

**DETERMINAÇÃO DA VIDA-DE-
PRATELEIRA POR TESTES ACELERADOS
DE DOCE EM MASSA DE BANANA CV.
PRATA**

GLÊNARA APARECIDA DE SOUZA MARTINS

2009

GLÊNÐARA APARECIDA DE SOUZA MARTINS

**DETERMINAÇÃO DA VIDA-DE-PRATELEIRA POR TESTES
ACELERADOS DE DOCE EM MASSA DE BANANA CV. PRATA**

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

Orientadora

Prof^ª. Fabiana Queiroz Ferrua

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2009

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

Martins, Glêndara Aparecida de Souza.

Determinação da vida-de-prateleira por testes acelerados de
doce em massa de banana c.v. Prata / Glêndara Aparecida de Souza
Martins. – Lavras : UFLA, 2009.

92 p. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2009.

Orientador: Fabiana Queiroz Ferrua.

Bibliografia.

1. Doce de massa. 2. Banana prata. 3. Vida-de-prateleira. I.
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 664.804772

GLÊNÐARA APARECIDA DE SOUZA MARTINS

**DETERMINAÇÃO DA VIDA-DE-PRATELEIRA POR TESTES
ACELERADOS DE DOCE EM MASSA DE BANANA CV. PRATA**

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

APROVADA em 15 de junho de 2009.

Profª. Dra Soraia Vilela Borges UFLA

Prof. Dr. João de Deus de Souza Carneiro UFLA

Profª. Dra. Celeste Maria Patto de Abreu UFLA

Prof. Dra. Fabiana Queiroz Ferrua
UFLA
(Orientadora)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

Ao meu avô Elis e minha avó Maria que me acompanharam por toda a vida me amando incondicionalmente, sendo exemplos de fé e união.

Ao meu pai Silvio e a minha mãe Joana, que a cada dia me ensinaram o valor do conhecimento, da honestidade e da humildade, respeitando minhas escolhas e sendo grandes responsáveis por cada vitória.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos aqueles que de alguma forma colaboraram para a realização deste trabalho, em especial:

À professora Dr^a. Fabiana Queiroz Ferrua, pela oportunidade, orientação e compreensão, ampliando meu conhecimento.

À professora Dra. Soraia Vilela Borges pelo apoio e oportunidade de crescimento.

Aos professores Dr. João de Deus Souza Carneiro, Dr^a. Ana Carla Marques Pinheiro, Dr. Celeste Maria Patto de Abreu pela participação na banca examinadora.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, pela cooperação e ensinamentos.

A meus pais Silvio e Joana e ao meu irmão Gabriel pelo carinho e coragem pra enfrentar essa caminhada, bem como por acreditarem que eu seria capaz de cumprir esse desafio.

Ao meu avô Pedro pelo carinho e confiança.

À meu avô Elis, exemplo de humildade e à minha avó Maria, que hoje não está entre nós, fisicamente, mas que deixou em meu coração o valor do amor, do respeito e a alegria de ser sua neta.

Ao sempre professor e amigo Thiago que me incentivou e acreditou em meu potencial a cada momento desse mestrado.

À Márcia minha amiga e companheira de estadia em Lavras, durante os feriados prolongados quando a distância não nos permitia ir pra casa. Agradeço também ao Johnson.

À minhas amigas, Roselene, Margareth, Carla e Marcielle, pelo carinho e força nos momentos difíceis.

Às minhas companheiras de batalha, Bárbara e Cynthia, sem as quais, certamente, seria mais difícil chegar até aqui.

Às estagiárias, Karina, Christiane e a Camila, pelo apoio nas análises.

Aos funcionários e técnicos dos Laboratórios do departamento de Ciência dos Alimentos pelo auxílio.

Aos colegas de Laboratório e mestrado, pela ajuda e amizade.

Às parceiras de república, Adriene, Cynthia e Fernanda, pela amizade e momentos de descontração.

Ao meu esposo, Warley, pela paciência, carinho, compreensão e incentivo, sendo um companheiro importante na conquista de mais esta vitória, bem como toda sua família.

Aos amigos distantes, mas que de alguma forma estão sempre presentes em minha vida.

Aos demais familiares, pelos conselhos e carinho.

Ao CNPQ e a FAPEMIG, pelo apoio financeiro.

SUMÁRIO

RESUMO GERAL.....	i
GENERAL ABSTRACT.....	ii
CAPITULO 1.....	01
1 Introdução Geral.....	02
2 Referencial Teórico.....	04
3 Referências Bibliográficas.....	25
CAPÍTULO 2: Acompanhamento da vida-de-prateleira do doce em massa de banana prata: análises físicas, físico-químicas e sensoriais.....	32
1 Resumo.....	33
2 Abstract.....	34
3 Introdução.....	35
4 Material e Métodos.....	37
4.1 Processamento dos Doces em Massa de Banana Prata.....	37
4.2 Planejamento Experimental.....	39
4.3 Acompanhamento da vida-de-prateleira das amostras: Análises Físico-químicas e Microbiológicas.....	39
4.4 Análise Estatística.....	42
4.3 Acompanhamento da vida-de-prateleira das amostras: Análise Sensorial.....	42
5 Resultados e Discussão.....	43
5.1 Caracterização da Polpa de Banana.....	43
5.2 Acompanhamento da vida-de-prateleira das amostras: Análises Físico-químicas e Microbiológicas.....	45
5.3 Acompanhamento da vida-de-prateleira das amostras: Análise Sensorial.....	60
6 Conclusões.....	64
7 Referências Bibliográficas.....	65
CAPÍTULO 3: Determinação da vida-de-prateleira por testes acelerados.....	71
1 Resumo.....	72
2 Abstract.....	73
3 Introdução.....	74
4 Material e Métodos.....	77
4.1 Testes Acelerados.....	77

5 Resultados e Discussão.....	79
6 Conclusões.....	89
7 Referências Bibliográficas.....	90

RESUMO GERAL

MARTINS, Glêndara Aparecida de Souza. **Determinação da vida-de-prateleira por testes acelerados de doce em massa de banana cv. prata.** 2009. 92p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

Originária do Sudoeste da Ásia a banana é uma das frutas tropicais mais consumidas no mundo, sendo diversos os produtos que podem ser obtidos dessa matéria prima, dentre eles encontra-se o doce em massa que é considerado um ramo promissor para a indústria de alimentos, no entanto sua produção ainda apresenta-se artesanal o que exige estudos de técnicas de produção e conservação bem como de vida-de-prateleira deste produto. Este trabalho tem por objetivo a determinação da vida-de-prateleira por testes acelerados de doce em massa de banana cv. prata com e sem a adição de sorbato de potássio. Foram realizadas análises de pH, acidez titulável, sólidos solúveis, açúcares totais, redutores e não redutores, cor, textura, umidade, atividade de água, microbiológicas e sensoriais durante 165 dias de armazenamento. Os resultados experimentais mostraram que os doces se mantiveram microbiologicamente estáveis durante o tempo de armazenamento. Apesar do tempo e da temperatura terem provocado alterações nas variáveis físicas e físico-químicas objetivas não foi possível ajustar o efeito da temperatura na constante de velocidade de reação de ordem zero ao modelo de Arrhenius. Através da análise sensorial pode-se determinar a adequação das reações ao modelo de ordem zero, bem como o tempo médio estimado de vida útil de 85 dias à 40°C, 127 dias à 30°C e 193 dias à 20°C para o doce em massa de banana com adição de sorbato de potássio e de 125, 163 e 213 dias para o doce em massa de banana sem adição do conservante quando armazenado à 40°C, 30°C e 20°C, respectivamente.

Comitê Orientador: Fabiana Queiroz Ferrua - UFLA (Orientadora) e Soraia Vilela Borges - UFLA

GENERAL ABSTRACT

MARTINS, Glêndara Aparecida de Souza. **Determination of shelf life by accelerated tests in banana preserves cv. prata**. 2009. 92p. Dissertation (Mester in Food Science)- Federal University of Federal de Lavras, Lavras, MG.*

Originally from Southeast Asia to the banana is a tropical fruit more consumed in the world, with several products that can be obtained from the raw material, among them is the banana preserves is considered a promising field for food industry, however its production still presents itself craft which requires study of farming and conservation as well as shelf-life of this product. This work aims at determining the shelf-life by accelerated testing of banana preserves with and without the addition of potassium sorbate. Were analyzed for pH, acidity, soluble solids, total, reducing and not reducing sugars, color, texture, moisture, water activity, microbiological and sensory over 165 days of storage. The experimental results showed that the candies were microbiologically stable during the storage time. Despite the time and temperature have caused changes in physical and physicochemical objective was not possible to adjust the effect of temperature on speed constant of reaction of zero order of the Arrhenius model. Through sensory evaluation may be to determine the appropriateness of reactions to the model of order zero, and the average estimated life of 85 days at 40 °C, 127 days at 30 °C and 193 days at 20°C for the banana preserves with addition of potassium sorbate and 125, 163 and 213 days for the banana preserves without addition of preservative when stored at 40 °C, 30 °C and 20 °C, respectively.

Guidance Committee: Fabiana Queiroz Ferrua - UFLA (Marjor Professor) and Soraia Vilela Borges - UFLA

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

Na comercialização de produtos “in natura”, ocorrem danos durante o transporte, afetando a qualidade do produto (produtos amassados, formatos irregulares, partes apodrecidas, dentre outros defeitos), os quais podem ser aproveitados, sob a forma de doces em massa. Estes produtos, conforme a embalagem e condições de processamento, tem uma vida útil que pode variar de 6 meses a 1 ano, a qual pode ser prolongada pela a adição de ácido sórbico e seus sais, em pH ácido (Tfouni & Toledo, 2002).

Doces em massa e doces em barra são caracterizados como doces de "periferia", de baixo valor unitário e com distribuição pulverizada. Assim, recomenda-se investir na qualidade e estabilidade do produto como uma das formas de incrementar o setor agroindustrial no ramo de frutas (Mori et al., 1998).

A banana cv. prata constitui-se uma importante fruta, não apenas por seu elevado valor nutritivo, com excelente aceitação para o consumo in natura e grande aplicação industrial, como também porque pode se desenvolver e produzir satisfatoriamente mesmo em condições adversas; motivo pelo qual está entre as frutas com as melhores perspectivas econômicas nas regiões onde é cultivada.

A bananada ou doce em massa de banana é o produto resultante do processamento das partes comestíveis de bananas, desintegradas, com adição de açúcares, com ou sem adição de água, agentes geleificantes, ajustadores de pH e de outros ingredientes e aditivos permitidos, até consistência apropriada, sendo termicamente processada e acondicionada de modo a assegurar a sua perfeita conservação, devendo ter cor normal característica do produto, aspecto gelatinoso e sólido permitindo o corte (Jackix, 1988).

Para o lançamento de um produto no mercado é necessário o conhecimento da sua vida-de-prateleira, o que limita a determinação experimental em grandes intervalos de tempo, para esses casos a aplicação de testes acelerados de vida útil permite estimar a vida-de-prateleira do produto de interesse, além de viabilizar o desenvolvimento de modelos matemáticos para a previsão de vida útil em diferentes condições de armazenamento (Vitali et al., 2004).

Dessa forma, conduziu-se este estudo, com o objetivo de determinar a vida-de-prateleira de doce em massa de banana prata com e sem a adição de sorbato de potássio através de testes acelerados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Banana

Originária do Sudoeste da Ásia a banana é uma das frutas tropicais mais consumidas no mundo. A produção mundial de banana é de aproximadamente 71,8 milhões de t/ano. Segundo Macedo (2008) a Índia ocupa o primeiro lugar com 13,9 milhões de t/ano, em segundo lugar encontra-se o Equador com 6,8 milhões de t/ano e em terceiro lugar encontra-se o Brasil com 7,2 milhões de t/ano. A cultura da banana está distribuída por todo o território brasileiro. Os principais estados produtores dessa fruta são Rio Grande do Norte, São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Paraíba, Sergipe, Minas Gerais, Bahia, Piauí e Pará. As espécies de banana mais cultivadas são *Musa sapientum*, cultivar prata; e *Musa Cabendishii*, cultivares nanica e nanicão (Macedo, 2008).

A produtividade média de banana, no Brasil, é baixa para uma cultura, cujo potencial produtivo pode chegar a 50 t/ha ou mais, sendo que o baixo rendimento médio brasileiro pode ser associado, entre outros fatores, às propriedades onde a cultura é desenvolvida, pois são caracterizadas pelo emprego de mão-de-obra familiar, capital disponível reduzido para investimentos e o deficiente grau de utilização das tecnologias de produção e manejo pós-colheita (Fioravanço, 2003).

O comércio internacional de banana é um objeto de conflito na Organização Mundial do Comércio (OMC) entre a União Europeia e os países produtores da América, em razão dos acordos preferenciais (quotas e redução de direitos de alfândega) que vinculavam este último aos países ditos ACP (África-Caribe-Pacífico) (General Public License-GNU, 2008).

