes doses irradiação e armazenadas por 12 dias a 1°C e 95% de UR

FV	GL	Níveis de significância	
		SST	AST
Doses (irradiação)	3	0,9441ns	0,0*
Tempo	4	0,2155ns	0,0*
Tratamento*Tempo	12	0,3840ns	0,0014ns
Erro	40		
Total corrigido	59		
CV (%)		10,78	10,37
Média Geral		6,45	3,46

ns, \* indicam valores do teste F não significativo e significativo ao valor nominal de 5%, respectivamente.

TABELA 8: Resumo da análise de variância para pH e acidez titulável de framboesas submetidas a diferentes doses irradiação e armazenadas por 12 dias a 1°C e 95% de UR

FV	GL	Níveis de significância	
		pH	acidez
Doses (irradiação)	3	0,0567ns	0,6359ns
Tempo	4	0,0028*	0,0005*
Tratamento*Tempo	12	0,1138ns	0,1101ns
Erro	40		
Total corrigido	59		
CV (%)		4,61	5,86
Média Geral		3,55	2,32

ns, \* indicam valores do teste F não significativo e significativo ao valor nominal de 5%, respectivamente.

TABELA 9: Resumo da análise de variância para firmeza, pectina solúvel e % de solubilidade de framboesas submetidas a diferentes doses irradiação e armazenadas por 12 dias a 1°C e 95% de UR

FV	GL	Níveis de significância		
		firmeza	PS solubilidade	% de
Doses (irradiação)	3	0,0*	0,4581ns	0,2212ns
Tempo	4	0,0*	0,0*	0,0*
Tratamento*Tempo	12	0,0*	0,7623ns	0,2324ns
Erro	40			
Total corrigido	59			
CV (%)		0,68	16,58	16,79
Média Geral		0,099	330,4	28,04

ns, \* indicam valores do teste F não significativo e significativo ao valor nominal de 5%, respectivamente.

TABELA 10: Resumo da análise de variância para vitamina C, atividade antioxidante total e fenólicos totais de framboesas submetidas a diferentes doses irradiação e armazenadas por 12 dias a 1°C e 95% de UR

FV	GL	Níveis de significância		
		vit C	ATT	FT
Doses (irradiação)	3	0,0009*	0,0*	0,0022*
Tempo	4	0,0*	0,0*	0,0*
Tratamento*Tempo	12	0,0*	0,0*	0,0*
Erro	40			
Total corrigido	59			
CV (%)		6,55	4,51	5,54
Média Geral		26,36	46,5	122,77

ns, \* indicam valores do teste F não significativo e significativo ao valor nominal de 5%, respectivamente.

TABELA 11: Resumo da análise de variância para fungos filamentosos e leveduras de framboesas submetidas a diferentes doses de irradiação e armazenadas por 12 dias a 1°C e 95% de UR

FV	GL	Níveis de significância
Doses (irradiação)	3	0,0*
Tempo	4	0,0*
Tratamento*Tempo	12	0,0*
Erro	40	
Total corrigido	59	
CV (%)		0,35
Média Geral		83488,2

ns, \* indicam valores do teste F não significativo e significativo ao valor nominal de 5%, respectivamente.

TABELA 12: Resumo da análise de variância para pH e acidez (total, volátil e fixa) entre as bebidas fermentadas de framboesa

FV	GL	Níveis de significâncias			
		pH	acidez total	acidez volátil	acidez fixa
Levedura	2	0,0*	0,051ns	0,0001*	0,0145ns
Erro	6				
Total corrigido	8				
CV (%)		0,6	2,33	4,25	2,29
Média Geral		3,66	123,89	6,19	117,69

ns, \* indicam valores do teste F não significativo e significativo ao valor nominal de 5%, respectivamente.

TABELA 13: Resumo da análise de variância para sólidos solúveis totais e açúcares redutores totais entre as bebidas fermentadas de framboesa

FV	GL	Níveis de significância	
		SST	ART
Levedura	2	0,0*	0,0005*
Erro Total	6		
corrigido	8		
CV(%)		1,68	5,64
Média Geral		5,95	9,44

ns, \* indicam valores do teste F não significativo e significativo ao valor nominal de 5%, respectivamente.

TABELA 14: Resumo da análise de variância para teor alcoólico, extrato seco e metanol entre as bebidas fermentadas de framboesa

FV	GL	Níveis de significância		
		°GL	ES	Metanol
Levedura	2	0,7266ns	0,1373ns	0,0*
Erro Total	6			
corrigido	8			
CV(%)		0,8	12,08	0,31
Média Geral		7,96	29,48	0,24

ns, \* indicam valores do teste F não significativo e significativo ao valor nominal de 5%, respectivamente.

TABELA 15: Resumo da análise de variância para atividade antioxidante total, fenólicos totais e antocianinas totais entre as bebidas fermentadas de framboesa

		Níveis de significância		
FV	GL	AAT	FT	AT
Levedura	2	0,2199ns	0,0002*	0,0058*
Erro Total corrigido	6			
	8			
CV(%)		8,74	2,51	4,75
Média Geral		41,23	71,089	39,49

ns, \* indicam valores do teste F não significativo e significativo ao valor nominal de 5%, respectivamente.