Atualmente, a importância da banana como fonte alimentar em regiões tropicais não pode ser subestimada. Em Uganda, por exemplo, o consumo anual per capita foi, em média, 243 kg em 1996, e entre 100 e 200 kg em Ruanda,

Gabão e Camarões. Nestes países, as bananas representam entre 12% e 27% do consumo diário de calorias da população. Os principais países produtores na América Latina são Brasil, Colômbia, Equador, Venezuela, Honduras, México; na Ásia são, Índia, Filipinas, Indonésia, Tailândia, Vietnam, China; na África são Burundi e Tanzânia (Arias et al., 2003; GNU, 2008).

A banana é um alimento altamente energético (cerca de 100 calorias por 100 g de polpa), cujos hidratos de carbono (aproximadamente 22%) são facilmente assimiláveis. Embora pobre em proteínas e lipídeos, seus valores superam os da maçã, pêra, cereja e pêssego (Medina, 1985). O fruto maduro é basicamente composto de 70% de água, 1,2% de proteína, 27% de carboidrato rico em fósforo, além de apresentar teores de cálcio, ferro, fósforo, magnésio, potássio, sódio, vitaminas A, B1, B2 e C (Tabela 1).

TABELA 1 Composição da banana madura

Componente	Banana Prata	Componente	Banana prata
Cálcio (mg)	15,0	Vitamina A (g)	10,0
Ferro (mg)	0,2	Vitamina B1 (g)	92,0
Fósforo (mg)	26,0	Vitamina B2 (g)	103,0
Magnésio (mg)	35,0	Vitamina C (mg)	17,3
Potássio (mg)	370,0	Calorias (kcal)	89
Sódio (mg)	1,0	Lipídios (g)	0,3

Fonte: Folegatti & Matsuura (2004) e Jesus et al. (2005)

A composição da banana é influenciada pela origem da fruta, variedade e instrumentação utilizada para análise, bem como o grau de maturação do fruto (Lima et al., 2000).

Durante o amadurecimento da banana, a principal transformação que ocorre é a degradação do amido em açúcares redutores pela ação das amilases.

Na polpa da banana madura os principais açúcares encontrados são glicose, frutose e sacarose (Medina, 1985). No fruto verde encontram-se teores de amido variando entre 22,8% e 25,92%, enquanto no fruto maduro esse teor se reduz a valores entre 2,3% a 3,4% (Rossignoli, 1983). Alguns autores relatam teores maiores de amido na banana madura, obtendo, em seus experimentos, valores superiores à 4%, no entanto todos observaram uma tendência à redução desses teores durante o armazenamento (Mota et al., 1997; Silva et al., 2006).

No que se refere à qualidade da fruta, o grande problema da bananicultura brasileira, consiste no manejo do produto a partir de sua colheita: transportes, embalagem, climatização, manuseio e na própria residência do consumidor. A falta de cuidados no manejo pós-colheita é responsável pela desvalorização da banana *in natura* no mercado interno e pela perda de oportunidade de exportação da fruta brasileira (Lichtemberg, 1999), sendo que dentre os parâmetros mais utilizados para avaliar a qualidade pós-colheita da banana estão o pH, acidez titulável, sólidos solúveis, açúcares redutores e não-redutores (Chitarra & Chitarra, 1990).

A industrialização da banana pode representar uma opção no aproveitamento de excedentes de produção e de frutos fora dos padrões de qualidade para consumo *in natura*, embora sem o comprometimento da qualidade da polpa (Jesus et al., 2005).

O processamento de bananas para obtenção de produtos elaborados tem sido direcionado, em sua maioria, para passas, purê, néctar, geleia e doces em massa. Para a produção de doce em massa é ideal que o fruto esteja maduro, onde o grau de coloração da casca esteja, na escala de notas descrita por Soto-Ballestro (1992), entre 6 (totalmente amarela com pontas verdes) e 7 (amarelo com manchas marrons), pois o amadurecimento provoca um aumento no teor de sólidos solúveis e na concentração de açúcares predominantemente redutores, o

que, de acordo com Jackix (1988), são fatores contribuintes para evitar a cristalização e definir o ponto de corte.

2.2 Doce em massa

A Resolução RDC n.º 272, de 22 de setembro 2005 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária-ANVISA (2005) define produto de frutas e de vegetais, sendo o doce de banana em massa um produto elaborado a partir de frutas. A resolução descreve, ainda, que o processo deve ser realizado a partir de frutas, inteiras ou em partes e ou sementes, obtidos por cocção e ou concentração e ou outros processos tecnológicos considerados seguros para a produção de alimentos. Podendo ser apresentados com ou sem a adição de açúcar e ou outro ingrediente desde que não descaracterize o produto.

As matérias-primas necessárias à elaboração do doce em massa são: fruta, pectina, ácido, açúcar e água. As frutas contribuem com o sabor, aroma e cor, enquanto a pectina dá consistência gelatinosa ao doce. O açúcar, além de adoçar, contribui na formação do gel e o ácido promove o nível de acidez necessária para que ocorra a geleificação, realçando, também, o aroma natural da fruta.

A legislação brasileira de alimentos classifica os doces em massa de acordo com o vegetal utilizado e quanto à sua consistência (Torrezan, 2003).

Quanto ao vegetal empregado pode ser classificado em:

- simples: quando preparado com uma única espécie vegetal
- misto: quando preparado a partir de mais de uma espécie vegetal.

Quando avaliada a consistência os doces podem ser classificados em:

- cremoso: quando apresenta pasta homogênea e consistência mole que não oferece resistência e nem possibilidade de corte.
- massa, quando apresenta pasta homogênea e consistência que possibilite o corte.

Segundo Ferraz et al. (2002) a produção de doce em massa ainda é baseada em métodos tradicionais e muitas vezes, rudimentares, sendo esta considerada um ramo de atividade promissor desde que haja investimentos para melhorar a qualidade de tais produtos.

Dentre os estados brasileiros, Minas Gerais apresenta forte presença de agroindústrias produtoras de doces em diversas cidades (Figura 1), sendo que em torno de 78,8% da banana industrializada no estado é destinada para a fabricação de doce em massa.

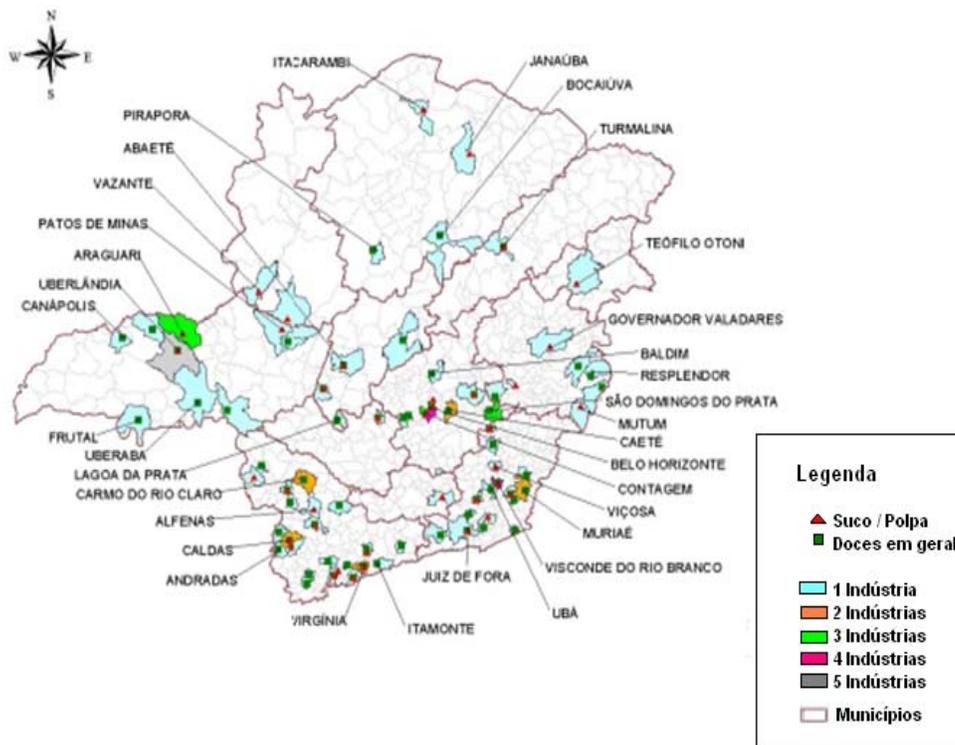


FIGURA 1 Mapeamento da agroindústria de frutas em Minas Gerais.

2.3 Influência das variáveis físico-químicas nas características do doce em massa.

Para estabelecer um padrão de identidade e qualidade de doces em massa são necessárias algumas considerações relacionadas ao processo de elaboração.

Sólidos Solúveis

O teor de sólidos solúveis é um parâmetro que tem sido usado como indicador da qualidade dos frutos, sendo de grande importância nos frutos, tanto para o consumo "in natura" como para o processamento industrial, visto que elevados teores desses constituintes na matéria-prima implicam menor adição de açúcares, menor tempo de evaporação da água, menor gasto de energia e maior rendimento do produto, resultando em maior economia no processamento (Pinheiro et al., 1984).

No processamento de doce em massa a concentração de sólidos solúveis é um fator determinante devendo ser superior a 70 °Brix para doce de corte, podendo afetar entre outras características, a cor, a textura e o sabor do produto final (Policarpo et al., 2003). A alta concentração de sólidos solúveis provoca redução na umidade do doce em massa permitindo fácil corte, no entanto, o sabor mais acentuado da fruta é observado em amostras de doce com teores de sólidos solúveis em torno de 51 °Brix, porém, os autores recomendam estudos mais aprofundados visando uma melhora na consistência das amostras (Barcia et al., 2006) .

Formação de gel

A formação do gel ou a geleificação é um fenômeno coloidal dependente da concentração e tipo de pectina, do teor de íons hidrogênio (pH) e da quantidade de açúcar (Soler, 1991).

No substrato ácido da fruta, a pectina é um coloide que contém cargas negativas. A adição de açúcar a esse substrato influencia o equilíbrio entre a

pectina e a água, desestabilizando a pectina, formando uma malha semelhante a uma rede capaz de reter líquido e aglutinar o açúcar sob a forma de um gel. A continuidade da malha formada pela pectina e a densidade das fibras dependem diretamente da concentração da pectina. Quanto maior a sua concentração, mais densas serão as fibras e, portanto, um gel mais forte. A rigidez da malha é também influenciada pela concentração de açúcar e pela acidez do meio. Quanto maior a concentração de açúcar, menor quantidade de água livre será encontrada na estrutura, logo a estrutura será mais rígida. A flexibilidade das fibras no sistema é controlada pela acidez do substrato. Substratos muito ácidos tanto podem resultar na formação de estruturas, como podem destruir o gel, pela hidrólise ou decomposição da pectina. O gel formado em meio muito ácido é rijo e tende a perder água (sinérese). Porém, meios de baixa acidez torna as fibras fracas, incapazes de retenção do xarope, fazendo com que o gel fique fraco e se rompa (Silva, 2000).

A matéria-prima utilizada na fabricação de doce em massa deve conter teores satisfatórios de ácido e pectina para promover a formação de um gel de boa consistência, sendo que tal quantidade depende da qualidade da mesma, podendo ser adicionada, quando não se encontra na matéria-prima em quantidade suficiente (Torrezan, 2003).

De acordo com Soares Júnior et al. (2003) o teor de pectina a ser adicionado em um doce depende das variáveis do processo, tais como o aumento no teor de polpa que eleva a concentração de pectina, devido à pectina proveniente da fruta, o teor de ácido, açúcar e à temperatura do processamento.

Em frutas muito maduras a pectina foi transformada em ácido péctico, não havendo uma perfeita geleificação. Frutas imaturas, ainda não sofreram esse processo de transformação, também havendo alteração do gel, sendo necessárias frutas com maturação adequada que apresentarão, então, concentração máxima de pectina, cor, aroma e sabor (Krolow, 2005).

A pectina é obtida a partir da protopectina que se refere aos ácidos pécticos solúveis em água, com número de metoxilas esterificadas e grau de neutralização variável. Na presença de ácido e sacarose, em proporções adequadas, as pectinas formam géis bastante estáveis (Silva, 2000).

A capacidade de geleificação das pectinas é dependente do número de grupos metoxila presentes na molécula. A pectina é comercialmente classificada em pectina de alto teor de grupos metoxílicos (ATM), quando contém acima de 50% de seus grupos carboxílicos esterificados e de baixo teor (BTM), quando somente 50%, ou menos, estão esterificados (Bobbio & Bobbio, 2001).

Muitas frutas são ricas em pectina e ácido, e são essas as mais indicadas para geleias e doces em massa (Jackix, 1988), sendo que a acidez, o valor de pH e a quantidade de pectina devem ser cuidadosamente determinados, para que sejam feitas as correções necessárias (Silva, 2000).

Acidez e pH

O ácido também é um constituinte indispensável para a formação do gel, sendo que a acidez nas frutas é variável e dependem do tipo e da quantidade de ácido presente e da presença tampões. Os ácidos geralmente utilizados para a formação do gel são os ácidos orgânicos constituintes naturais das frutas, tais como os ácidos, cítrico, tartárico e málico. Quando o ácido não está presente na fruta ou encontra-se em quantidades insuficientes, poderá ser adicionado, obedecendo aos limites permitidos pela legislação vigente.

Como a formação do gel depende do pH do suco ou da polpa da fruta, algumas frutas mesmo consideradas ácidas necessitam da adição de acidulantes para que o gel possa ser formado. Assim, a adição de acidulantes tem por finalidade abaixar o pH para a geleificação adequada e realçar o aroma natural da fruta (Jackix, 1988).

O ácido cítrico é o mais comumente utilizado pelo seu sabor agradável e percepção imediata. O ácido tartárico tem um sabor ácido menos detectável, possui a vantagem de, quando utilizado nas mesmas quantidades do ácido cítrico, apresentar valores de pH muito mais baixos. O ácido fosfórico possui um poder de abaixamento do pH quatro vezes maior ao do ácido cítrico, sem conferir um sabor fortemente ácido. Já o ácido láctico, embora apresente a mesma redução de pH que o ácido cítrico, tem menor sabor acidulante, quando a mesma quantidade for empregada (Soler, 1991).

No processamento do doce em massa a acidez atua juntamente com o aquecimento do meio provocando a formação de açúcar invertido, ou seja, a sacarose desdobra-se em glicose e frutose. Esta nova mistura de sacarose, glicose e frutose têm maior solubilidade que a sacarose pura.

A acidez total, expressa em termos de percentagem de ácido málico, ácido predominante na banana, tende a manter-se inalterada durante o armazenamento do doce de banana, não sendo essa uma variável determinante da vida-de-prateleira deste produto (Holanda et al., 1974).

2.4 Estabilidade de doces em massa

Variáveis como a atividade de água, cor, textura, sabor, além da presença de microorganismos indicam a qualidade de um produto durante o armazenamento, sendo fatores influentes em sua estabilidade.

A atividade de água (a_w) de doces diminui com o aumento no teor de sólidos totais, comportamento observado por Martins et al. (2007), no doce de umbu; por Soares Júnior et al. (2003), em doces de manga, e por Policarpo et al. (2003), em doces de polpa de umbu verde.

Em doces armazenados, principalmente a temperaturas altas (43°C), há uma perda da coloração característica de polpas e doces recém-produzidos devido à oxidação de pigmentos (Policarpo et al., 2007). Tal fato foi observado

por Cardoso et al. (1997), os quais atribuíram à mudança de cor da geleia de jambo à degradação de antocianinas, intensificada principalmente pelo aumento da temperatura de armazenamento.

Durante a estocagem a estabilidade da cor depende, dentre outros, da temperatura de armazenamento e do material da embalagem (Cardoso et al., 1997). Os doces em massa são encontrados no mercado em embalagens de celofane, polipropileno e metálicas, sendo que Policarpo et al. (2007) e Menezes (2008) apontaram, em seus estudos, a embalagem de polipropileno como a que apresentou uma menor alteração na estabilidade da cor do doce em massa de umbu devido à sua baixa permeabilidade à água e à luz, uma vez que ambos os fatores desencadeiam reações químicas diversas nos alimentos, que culminam na alteração de cor.

A seleção da embalagem ideal a ser utilizada pode ser determinada por um conjunto de parâmetros físicos que possuem influência direta nas transformações ocorridas em doces em massa, como por exemplo, os parâmetros de textura que podem, dentre outros, definir o padrão de qualidade do produto para comercialização. Alguns autores consideram a textura um aspecto de qualidade dos alimentos de importância superior à do sabor e da cor por influenciar significativamente na imagem do produto (Banjongsinsiri et al., 2004; Cerezal & Duarte, 2004; Vicent, 2004). De acordo com Ragaee (2003) a textura refere-se às qualidades dos alimentos que podem fazer-se sentir, quer com os dedos, língua, palato ou os dentes, existindo uma ampla gama de diferentes texturas em alimentos, e o desvio da textura esperada para dado produto considerado um defeito qualidade.

Quando analisada a estabilidade microbiológica, a Portaria n ° 451, de 19/09/97, da Secretaria de Vigilância Sanitária (Brasil, 1998), determina que os purês e doces em massa devam apresentar ausência de salmonelas em 25 g de

amostra, contagem máxima de 1 coliforme a 35°C/ g de amostra e contagem máxima de 103 fungos filamentosos e leveduras/g de amostra.

Nesse sentido o uso de alguns conservantes é adequado visando à qualidade do produto durante o armazenamento. Araújo et al. (2007), estudaram a qualidade de polpa de pêssego preservada por métodos combinados, também conhecido como tecnologia de obstáculos que consiste na combinação de dois ou mais obstáculos ao crescimento microbiano tais como pH, atividade de água e conservantes (Alzamora et al., 1993), realizando o tratamento das amostras com benzoato e sorbato, onde pode-se observar, no período de 6 meses, através de avaliações microbiológicas, que as polpas analisadas não apresentaram crescimento de bolores e leveduras encontrando-se de acordo com a legislação o que demonstrou a eficiência dos conservantes.

Dentre os conservantes comumente utilizados, o ácido sórbico ou seus sais de potássio ou cálcio são efetivos, principalmente na inibição do crescimento de fungos (fungistático). De acordo com Thakur et al. (1994) no estado seco e cristalino, o ácido sórbico é estável e nenhuma degradação ocorre mesmo se armazenado em temperatura ambiente por muito tempo. Entretanto, em solução ou em alimentos, ele sofre autooxidação durante o armazenamento, sendo importante o empacotamento à vácuo em filmes ou lâminas para reduzir esta degradação e assegurar uma vida-de-prateleira adequada para alimentos preservados com sorbato.

De acordo com a Resolução DRC nº 34, de 09 de março de 2001 (Brasil, 2001), por meio das Tabelas de Aditivos Intencionais, o limite máximo fixado de adição de conservadores é de 0,10% (m/m em relação à polpa) para ácido sórbico e seus sais de sódio, potássio e cálcio.

Alexandre et al. (2004), estudando o processo de conservação do açaí através de métodos combinados, verificou que quando não houve adição de sorbato de potássio, alta concentração de sacarose, em torno de 40% (m/m) foi

necessária para a conservação do açaí. De acordo com os resultados obtidos a concentração de sacarose pode ser diminuída na presença de sorbato de potássio, não interferindo na aceitação do produto.

2.5 Determinação de vida-de-prateleira por testes acelerados

A vida-de-prateleira ou vida útil de um alimento pode ser definida como o tempo, sob determinada condição de estocagem, que o produto leva para atingir uma condição inaceitável ou imprópria para consumo (Fu & Labuza, 1993). Esta inaceitabilidade do alimento pode estar relacionada com diversos aspectos como: presença de microrganismos patogênicos e deteriorantes, alterações organolépticas, alterações físico-químicas, perda de valor nutricional e contaminantes provenientes da embalagem.

Pereira et al. (2003), visando avaliar a vida-de-prateleira de amostras de goiabas minimamente processadas acondicionadas em embalagens sob atmosfera modificada, estabeleceu como fatores de relevância a influência da temperatura, a embalagem e a atmosfera modificada, utilizando como variáveis respostas as características sensoriais e físico-químicas das amostras após os tempos de armazenamento de 0, 5, 10, 14, 18, 21 e 24 dias. No período de 24 dias de armazenamento as amostras mantiveram seus atributos sensoriais e características físico-químicas praticamente constantes fixando, então, esse período como sendo o tempo de vida-de-prateleira do produto.

Para determinação da vida-de-prateleira de um alimento é necessário conhecer as principais reações de transformação e fatores envolvidos no processo de deterioração. Os fatores de maior relevância são a influência da temperatura, umidade relativa, atividade de água e luz (Fu & Labuza, 1993).

A cinética das reações que ocorrem tem suas leis, expressas por meio de equações baseadas em conceitos. A velocidade de uma reação, por exemplo, pode ser definida como (Teixeira Neto et al., 2004):

$$r = \frac{dC}{dt} \quad (1)$$

Sendo:

C = concentração do componente ou nota de um atributo;

t = tempo de reação;

r = velocidade da reação

Além da velocidade da reação também é importante se definir o modelo matemático que permita descrever a cinética da reação de degradação. Assim poderemos ter reações de ordem zero, primeira ordem, segunda ordem, etc (Teixeira Neto et al., 2004).

A reação de ordem zero é aquela cuja velocidade de conversão é independente da concentração dos reagentes. Assim, teremos:

$$-r = -\frac{dC}{dt} = k \quad (2)$$

Sendo:

k = constante da velocidade de reação.

Nas equações (2), (4), (6) e (7) o sinal negativo é empregado se na deterioração ocorre uma perda do fator de qualidade (diminuição de C), e usa-se um sinal positivo, se ocorre uma produção ou aumento do fator de qualidade (aumento de C), como por exemplo a produção de um composto indesejável.

Integrando a equação 2, obtém-se:

$$C_0 - C = kt \quad (3)$$

Onde:

C_0 = concentração inicial do componente;

C = concentração final do componente;

Desta forma, toda vez que se plota um gráfico, em escala linear, a queda ou aumento da concentração de um reagente em função do tempo de reação e obtém-se uma linha reta, a reação estudada é de ordem zero. A inclinação da reta traçada representa a constante de velocidade da reação (Arabshari & Lund, 1985).

As reações de ordem zero são encontradas com certa frequência em alimentos, principalmente quando há limitações de difusão de certos participantes da reação como, por exemplo, em casos de degradação enzimática de frutas e vegetais, escurecimento não enzimático e oxidação lipídica de desidratados (Aylward & Haisman, 1969).

O modelo matemático para uma reação de primeira ordem é dado pela equação (4), cuja velocidade de conversão depende da concentração dos reagentes, ou seja:

$$-r = -\frac{dC}{dt} = kC \quad (4)$$

Integrando a equação 4, obtém-se:

$$\ln\left(\frac{C}{C_0}\right) = -k \times t \quad (5)$$

Assim, ao plotar em um gráfico, em escala monologarítmica, a queda ou aumento da concentração de um reagente em função do tempo de reação obtém-se uma linha reta, então, a reação é de primeira ordem e a inclinação da reta representa a constante da velocidade de reação (Arabshari & Lund, 1985).

As reações de primeira ordem são as mais comuns em alimentos, sendo existente uma série de reações que seguem esse mecanismo como, por exemplo, o crescimento e morte de microrganismos, a destruição de vitaminas e pigmentos durante o processamento e armazenamento, destruição de toxinas por aquecimento e rancidez em óleos (Ferreira et al., 1999; Moura et al., 2007).

Os modelos matemáticos das equações (6) e (7) descrevem reações de segunda ordem, cuja velocidade de conversão depende da concentração dos reagentes sendo estes:

$$-r_A = -\frac{dC_A}{dt} = -\frac{dC_B}{dt} = kC_A C_B \quad (6)$$

Ou

$$-r_A = -\frac{dC_A}{dt} = kC_A^2 \quad (7)$$

Integrando a equação 7, obtém-se:

$$\frac{1}{C_A} - \frac{1}{C_{A0}} = kt \quad (8)$$

Desta forma, sempre que se coloca em um gráfico de escala linear o inverso da concentração de um reagente em função do tempo de reação e se obtém uma linha reta, a reação estudada é de segunda ordem. A inclinação da reta traçada representa a constante da velocidade da reação (Arabshari & Lund, 1985).

A ordem da reação nada mais é do que a soma dos expoentes das concentrações indicadas na equação da velocidade de reação. Muitas vezes têm-se expoentes fracionários e a ordem da reação é então fracionária. Contudo, uma reação pode ser de ordem global 2 (2ª ordem), mas ao mesmo tempo ser de primeira ordem em relação ao componente A e de primeira ordem em relação ao componente B. Em alimentos a ordem de reação varia entre 0 e 2. Outro aspecto importante a ser destacado é que a ordem de reação geralmente passa a ser mais importante quanto maior for a extensão da reação, ou seja, quando mais de 50% do parâmetro de qualidade estudado já tiver sido alterado (Teixeira Neto et al., 2004).

O efeito da temperatura sobre as transformações em alimentos é importante quando se deseja manter a sua qualidade. O conhecimento

quantitativo do efeito da temperatura sobre a velocidade de deterioração dos alimentos é muito importante na sua comercialização, pois permite estimar a vida-de-prateleira de produtos com base em testes acelerados de vida-de-prateleira. Geralmente, a temperatura é uma variável influente na velocidade das transformações em alimentos; contudo, conforme a faixa de temperatura estudada, os mecanismos ou mesmo o tipo de transformação podem mudar completamente, sendo a equação de Arrhenius uma representação amplamente utilizada para representar os efeitos da temperatura nessas transformações (Vitali et al., 2004).

Matematicamente a equação de Arrhenius é escrita como:

$$\frac{d(\ln k)}{dT} = \frac{E}{R \times T^2} \quad (9)$$

Sendo:

T = temperatura absoluta

E = energia de ativação aparente

R = constante dos gases

k = constante da velocidade de reação

Integrando a equação acima em intervalos definidos, obtém-se:

$$\ln k = \frac{-E}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) + \ln k_0 \quad (10)$$

Sendo,

E= energia de ativação (kcal/mol);

T= temperatura absoluta final;

T₀= temperatura absoluta referência;

k= constante de velocidade da reação.

Desta forma plotando-se, em escala linear, o valor do logaritmo da constante da velocidade de uma reação, em função do inverso da temperatura

absoluta, obtém-se uma linha reta quando esta segue a equação de Arrhenius. A inclinação da reta traçada representa $(-E/R)$ e, assim, pode-se obter a energia de ativação da reação (Arabshari & Lund, 1985).

Além dessa representação ainda pode-se lançar mão do valor de Q_{10} que é dado pelo quociente entre as velocidades de reação a uma determinada temperatura e a uma temperatura 10°C mais baixa ou a 10°C mais alta. Tal valor é dado por:

$$Q_{10} = \frac{k_T}{k_{T-10}} = \frac{V.P.(T-10)}{V.P.(T)} \quad (11)$$

O uso de E e do Q_{10} permite uma aplicação racional do tratamento térmico e da manipulação das temperaturas de estocagem. É necessário conhecer o mecanismo de deterioração dos alimentos para não fazer estimativas incorretas, já que a energia de ativação pode variar quando se investiga um grande intervalo de temperaturas. Tal fenômeno é comum para reações oxidativas, investigadas em altas temperaturas (acima de 100°C). Nessas temperaturas, a energia de ativação total corresponde a várias reações sequenciais. Portanto, estudos de estabilidade de alimentos em temperaturas elevadas, ou por testes acelerados para estimar a vida útil, poderão causar estimativas erradas da estabilidade real, ou seja, podendo sub ou superestimar a vida-de-prateleira do alimento (Faria, 1990).

Informações sobre vida-de-prateleira de novos produtos alimentícios são requeridas durante o desenvolvimento e para o lançamento no mercado. No entanto, muitos produtos têm vida-de-prateleira prolongada, o que dificulta a determinação experimental em tempos compatíveis com as programações comerciais da empresa. Para essas situações, a aplicação de Testes Acelerados de Vida-de-prateleira (TAVP) se apresenta como uma alternativa interessante (Vitali et al., 2004).

O TAVP consiste no armazenamento do produto de interesse sob condições ambientais definidas e controladas de forma a acelerar as taxas de transformação, sendo que tais taxas são estabelecidas através da conversão dos dados existentes em parâmetros cinéticos. As taxas aceleradas de transformação determinadas são, então, relacionadas a aquelas obtidas sob condições normais de armazenamento. Dessa forma, em tempo reduzido de estudo, a vida-de-prateleira de interesse é estimada (Vitali et al., 2004).

No estabelecimento dos tempos relativos de armazenamento para TAVP sugere-se que as temperaturas de teste sejam selecionadas de acordo com a classe de produto, sendo essas classes divididas em alimentos congelados, alimentos secos e de umidade intermediária e alimentos termicamente processados. Além disso, assume-se o valor de Q_{10} para os principais modos de deterioração do produto e determinam-se as possíveis frequências de amostragem. Na avaliação da vida-de-prateleira de um produto desidratado, por exemplo, pode-se empregar o fator $Q_{10} = 2$, que é aproximadamente o Q_{10} da reação de rancidez. As escalas de tempo de armazenamento das amostras em condições aceleradas devem ser calculadas dividindo os tempos previstos para a condição normal pelo valor Q_{10} para cada 10°C de diferença (Vitali et al., 2004).

Alguns alimentos são considerados complexos por serem multicomponentes com diversas reações de transformação acontecendo concomitantemente, tornando difícil a escolha do Q_{10} para o planejamento do TAVP. Um exemplo apresentado na literatura (Labuza, 1984) ilustra a complexidade do delineamento experimental para a determinação da vida-de-prateleira por TAVP de um produto como uma pizza congelada contendo massa, molho de tomate, queijo, legumes, linguiça e condimentos. No processamento do exemplo, a pizza foi parcialmente assada, resfriada, embalada e congelada.

Durante o armazenamento e distribuição desse tipo de produto, ainda que sob temperatura de congelamento, reações de transformação limitam a vida-de-prateleira como, por exemplo, o desenvolvimento de sabor estranho, a alteração na cor dos legumes e do molho, umedecimento e perda de crocância da massa e, eventualmente, crescimento de microorganismos patogênicos em decorrência de práticas de fabricação inadequadas e de oscilações de temperatura no armazenamento.

Para a condução do TAVP do produto em questão devem ser definidos as temperaturas de teste, a escala de tempo e os intervalos de amostragem. Esses tempos podem ser empregados como os intervalos das avaliações da vida-de-prateleira. Com os resultados obtidos experimentalmente dos limites de vida-de-prateleira às temperaturas aceleradas, determina-se, através da cinética e da equação (12), o valor real de Q_{10} e o limite de vida-de-prateleira na condição normal de armazenamento (Vitali et al., 2004).

$$Q_{10} = 10^{\frac{E}{0,46 \times T^2}} \quad (12)$$

Sendo E a energia de ativação em kcal/mol e T a temperatura média de teste em Kelvin.

Grizotto et al. (2006) basearam-se na proposição de Vitali et al. (2004) para realizar testes acelerados de vida-de-prateleira de frutas estruturadas e desidratadas obtidas a partir de polpa de mamão concentrada, considerado-as como alimentos secos e de umidade intermediária, estabelecendo as temperaturas de 0°C (controle), 25°C (ambiente) e 35°C (condição acelerada) para um período de 120 dias de estudo. Como variável resposta foram consideradas as características físico-químicas, sensoriais e microbiológicas do produto, sendo que a qualidade global foi o atributo sensorial que melhor representou a perda na qualidade das frutas durante a estocagem. Com base nos testes acelerados de vida-de-prateleira os autores puderam estabelecer o modelo

cinético da qualidade global, ajustado à reação de ordem zero, e a partir dele obter as equações de regressão linear e conseqüentemente o valor das constantes de velocidade de reação (k) para as temperaturas de armazenamento, podendo então aplicar à equação de Arrhenius e juntamente com o fator de aceleração da temperatura (Q_{10}) determinar um tempo de vida útil de 168 dias na temperatura de 25°C, sendo que este resultado apresentou-se próximo ao encontrado em tempo real, levando à conclusão de que o TAVP ser corretamente aplicado a este caso.

Moura et al. (2007) ao estudar a vida-de-prateleira de maçã-passa por testes acelerados utilizou-se do atributo cor e das análises sensoriais para representar a perda de qualidade do produto, e com base nos dados coletados, para estas variáveis, durante o armazenamento nas temperaturas de 5, 25 e 35°C, foi determinada a ordem da reação e o valor de Q_{10} podendo, assim, estimar, em um tempo de 80 dias de análise, um período de, aproximadamente, 200 dias de vida-de-prateleira para a maçã-passa, armazenada à temperatura de 25°C, e 100 dias para a maçã-passa armazenada na temperatura de 35°C, tanto quando avaliado através do atributo cor quanto pelas características sensoriais o que torna factível o emprego de testes acelerados para a determinação de vida-de-prateleira de maçã-passa.

Existem alguns problemas práticos e erros teóricos no uso de TAVP, entre eles destacam-se os erros analíticos, principalmente os subjetivos; as mudanças de fase, como fusão e cristalização, que podem acelerar reações mascarando os resultados; o uso do congelamento para armazenamento das amostras, podendo causar concentração dos solutos resultando em aceleração de reações; a redução na solubilidade dos gases com o aumento da temperatura, mascarando resultados; o uso de embalagens não herméticas que podem causar desidratação ou ganho de umidade, modificando as velocidades de reação; o armazenamento em temperaturas excessivamente elevadas podendo causar

desnaturação de proteínas e indução de outras reações não esperadas ou previstas, mascarando totalmente a previsão de vida-de-prateleira (Labuza & Schmidl, 1985; Subramanian, 1998; Hough, 1999; Park & Maga, 1999; Vitali et al., 2004).

Além disso, deve-se lembrar que as condições reais de distribuição dos alimentos são diferentes das condições estáveis de laboratório. Os produtos alimentícios são expostos, em geral, a flutuações de temperaturas na cadeia de distribuição, resultado em vida-de-prateleira menor do que a prevista por testes estáticos. Desta forma, se as condições de distribuição são conhecidas, para resultados mais precisos, testes dinâmicos com oscilações de temperatura são recomendados para determinação da vida-de-prateleira real do alimento (Fu & Labuza, 1993).

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução RDC n. 272**, de 22 de setembro de 2005. Aprova o regulamento técnico para produtos de vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis. Brasília, 2005. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php/>>. Acesso em: 15 fev. 2009.

ALEXANDRE, D.; CUNHA, R.L.; HUBINGER, M.D. Conservação do açaí pela tecnologia de obstáculos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.24, n.1, p.114-119, jan./fev. 2004.

ALZAMORA, S.M.; TAPIA, M.S.; ARGAIZ, A.; WELLI, J. Application of combined methods technology in minimally processed fruits. **Food Research International**, Barking, v.26, n.2, p.125-130, June 1993.

ARABSHARI, A.; LUND, D.B. Consideration in calculating kinetic parameters from experimental data. **Journal Food Process Engineering**, Westport, v.7, n.1, p.239-251, Feb. 1985.

ARAÚJO, P.F. de; RODRIGUES, R.S.; DUARTE, A.P. Qualidade de polpa de pêssegos preservada por métodos combinados. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Ponta Grossa, v.1, n.2, p.8-16, jan. 2007.

ARIAS, P.; DANKERS, C.; LIU, P.; PILKAUSKAS, P. The world banana economy 1985-2002. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, Rome, v.1, n.2, Jan. 2003. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/007/y5102e/y5102e00.htm>>. Acesso em: 15 fev. 2008.

AYLWARD, F.X.; HAISMAN, D.R. Oxidation systems in fruits and vegetables. **Advances in Food Research**, San Diego, v.1, n.3, p.17-28, Apr. 1969.

BANJONGSINSIRI, P.; KENNEY, S.; WICKER, L. Texture and distribution of pectic substances of mango as affected by infusion of pectinmethylesterase and calcium. **Journal Science Food Agriculture**, London, v.84, n.12, p.1493-1499, Dec. 2004.

BARCIA, M.; MEDINA, A.; SCHMIELE, M.; ZAMBIAZI, R. Doce em massa tradicional e light de jambolão. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS, 14., 2006, Pelotas. **Anais...** Pelotas: UFPel, 2006. v.1, p. 1-4.

BOBBIO, P.A.; BOBBIO, F.O. **Química do processamento de alimentos**. 3.ed. São Paulo: Varela, 2001. 143p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Portaria n. 451, de 19 de setembro de 1997. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, n.124, p.4-13, 2 jul. 1998.

BRASIL. Resolução DRC nº 34, de 9 de março de 2001. Regulamento técnico que aprova o uso de aditivos alimentares, estabelecendo suas funções e seus limites máximos para a categoria de alimentos 21: preparações culinárias industriais. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 12 mar. 2001. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=171>>. Acesso em: 10 fev. 2009.

CARDOSO, R.L.; FERREIRA, V.L.P.; MONTGOMERY, M.W.; YOTSUYANAGI, K. Efeito do tempo, luz e temperatura na cor da geleia de jambo vermelho (*Eugenia malaccensis*, Lin). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.17, n.1, p.28-31, ago. 1997.

CEREZAL, P.; DUARTE, G. Sensory influence of chemical additives in peeled cactus pears (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller) in syrup conserved by combined methods. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, New York, v.6, n.6, p.102-119, Sept. 2004.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 293p.

FARIA, J.A.F. **Estabilidade de alimentos em embalagens plásticas**. Campinas: UNICAMP/FEA, 1990. 40p.

FERRAZ, M.A.; SILVA, C.A.B.; VILELA, P.S. **Programa de desenvolvimento da fruticultura no estado de Minas Gerais: caracterização da agroindústria de frutas no estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: FAPEMIG, 2002. 17p.

FERREIRA, V.L.P.; TEIXEIRA NETO, R.O.; MOURA, S.C.S.R.; SILVA, M.S. Cinética de degradação da cor de solução hidrossolúvel comercial de urucum, submetida a tratamento térmico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.19, n.1, p.37-42, jan./fev. 1999.

FIORAVANÇO, J.C. Mercado mundial da banana: produção, comércio e participação brasileira. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.33, n.10, p.18-19, out. 2003.

FOLEGATTI, M.I. da S.; MATSUURA, F.C.A.U. **Banana**: processamento. Brasília: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura Tropical, 2004. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Livro_Banana_Cap_13IDPA3643xufd.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2009.

FU, B.; LABUSA, T. Shelf life prediction: theory and application. **Food Control**, Guildford, v.4, n.3, p.125-133, Sept. 1993.

GENERAL PUBLIC LICENSE. **Bananier**. Disponível em: <<http://fr.wikipedia.org/wiki/Bananier>>. Acesso em: 25 fev. 2008.

GRIZOTTO, R.K.; BERBARI, S.A.G.; MOURA, S.C.S.R.; CLAUS, M.L. Estudo da vida-de-prateleira de fruta estruturada e desidratada obtida de polpa concentrada de mamão. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.26, n.3, p.709-714, maio/jun. 2006.

HOLANDA, L.F.F.; FÉ, J.A.M.; MARTINS, C.B.; MAIA, G.R. Estabilidade do doce de banana em massa. **Ciência e Agronomia**, Fortaleza, v.4, n.2, p.105-108, jan./fev. 1974.

HOUG, G. Sensory and microbiological shelf-life of commercial ricota cheese. **Journal Dairy Science**, Champaign, v.82, n.3, p.454-459, Mar. 1999.

JACKIX, M.H. **Doces, geleias e frutas em calda**. São Paulo: Ícone, 1988. 158p.

JESUS, S.C.; MATSUURA, F.C.A.U.; FOLEGATTI, M.L.S.; CARDOSO, R.L. Avaliação de banana-passa obtida de frutos de diferentes genótipos de bananeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.6, p.573-579, jun. 2005.

KROLOW, A.C.R. **Preparo artesanal de geleias e geleadas**. Brasília: EMBRAPA, 2005. (Documento, 138). Disponível em: <<http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes>>. Acesso em: 13 fev. 2009.

- LABUZA, T.P. Application of chemical kinetics to deterioration of foods. **Journal of Chemical Education**, Easton, v.61, n.4, p.348-358, Dec. 1984.
- LABUZA, T.P.; SCHMIDL, M.K. Accelerated shelf-life testing of foods. **Food Technology**, Oxford, v.39, n.9, p.57-64, Sept. 1985.
- LICHTENBERG, L.A. Colheita e pós-colheita da banana. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, n.196, p.73-90, jan./fev. 1999.
- LIMA, A.G.B.; NEBRA, S.A.; QUEIROZ, M.R. Aspectos científicos e tecnológicos da banana. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.2, n.1, p.87-101, jan. 2000.
- MACEDO, M.I. Banana. **Hortifruti Brasil**, Piracicaba, ano 6, n.65, p.21-31, jan./fev. 2008.
- MARTINS, M.L.A.; BORGES, S.V.; DELIZA, R.; CASTRO, F.T. de; CAVALCANTI, N.B. de. Características de doce em massa de umbu verde e maduro e aceitação pelos consumidores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.9, p.1329-1333, set. 2007.
- MEDINA, J.C. Cultura. In: _____. **Banana: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos**. Campinas: ITAL, 1985. cap.1, p.1-132.
- MENEZES, C.C. **Otimização e avaliação da presença de sorbato de potássio e das embalagens sobre o doce de goiaba durante o armazenamento**. 2008. 159p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- MORI, E.M.; YOTSUYANAGI, K.; FERREIRA, V.L.F. Análise sensorial de goiabadas de marcas comerciais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.18, n.1, p.105-110, jan. 1998.
- MOTA, R.V.; LAJOLO, F.M.; CORDENUNSI, B.R. Composição em carboidratos de alguns cultivares de banana (*Musa spp.*) durante o amadurecimento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.17, n.2, p.94-97, abr. 1997.

MOURA, S.C.S.R.; BERBARI, S.A.; GERMER, S.P.M.; ALMEIDA, M.E.M.; FEFIM, D.A. Determinação da vida-de-prateleira de maçã-passa por testes acelerados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.27, n.1, p.141-148, jan./fev. 2007.

PARK, D.; MAGA, J. Dry bean color stability as influenced by time and moisture content. **Journal of Food Processing Preservation**, Westport, v.23, n.6, p.515-522, June 1999.

PEREIRA, L.M.; RODRIGUES, A.C.C.; SARANTÓPOULOS, C.I.G.L.; JUNQUEIRA, V.C.A.; CARDELLO, H.M.A.B.; HUBINGER, M.D. Vida-de-prateleira de goiabas minimamente processadas acondicionadas em embalagens sob atmosfera modificada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.23, n.3, p.427-433, maio/jun. 2003.

PINHEIRO, R.V.R.; MARTELETO, L.O.; SOUZA, A.C.G. de; CASALI, W.D.; CONDÉ, A.R. Produtividade e qualidade dos frutos de dez variedades de goiaba, em Visconde do Rio Branco, Minas Gerais, visando ao consumo ao natural e à industrialização. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v.31, n.177, p.360-387, nov. 1984.

POLICARPO, V.M.; BORGES, S.V.; ENDO, E.; CASTRO, F.T.; DAMICO, A.A.; CAVALCANTI, N.B. Estabilidade de cor de doces em massa de Umbu (*Spondias Tuberosa*, Arr. Cam.) no estágio de maturação verde. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.4, p.1101-1107, jul./ago. 2007.

POLICARPO, V.M.; ENDO, E.; FARIA, R.Q.; ANJOS, V.; BORGES, S.V.; GREGORIO, S.R.; CAVALCANTI, N.B. Efecto de aditivos sobre el color, textura y aceptación del dulce de UMBU (*Spondias Tuberosa*, Arr. Cam.) verde. **Revista de Tecnología e Higiene de los Alimentos**, Madrid, n.346, p.111-115, nov. 2003.

RAGAEI, S. **Food science module**. Al-Ain: United Arab Emirates University, 2003. 40p.

ROSSIGNOLI, P.A. **Atmosfera modificada por filmes de polietileno de baixa densidade com diferentes espessuras para conservação de bananas "Prata" em condições ambiente**. 1983. 101f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia)- Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

SILVA, C.S.; LIMA, L.C.; SANTOS, H.C.; CAMILI, E.C.; VIEIRA, C.R.Y.I.; MARTINS, C.S.; VIEITES, R.L. Amadurecimento da banana prata climatizada em diferentes dias após a colheita. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.30, n.1, p.103-111, jan./fev. 2006.

SILVA, J.A. **Tópicos da tecnologia dos alimentos**. São Paulo: Varela, 2000. 227p.

SOARES JÚNIOR, A.M.; MAIA, A.B.R.A.; NELSON, D.L. Estudo do efeito de algumas variáveis de fabricação no perfil texturométrico do doce de manga. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.23, n.1, p.76-80, jan./abr. 2003.

SOLER, M.P. **Industrialização de geleias**. Campinas: ITAL, 1991. 72p.

SOTO BALLESTERO, M. **Bananos: cultivo y comercialización**. San José: LIL, 1992. 674p.

SUBRAMANIAN, P. Accelerated shelf-life testing. **The Manufacturing Confectioner**, Chicago, v.78, n.6, p.147-152, June 1998.

TEIXEIRA NETO, R.O.; VITALI, A.A.; MOURA, S.C.S.R. Introdução à cinética de reação em alimentos. In: MOURA, S.C.S.R.; GERMER, S.P.M. **Reações de transformação e vida-de-prateleira de alimentos processados**. 3.ed. Campinas: ITAL, 2004. cap.3, p.75-81.

TFOUNI, S.A.V.; TOLEDO, M.C.F. Determination of benzoic and sorbic acids in Brazilian food. **Food Control**, Guildford, v.13, n.2, p.117-123, Mar. 2002.

THAKUR, B.R.; SINGH, R.K.; ARYA, S.S. Chemistry of sorbates: a basic perspective. **Food Reviews Intenational**, New York, v.10, n.1, p.71-91, Jan. 1994.

TORREZAN, R. **Iniciando um pequeno e grande negócio agroindustrial: frutas em calda, geleias e doces**. Brasília: EMBRAPA Agroindústria e Alimentos, 2003. 50p.

VINCENT, J.F.V. Application of fracture mechanics to the texture of food. **Engineering Failure Analysis**, Oxford, v.11, n.5, p.695-704, Nov. 2004.

VITALI, A.A.; TEIXEIRA NETO, R.O.; GERMER, S.P.M. Testes acelerados de vida-de-prateleira de alimentos. In: MOURA, S.C.S.R.; GERMER, S.P.M. **Reações de transformação e vida-de-prateleira de alimentos processados**. 3.ed. Campinas: ITAL, 2004. cap.3, p.75-81.

CAPÍTULO 2

**Acompanhamento da vida-de-prateleira do doce em massa de banana
prata: análises físicas, físico-químicas, microbiológicas e sensoriais.**

1 RESUMO

Doces em massa possuem uma vida de prateleira prolongada, aproximadamente de 12 meses, quando armazenados em condições adequadas. No Brasil as condições de armazenamento são variáveis, e inúmeros são os métodos utilizados para ampliar a estabilidade de um produto, sendo o emprego de conservantes um dos mais utilizados. No entanto a utilização dessa ferramenta de conservação pode provocar alterações no doce, sendo então de suma importância o estudo das alterações provocadas não apenas pelo uso do conservante mas pelas variações de temperatura em doces em massa. Este trabalho teve por objetivo acompanhar a vida-de-prateleira de doces em massa através da avaliação da influência do sorbato de potássio e da temperatura de armazenamento sobre as alterações físicas, físico-químicas e microbiológicas de doce em massa de banana prata. Foram realizadas análises de pH, acidez titulável e sólidos solúveis, açúcares totais, redutores e não redutores, textura, umidade, atividade de água, bolores, leveduras e coliformes durante 5 meses de armazenamento nas temperaturas de 20, 30 e 40°C. Os resultados experimentais mostraram que os doces se mantiveram microbiologicamente estáveis durante o tempo de armazenamento, porém o tempo foi um fator determinante nas alterações físicas e físico-químicas ocorridas. A temperatura de armazenamento influenciou todos os parâmetros exceto a elasticidade e a adesividade enquanto a presença do sorbato de potássio interferiu principalmente nos sólidos solúveis, firmeza e fraturabilidade, bem como nos demais parâmetros com exceção da umidade, elasticidade, coesividade e nos açúcares.

Palavras-chave: Conservante, qualidade, doce em massa

2 ABSTRACT

Banana preserves have a long shelf life, approximately 12 months when stored under appropriate conditions. In Brazil, the storage conditions are variable, and many are the methods used to increase the stability of a product, and the employment of one of the most widely used preservatives. However the use of this tool for conservation may cause changes in freshwater, it is of paramount importance to study the changes caused not only by the use of the preservative, but the variations of temperature in fresh weight. This study aimed to monitor the shelf life of banana preserves by assessing the influence of potassium sorbate and storage temperature on the physical changes, physical-chemical and microbiological of banana preserves. Were analyzed for pH, acidity and soluble solids, total, reducing and not reducing sugars, texture, moisture, water activity, molds, yeasts and coliforms during 5 months of storage at temperatures of 20, 30 and 40 °C. The experimental results showed that the candies were microbiologically stable during the storage time, but the time was a factor in physical changes and physicochemical occurred. The temperature of storage influenced all parameters except the elasticity and adesiveness while the presence of potassium sorbate interfere mainly in soluble solids, firmness and fractures, sensory parameters as well as in other parameters except the moisture, elasticity, cohesivity and sugars.

Key words: Preservative, quality changes, banana preserves

3 INTRODUÇÃO

Originária do Oriente, a banana (*Musa ssp*) constitui uma das principais culturas das zonas tropicais e semitropicais (Chitarra & Chitarra, 1984), sendo considerada a fruta mais consumida no mundo. Dentre as diversas variedades de banana, a Prata representa grande importância econômica, apresentando, em janeiro de 2008, o maior valor de mercado desde 2002 (Macedo, 2008).

A fruta que se destina ao mercado *in natura* deve apresentar alto padrão de qualidade e características próprias para a comercialização, no entanto, no que se refere à qualidade da fruta, o grande problema da bananicultura brasileira, consiste no manejo do produto a partir de sua colheita: transportes, embalagem, climatização e manuseio (Lichtemberg, 1999), sendo as perdas, pós-colheita desse fruto, estimadas em 30% do total da produção (Sato et al., 2004). Desta maneira uma alternativa para a redução das perdas é o processamento da banana da qual pode ser obtida banana passa, purê de banana, doce de banana entre outros produtos.

A conservação de doces em massa se dá pela tecnologia de obstáculos, onde, barreiras tais como tratamento térmico, pH, acidez, atividade de água e adição de açúcar e conservantes garantem a estabilidade e segurança do alimento (Leistner, 1992). No entanto durante o armazenamento os produtos em geral sofrem influências intrínsecas e extrínsecas podendo alterar suas características físicas, físico-químicas e microbiológicas. Assim, a vida-de-prateleira de um produto representa o período em que essas alterações são toleráveis permitindo condições de consumo sem afetar o paladar ou a saúde (Kanna & Thirumaran, 2004; Wicklund et al., 2005).

Fatores intrínsecos, como umidade, atividade de água, acidez e o pH do doce e fatores extrínsecos, como tempo e temperatura de armazenamento, afetam o processo de fabricação de geleias e doces e conseqüentemente, a

qualidade do produto final bem como sua estabilidade durante o armazenamento (Albuquerque, 1997). Tal fato foi observado por Garcia-Viguera et al. (1999), Wicklund et al. (2005) e Policarpo et al. (2007), onde o tempo e a temperatura de armazenamento provocou a oxidação de pigmentos presentes nos doces e geleias analisados em seus experimentos, alterando a coloração dos produtos .

A disponibilidade de água em materiais higroscópicos tais como frutos e derivados, é mais bem indicada pela atividade de água, sendo que o armazenamento de produtos em umidade relativa inferior à sua faixa de atividade de água e a altas temperaturas pode provocar a redução da disponibilidade de água (Brooker et al., 1992).

A textura como parâmetro de qualidade pode ser determinada instrumentalmente por meio das propriedades mecânicas. A textura, pode estar diretamente ligada à opinião inicial do provador ao ver um produto, é considerada um aspecto de qualidade dos alimentos de suma importância, principalmente em doces em massa onde deseja-se o corte (Banjongsin Siri et al., 2004; Cerezal & Duarte, 2004; Vicent, 2004).

Os objetivos deste trabalho foram avaliar a estabilidade dos doces em massa através das alterações físicas, físico-químicas, microbiológicas e sensoriais ocorridas durante 165 dias de armazenamento, nas temperaturas de 20, 30 e 40°C.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Processamento dos doces em massa de banana prata

As bananas (*Musa sp.*) da variedade prata foram adquiridas em comércio local no município de Lavras-MG e transportadas para a Planta Piloto de Processamento de Produtos Vegetais da Universidade Federal de Lavras.

Os frutos foram lavados com solução de água e sabão e imersos em solução aquosa de hipoclorito com concentração de 500 mg/kg de solução, durante 15 minutos. A seguir foram selecionados e submetidos ao descascamento manual, branqueamento (100°C por 5 minutos), despulpamento em despulpadeira e, posteriormente, uma amostra da polpa foi retirada para realização das análises de caracterização da polpa. O binômio tempo x temperatura utilizado no branqueamento foi o descrito por Menezes (2008), sendo o tratamento térmico a 100°C por 5 minutos suficientes para inativação total da enzima peroxidase que, por ser uma das enzimas de maior estabilidade térmica presente em frutas e vegetais, é muito utilizada como indicador de branqueamento e outros processamentos térmicos envolvendo tais alimentos (Whitaker, 1972).

Para a obtenção do doce de banana em massa o açúcar cristal, a pectina, de alto teor de metoxilação e grau de especificação (USA-SAG) 150 previamente dissolvida em água, e a polpa foram misturados e concentrados em tacho aberto na temperatura de, aproximadamente, 85°C até atingir 74°Brix, sendo elaborados doces com e sem a presença de sorbato de potássio. A formulação utilizada foi de 60% de açúcar, 40% polpa e 0,4% ácido cítrico, sendo essa porcentagem referente à massa da polpa. O ácido foi adicionado metade no início do processamento e a outra metade no final do processo em virtude do tacho utilizado ser aberto e a temperatura de trabalho elevada, o que pode provocar a hidrólise da pectina. Nos doces adicionados de conservante o

sorbato de potássio foi adicionado no final do processo na concentração de 0,1% (m/m em relação à massa de polpa inicial). O produto final foi envasado a quente em embalagens de polipropileno, fechado, e resfriado a temperatura ambiente.

O fluxograma de processamento do doce em massa é mostrado na Figura 1.

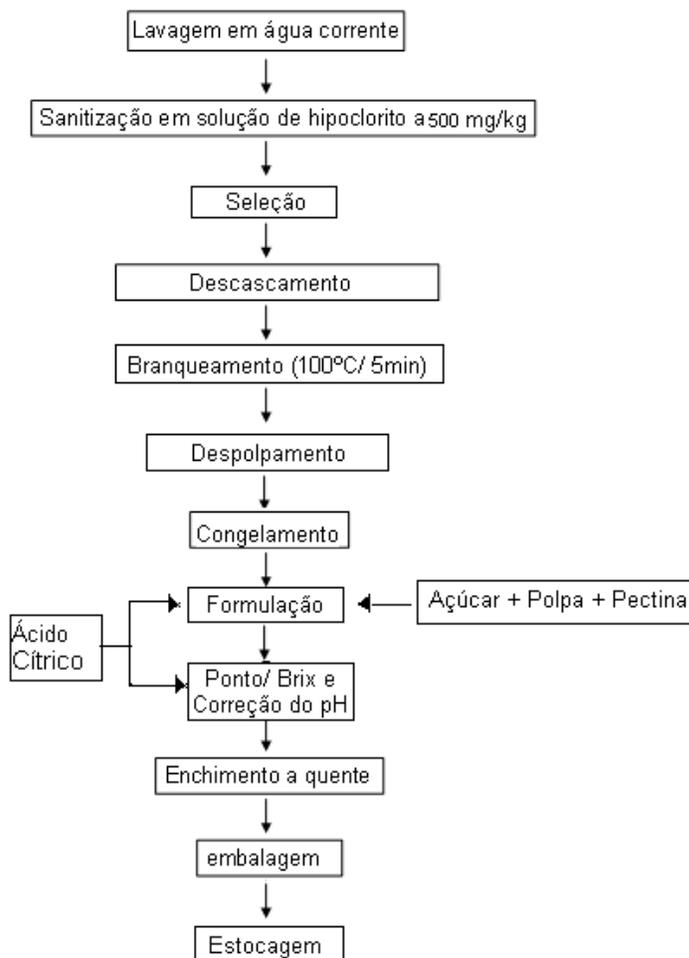


FIGURA 1 Fluxograma de produção do doce de banana em massa.

Após o processamento, e acondicionamento na embalagem, os doces foram estocados em câmaras com temperatura controlada em 20, 30 e 40°C e umidade relativa média, não controlada, de 85%, durante 165 dias visando à avaliação da influência da variação da temperatura de armazenamento e da presença de sorbato de potássio sobre as características físicas, físico-químicas e microbiológicas dos doces durante o armazenamento.

4.2 Planejamento Experimental

Para avaliar o efeito do sorbato de potássio na formulação do doce e da temperatura de armazenamento sobre as alterações físico-químicas e microbiológicas dos doces armazenados foi seguido um planejamento fatorial triplo com 2 repetições. Os fatores avaliados foram: sorbato de potássio (presença e ausência) X temperatura (20, 30 e 40°C) X tempo de armazenamento (0, 30, 75, 120, 165 dias), sendo as variáveis dependentes o pH, acidez titulável, açúcares totais, redutores e não redutores, textura, atividade de água, sólidos solúveis totais, umidade, cor, bolores e leveduras.

4.3 Acompanhamento da vida-de-prateleira das amostras – análises físico-químicas e microbiológicas

As análises dos doces foram realizadas em triplicata, sendo os resultados expressos como média das determinações.

Determinação de pH

Foi determinado pelo método potenciométrico em potenciômetro digital, modelo QUIMIS, tipo Q-400 A, calibrado com soluções tampão (pH = 4 e pH = 7) para soluções ácidas em temperatura ambiente segundo Instituto Adolfo Lutz (1985).

Acidez titulável

A acidez titulável foi realizada por titulação com NaOH, 0,01 N e expressa em mL de NaOH 0,01N por 100g da amostra (Association of Official Analytical Chemists-AOAC, 1992).

Sólidos solúveis totais

A determinação dos sólidos solúveis totais foi realizada por refratometria, de acordo com as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1985), e os valores expressos em grau Brix.

Açúcares redutores em glicose e não redutores em sacarose e açúcares totais

Foi analisado pelo método decrito por Nelson (1944) e Somogyi (1945).

Análise de colorimetria (L*, a* e b*)

A cor dos doces foi determinada, em triplicata e os desvios padrão, de acordo com a metodologia proposta por Giese (1996), onde os valores de L*, a* e b* foram determinados com aparelho colorímetro Minolta modelo CR 400, trabalhando com D₆₅ (luz do dia) e usando-se os padrões CIELab. A diferença total de cor foi calculada utilizando a seguinte equação:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad (1)$$

sendo Δ a diferença entre cada parâmetro de cor da amostra inicial (tempo zero) e a amostra armazenada.

Análise de perfil de Textura (TPA)

A TPA foi realizada no texturômetro TA.TX2i Stable Micro Systems, (Goldaming, England) em amostra de doce com volume de 1 cm³, com sonda cilíndrica de alumínio de fundo chato (45 mm) e tempo, distância, velocidades de pré-teste, teste e pós-teste de 5 s, 6 mm, 2 mm/s, 1 mm/s e 2 mm/s,

respectivamente, sendo os testes realizados em 8 replicatas. Os resultados obtidos da curva força x tempo foram calculados pelo Software Texture Expert Versão 1.22, sendo analisados os parâmetros de dureza, coesividade, elasticidade e adesividade.

Umidade

A umidade dos doces foi determinada, em triplicada, pelo método gravimétrico descrito em (Pereira et al., 2001)

Atividade de água

A atividade de água foi determinada, em triplicada, utilizando-se equipamento Aqua Lab modelo CX-2. As amostras, aproximadamente 5 g, foram dispostas em recipientes plásticos com tampas e deixadas em ambiente com temperatura controlada $25,0 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$.

Análises microbiológicas

A RDC nº 12 de 2 de janeiro de 2001 (Brasil, 2001) estabelece que, para doces em massa sejam feitas análises de bolores e leveduras cujo objetivo é detectar principalmente as leveduras osmofílicas que podem se desenvolver em alimentos com alta concentração de açúcar.

Para determinação de bolores e leveduras foi utilizada a técnica de diluição seriada em superfície (Sansón, 2000). Além de bolores e leveduras foram determinados *Salmonella sp* e coliformes totais a 35°C de acordo com o descrito por Silva et al. (1997), visando a determinação da qualidade higiênica do processamento.

4.4 Análise estatística

Na caracterização da matéria-prima (polpa de banana) foram calculadas as médias e desvio padrão das análises, realizadas em triplicata.

Os dados das alterações físico-químicas e de textura, ocorridas no produto durante o armazenamento, foram analisados com o auxílio do software SISVAR, através da análise de variância para indicar o efeito significativo das variáveis independentes e suas interações e da análise de regressão para explicar as alterações ocorridas devido ao efeito significativo do tempo e da temperatura, sendo que o melhor modelo ajustado foi escolhido através do coeficiente de determinação (r^2) onde quanto mais próximo a 1 melhor a relação entre as variáveis utilizadas na regressão. Já o efeito do sorbato de potássio foi explicado somente pela análise de variância por ter apenas 2 níveis (presença e ausência). A alteração da cor foi analisada através do cálculo de médias e desvio padrão das análises, realizadas em triplicata, para posterior cálculo da diferença total de cor.

4.5 Acompanhamento da vida-de-prateleira das amostras – análise sensorial

Para acompanhamento da vida-de-prateleira das amostras foram realizados testes de aceitação, para avaliar os atributos cor, sabor, textura e aspecto global, segundo metodologia descrita por Della Modesta (1994), utilizando-se de escala hedônica de 9 pontos, onde: (1) desgostei extremamente, (5) indiferente e (9) gostei extremamente, aplicados em 50 provadores não treinados. As amostras foram apresentadas de forma monódica, aleatorizadas, codificadas com número de três dígitos e os testes foram realizados em cabines individuais, sob luz branca, seguindo o delineamento em blocos completos balanceados. Os dados foram analisados pela análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey para verificar diferenças significativas entre as médias dos atributos avaliados ($p \leq 0,05$).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização da matéria-prima

A determinação de pH, acidez, sólidos solúveis, açúcares totais e redutores é de suma importância para determinar o grau de maturação do fruto bem como sua qualidade pós colheita e correções da formulação de doce em massa.

Na Tabela 1 são mostrados os valores médios e desvio padrão obtidos da caracterização da banana cv Prata.

TABELA 1 Valores médios e desvio padrão da caracterização da Banana cv. Prata

Característica	Média ± desvio padrão
pH	4,3 ± 0,1
Acidez (g ácido málico/100g banana)	0,18 ± 0,04
Sólidos Solúveis (%)	22 ± 0
Açúcares Totais (%)	8,1 ± 1,1
Açúcares Redutores (%)	5,9 ± 0,55

O valor médio de pH encontrado, para a polpa de banana prata, foi de 4,3, concordando com o relatado por Silva et al. (2006) para a banana prata climatizada, no entanto o autor afirma, em seu trabalho, que estes valores tendem a aumentar durante o período de armazenamento. Esse aumento pode-se dar devido ao desdobramento do amido em açúcares redutores e sua conversão em ácido pirúvico provocada pela respiração das frutas (Chitarra & Chitarra, 1990).

A presença de íon H^+ , em frutos é atribuída à dissociação de carbonilas livres nas moléculas de pectina, o que diminui a repulsão intermolecular e favorece a formação de ligações cruzadas, essenciais para a geleificação (Alikonis, 1979). De acordo com Silva et al. (2006) o pH da banana prata varia entre 4,19 e 4,82, contendo um teor médio de pectina. O pH ideal

para conservação do doce em massa é de $\pm 4,5$, valor próximo ao encontrado para o fruto in natura , no entanto devido aos demais componentes da formulação, bem como a adição de pectina nas formulações de doces em massa, faz-se necessária a presença de acidulantes para abaixar o pH e obter-se a geleificação adequada e realçar o sabor natural da fruta (Jackix, 1988).

O valor médio da acidez titulável foi de 0,18 (g de ácido málico para 100 g de polpa de banana) e o teor de sólidos solúveis de 22% os quais são concordantes com o descrito por Bleinhroth (1995) e Matsuura et al. (2002).

Segundo Silva et al. (2006) a banana, bem como as frutas em geral, são ricas em protopectina que durante o amadurecimento da fruta é hidrolizada em pectina solúvel, o que contribui, juntamente com a quebra do amido em glicose e frutose, com o aumento no teor de sólidos solúveis presente na fruta, e que influencia diretamente o processamento de doces em massa por possuírem um teor de sólidos solúveis superior à 70%.

O teor médio de açúcares totais e redutores determinado foi de 8,1% e 5,9% respectivamente, sendo esse valor inferior ao encontrado por Matsuura et al. (2002) e superior ao estudado por Mota et al. (1997), fato esse que pode se justificar pela diferença no grau de maturação do fruto, onde, quanto maior o grau de maturação maior a conversão do amido em açúcares. Jackix (1988) afirma que para doces em massa é necessário um percentual mínimo de 24% de açúcares redutores, na formulação, para evitar a cristalização, informação essa confirmada por Soares Júnior et al. (2003) ao observar cristalização espontânea em doces de manga com proporções de açúcares redutores e totais inferior à 30%, o que destaca o fato de que quanto maior o grau de maturação do fruto melhor é sua aplicação no processamento de doces.

5.2 Acompanhamento da vida-de-prateleira das amostras – análises físico-químicas e microbiológicas

Nas Tabelas 2, 3, 4 e 5 estão apresentadas as análises de variância das variáveis resposta para as análises físico-químicas e físicas.

TABELA 2 Análise de variância das variáveis físico-químicas dos doces de banana em massa.

Causas de variação	Quadrado Médio das Variáveis				
	GL	pH	AcT	aw	Umidade
Tempo (t)	4	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
Sorbato (S)	1	0,0032*	0,0880*	0,0000*	0,0625
Temperatura (T)	2	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0002*
t*S	4	0,0000*	0,0000*	0,0528	0,0045*
t*T	8	0,0000*	0,0091*	0,0051*	0,0473*
T*S	2	0,7959	0,2807	0,1465	0,0466*
T*t*S	8	0,0473*	0,1047	0,4428	0,3949
Erro	30				
Total corrigido	59				
CV (%)		1,01	1,75	2,38	4,34
Média geral		3,59	0,66	0,72	33,13

* Significativo ao nível de 5% pelo teste F. AcT – Acidez Total Titulável; aw – Atividade de água.

TABELA 3 Análise de variância dos açúcares e dos sólidos solúveis dos doces de banana em massa.

Causas de variação	Quadrado Médio das Variáveis				
	GL	SS	AT	AR	ANR
Tempo (t)	4	0,0000*	0,0001*	0,0001*	0,0001*
Sorbato (S)	1	0,0000*	0,1116	0,2115	0,1126
Temperatura (T)	2	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
t*S	4	0,0000*	0,2625	0,2323	0,2425
t*T	8	0,0000*	0,5183	0,7184	0,5283
T*S	2	0,0000*	0,0200*	0,0399*	0,0199*
T*t*S	8	0,0000*	0,5611	0,5913	0,6811
Erro	30				
Total corrigido	59				
CV (%)		0,15	9,06	10,6	12,06
Média geral		74,30	70,94	17,13	51,07

* Significativo, ao nível de 5%, pelo teste F. SS- Sólidos Solúveis; AT- Açúcares totais; AR – Açúcares redutores; ANR – Açúcares não redutores.

TABELA 4 Análise de variância da cor e da elasticidade dos doces de banana em massa.

Causas de variação	Quadrado Médio das Variáveis			
	GL	L*	A*	ELAST
Tempo (t)	4	0,0000*	0,0000*	0,0208*
Sorbato (S)	1	0,0000*	0,0000*	0,0972
Temperatura (T)	2	0,0000*	0,0000*	0,5704
t*S	4	0,0000*	0,0000*	0,0580
t*T	8	0,0315*	0,0000*	0,1058
T*S	2	0,0260*	0,1528	0,8866
T*t*S	8	0,0051*	0,0000*	0,0688
Erro	30			
Total corrigido	59			
CV (%)		4,89	6,33	3,03
Média geral		26,09	7,19	0,91

* Significativo ao nível de 5% pelo teste F. ELAST – Elasticidade.

TABELA 5 Análise de variância das variáveis físicas dos doces de banana em massa.

Causas de variação	Quadrado Médio das Variáveis				
	GL	FIRM	COEZ	ADES	FRAT
Tempo (t)	4	0,0000*	0,0098*	0,0000*	0,0000*
Sorbato (S)	1	0,0000*	0,1679	0,0000*	0,0000*
Temperatura (T)	2	0,0000*	0,0609*	0,5875	0,0000*
t*S	4	0,0000*	0,1778	0,2553	0,0000*
t*T	8	0,0000*	0,1985	0,0000*	0,0000*
T*S	2	0,0002*	0,2291	0,0269*	0,0000*
T*t*S	8	0,0000*	0,6500	0,0068*	0,0000*
Erro	30				
Total corrigido	59				
CV (%)		7,23	10,66	-17,03	11,18
Média geral		5,59	0,24	-4,3	4,24

* Significativo ao nível de 5% pelo teste F FIRM – Firmeza; COEZ – Coesividade; ADES - Adesividade; FRAT – Fraturabilidade.

Os valores de pH dos doces de banana, com e sem a adição de sorbato de potássio, aumentaram com 30 dias de armazenamento em todos os tratamentos avaliados, principalmente nos doces sem adição do conservante e armazenados a 30°C e 40°C, no entanto, após esse período, os valores tenderam a decrescer (Figura 2) concordando com o observado por Mota (2006) para geleia de amora preta após 40 dias de armazenamento, onde o autor atribui o decréscimo do pH com o passar do tempo ao fato da acidez ter aumentado durante o armazenamento.

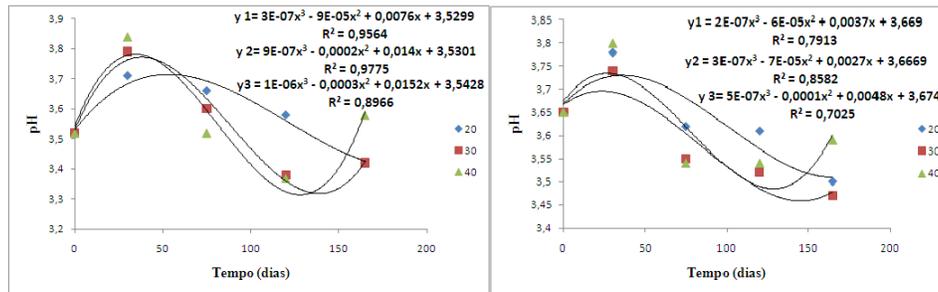


FIGURA 2 Valores médios de pH do doce de banana durante o armazenamento. (a) sem sorbato de potássio e (b) com sorbato de potássio.

O efeito da presença de sorbato de potássio no pH, mostrou-se significativa, ao nível de 5% de significância (Tabela 2), concordando com o descrito por Vidyasagar & Arya (1983) e Thakur et al. (1994) ao afirmarem que o sorbato de potássio provoca oscilações no pH do meio, no entanto, os autores descrevem ainda que, nessa relação, é difícil determinar qual é a variável independente, pois tanto o pH é alterado com a presença do conservante quanto o conservante pode sofrer efeito catalítico exercido pelo pH do meio.

A acidez titulável dos doces aumentou durante o armazenamento (Figura 3), concordando com o encontrado por Nascimento et al. (2002) para doce de corte de casca de maracujá e Menezes (2008) para doce de goiaba em massa. Os tratamentos com e sem a presença de sorbato de potássio apresentaram diferença

significativa, ao nível de 5%, entre si (Tabela 2), sendo que nos tratamentos sem o conservante houve um aumento mais rápido e pronunciado da acidez do que nos tratamentos com a adição do conservante.

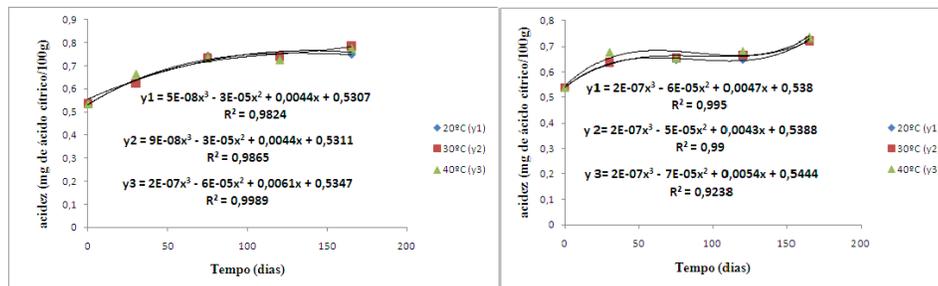


FIGURA 3 Valores médios da Acidez do doce de banana durante o armazenamento. (a) sem sorbato de potássio e (b) com sorbato de potássio

A temperatura de armazenamento apresentou-se significativamente influente, ao nível de 5%, na acidez de ambos os doces avaliados durante o período de armazenamento (Tabela 2), apresentando valores maiores nas temperaturas de 30 °C e 40°C (Figura 3). No entanto, mesmo nas temperaturas maiores, os valores de acidez não ultrapassaram o limite aceitável, que de acordo com Jackix (1988) é 1 mg de ácido/100g de produto onde a partir de então ocorre o processo de sinérese, ou seja, a exsudação do líquido do doce.

A atividade de água (a_w) apresentou oscilações durante o armazenamento (Figura 4). Os tratamentos de doce em massa apresentaram diferença significativa, ao nível de 5%, entre as temperaturas de armazenamento ao longo do tempo (Tabela 2). Os tratamentos sem adição de sorbato de potássio apresentaram maiores oscilações da atividade de água durante o armazenamento, em todas as temperaturas, quando comparados com os tratamentos com adição do conservante (Figura 4), não sendo possível ajustar um bom modelo para os doces com sorbato e armazenados a 20°C (Figura 4a). Quando tratados com o conservante e armazenados a 40°C, os doces apresentam uma redução maior da

atividade de água, quando comparados com as demais temperaturas, apresentando, por exemplo, no final do período de armazenamento, a_w de 0,66 enquanto que nas demais temperaturas esse valor é de 0,72 e 0,74 para 20°C e 30° C respectivamente (Figura 4b).

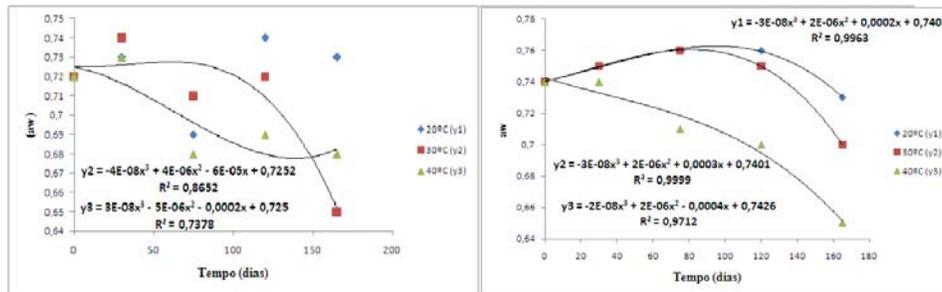


FIGURA 4 Valores médios da a_w do doce de banana durante o armazenamento. (a) sem sorbato de potássio e (b) com sorbato de potássio

Gliemmo et al. (2006) observou, em seus trabalhos, que o sorbato de potássio, presente em modelos aquosos, provoca uma redução na atividade de água principalmente em altas temperaturas, concordando com o observado neste trabalho para a temperatura de 40°C. De acordo com Takur et al. (1994) essa relação da atividade de água com o sorbato de potássio se deve ao fato da solubilidade dos sais de ácido sórbico ser alta, acima de 50%, principalmente em altas temperaturas.

Assim como a atividade de água a umidade apresentou oscilações durante o tempo de armazenamento (Figura 5), no entanto não houve diferença significativa, ao nível de 5%, entre os tratamentos com e sem a adição de sorbato de potássio (Tabela 2). Quando avaliada a influencia da temperatura, os doces com adição de sorbato de potássio apresentaram um aumento da umidade aos 75 dias de armazenamento, sendo esse aumento significativo, ao nível de 5%, nos doces armazenados a 20 °C quando comparados com os doces armazenados nas demais temperaturas, e posterior queda estabilizando em torno 34% de umidade,

em base úmida (g/100g matéria úmida) (Figura 5b). Os doces sem adição do conservante também apresentaram diferença da temperatura de 20°C para as demais temperaturas, no entanto aos 165 dias os doces armazenados a 40°C apresentaram maior valor de umidade quando comparados com os demais (Figura 5a).

É importante destacar que todos os tratamentos, até o tempo estudado, se apresentaram dentro do padrão descrito pela legislação, através da normativa nº9, de 1978 publicada no D.O.U em 11/12/1978, da Câmara Técnica de Alimentos do Conselho Nacional de Saúde, onde a umidade máxima permitida para doce em massa é de 35% em base úmida, porém os doces sem adição de conservante e armazenados a 40°C estavam no limite descrito pela legislação aos 165 dias de armazenamento.

Oscilações nos teores de umidade foi verificada por Beltrão Filho & Silva (2006) ao observar o comportamento dessa variável no doce em massa de banana nanica durante o armazenamento, sendo que o autor atribui essas oscilações ao não armazenamento das amostras em ambiente controlado. O autor destaca ainda que a importância da umidade, em doces em massa, não ultrapassar o exigido pela legislação evitando assim qualquer espécie de contaminação.

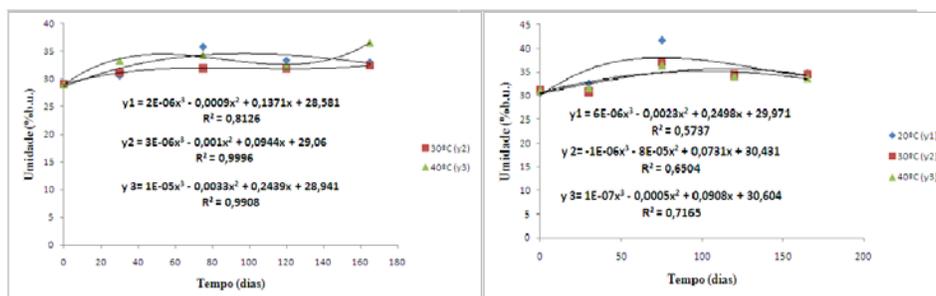


FIGURA 5 Valores médios da umidade do doce de banana durante o armazenamento. (a) sem sorbato de potássio e (b) com sorbato de potássio.

Os valores de sólidos solúveis tenderam a aumentar com o tempo de armazenamento em todos os tratamentos estudados, no entanto o aumento mais acentuado foi observado nos doces com sorbato de potássio (Figura 6). Comportamento semelhante foi observado, também, por Menezes (2008) em doces de goiaba, sendo a autora atribui esse efeito pode ser atribuído ao fenômeno de sinérese, que é um problema frequentemente encontrado em géis de polpa de frutas, resultado da liberação da água retida na matriz do gel (Mouquet et al., 1997). Tal fenômeno também foi observado nesse estudo a partir de 120 dias de armazenamento em todos os doces, no entanto não foi quantificado.

Quando avaliada a influencia da temperatura nos sólidos solúveis observou-se que os doces com adição de sorbato de potássio armazenados a 20°C mantiveram-se constantes, enquanto que nas demais temperaturas observou-se o aumento dessa variável (Figura 6 b). Já os doces sem adição do conservante apresentaram comportamentos diferentes para cada temperatura de armazenamento, sendo que quando armazenados a 20°C os valores de sólidos solúveis mantiveram-se constantes até os 30 dias apresentando aumento aos 75 dias e posterior queda e estabilização aos 120 dias, no entanto ao serem armazenados na temperatura de 30°C os valores de sólidos solúveis dos doces aumentaram aos 30 dias mantendo-se estáveis até posterior queda e estabilização

aos 120 dias, já os doces armazenados a 40°C apresentaram queda nos valores de sólidos solúveis aos 30 dias e subsequente aumento até a estabilização aos 120 dias de armazenamento (Figura 6 a).

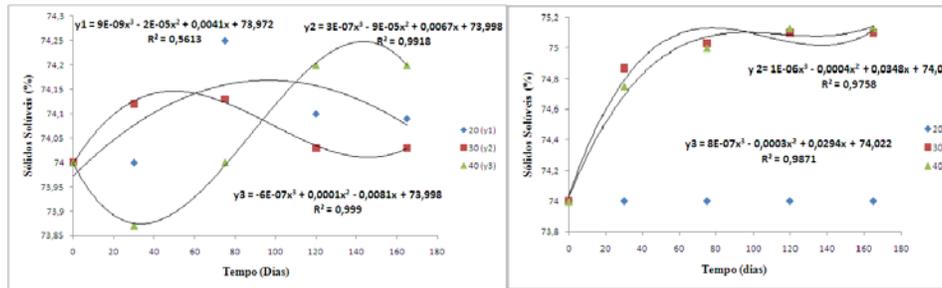


FIGURA 6 Valores médios dos sólidos solúveis do doce de banana durante o armazenamento.(a) sem sorbato de potássio e (b) com sorbato de potássio

Os açúcares totais, redutores e não redutores sofreram influência do tempo e da temperatura, ao nível 5% de significância (Tabela 2). Observou-se que o teor de açúcares totais aumentou com o aumento do tempo de armazenamento e consequentemente os açúcares redutores e não redutores (Figuras 7, 8 e 9).

Quando avaliada a influência da temperatura, os tratamentos sem sorbato de potássio e armazenados nas temperaturas de 30°C e 40°C apresentaram maiores valores de açúcares totais (Figura 7a), não redutores (Figura 8a) e redutores (Figura 9a) quando comparados aos doces armazenados a 20°C, já nos doces com sorbato de potássio observou-se redução dos valores de açúcares totais, redutores e não redutores no último intervalo de tempo de armazenamento na temperatura de 40°C (Figuras 7b, 8b e 9b). Alexandre et al. (2004), observaram comportamento semelhante ao avaliar a conservação do açaí pela tecnologia de obstáculos.

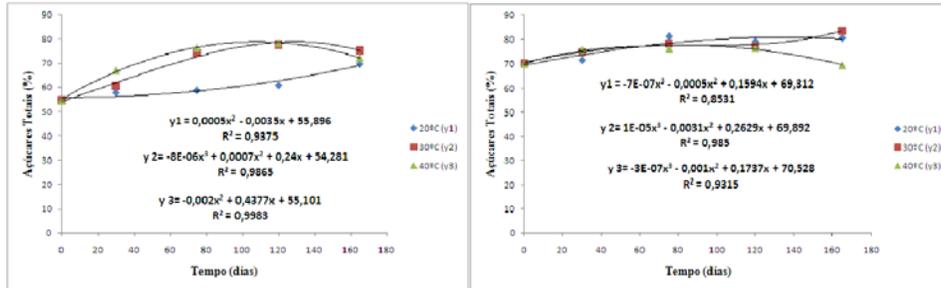


FIGURA 7 Valores médios dos Açúcares Totais do doce de banana durante o armazenamento. (a) sem sorbato de potássio (b) com sorbato de potássio.

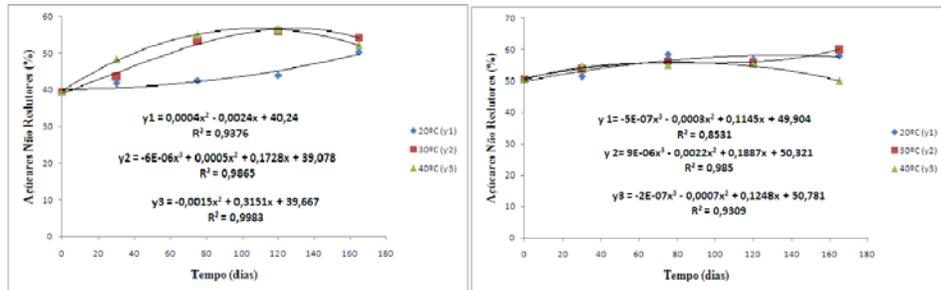


FIGURA 8 Valores médios dos Açúcares Não Redutores do doce de banana durante o armazenamento. (a) sem sorbato de potássio (b) com sorbato de potássio.

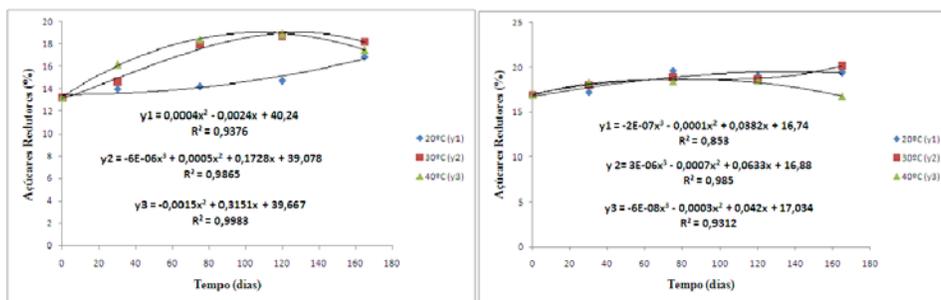


FIGURA 9 Valores médios dos Açúcares Redutores do doce de banana durante o armazenamento. (a) sem sorbato de potássio (b) com sorbato de potássio.

Os resultados de determinação da cor (L, a*, b* e ΔE) do doce em massa são apresentados nas Tabelas 6, 7 e 8.

O produto apresentou escurecimento durante o armazenamento, ou seja, diminuição de L*, tanto maior quanto maior a temperatura (Tabela 6), concordando com o descrito por Garza et al. (1999) ao afirmar que o aumento do tempo e da temperatura de armazenamento afeta diretamente os principais componentes da cor.

O parâmetro a* apresentou poucas alterações com o aumento da temperatura (Tabela 7), tendendo a aumentar com o passar do tempo de armazenamento e intensificar a cor vermelha em todos os tratamentos. Já os valores de b* apresentaram oscilações com o aumento da temperatura de armazenamento. Resultados semelhantes foram encontrados por Menezes (2008) para o parâmetro a* do doce em massa de goiaba e Garcia-Viguera et al. (1999) para os parâmetros a* e b* analisados em geleia de morango.

TABELA 6 Médias e desvio padrão da luminosidade do doce de banana durante o armazenamento

Tratamento	Tempo	20 °C	30 °C	40 °C
		L	L	L
Sem Sorbato	0	23,8 ± 1,8	22,7 ± 0,1	22,64 ± 0,1
	30	22,7 ± 0,04	27,6 ± 0,2	23,8 ± 0,1
	75	21,4 ± 0,03	26,6 ± 0,3	22,6 ± 0,1
	120	26,9 ± 0,3	24,6 ± 0,8	23 ± 0,2
	165	24,5 ± 0,4	27,8 ± 0,1	21,3 ± 0,2
Com Sorbato	0	31,6 ± 0,1	31,8 ± 0,1	31,3 ± 0,2
	30	29,1 ± 0,1	27,2 ± 0,04	27,5 ± 0,06
	75	25,1 ± 0,1	23,9 ± 0,8	24,2 ± 0,2
	120	28,7 ± 0,1	30,4 ± 0,2	26,6 ± 0,3
	165	27,8 ± 0,1	28,4 ± 0,5	25,4 ± 6,5

TABELA 7 Médias e desvio padrão da cor a* e b* do doce de banana durante o armazenamento

Tratamento	Tempo	20 °C		30 °C		40 °C	
		a*	b*	a*	b*	a*	b*
Sem Sorbato	0	4,6 ± 0,7	-2 ± 0,1	4,3 ± 0,3	-2,1 ± 0,02	4,7 ± 0,9	-2,1 ± 0,01
	30	7,4 ± 0,3	2,4 ± 0,4	7,1 ± 0,07	2,5 ± 0,06	8,5 ± 0,2	0,73 ± 0,02
	75	7,4 ± 0,02	1,2 ± 0,2	8,1 ± 0,01	0,85 ± 0,4	3,6 ± 0,2	0,38 ± 0,1
	120	7,3 ± 0,07	2,8 ± 0,7	7,5 ± 0,5	0,88 ± 0,2	7,7 ± 0,4	0,55 ± 0,2
	165	8,9 ± 0,09	0,9 ± 0,2	7,6 ± 0,2	0,26 ± 0,2	6,1 ± 0,3	0,07 ± 0,2
Com Sorbato	0	6,75 ± 0,7	2,7 ± 0,5	6,9 ± 1	2,1 ± 0,09	6,8 ± 0,8	2,3 ± 0,007
	30	10,4 ± 0,5	2,5 ± 0,6	7,6 ± 0,4	3 ± 0,1	9,5 ± 0,4	5 ± 0,2
	75	6,6 ± 0,07	3,9 ± 0,3	6,2 ± 0,2	2,48 ± 0,3	6,4 ± 0,5	0,54 ± 0,2
	120	8,3 ± 0,4	5,1 ± 1,4	8,8 ± 0,3	3,6 ± 1,1	6,56 ± 0	1,2 ± 0,9
	165	8,8 ± 0,07	3,8 ± 0,6	7,7 ± 0,3	1,9 ± 0,6	5,8 ± 0,1	0,1 ± 0,1

A diferença total de cor apresentou oscilações com o tempo e a temperatura de armazenamento (Tabela 8) tanto nos doces com sorbato de potássio quando nos doces sem adição do conservante, tal fato pode ter ocorrido devido ao comportamento oscilatório observado para o parâmetro b*. A diferença total de cor tem sido largamente utilizada na descrição visual da alteração de cor e é útil no monitoramento da qualidade de frutas e produtos de frutas, sendo que quanto maior o seu valor maior degradação da cor o produto apresenta, podendo ser acentuado esse aumento com o aumento da temperatura (Lozano & Irbaz, 1997; Moura et al., 2001, 2005, 2007), fato esse não observado neste trabalho.

TABELA 8 Médias e desvio padrão da diferença total de cor do doce de banana durante o armazenamento.

Tratamento	Tempo	ΔE		
		20 °C	30 °C	40 °C
Sem Sorbato	0	--	--	--
	30	5,33	7,28	4,87
	75	1,76	2,17	5,05
	120	5,72	2,08	4,12
	165	3,45	3,26	2,38
Com Sorbato	0	--	--	--
	30	4,42	4,73	5,38
	75	5,69	3,62	6,35
	120	4,15	7,08	2,49
	165	1,65	2,84	1,79

Quando avaliada a textura, observou-se que tanto a firmeza, quanto a fraturabilidade apresentaram uma tendência a aumentar de acordo com o tempo de armazenamento (Figuras 10 e 11), a tendência ao declínio foi observada para a adesividade, a coesividade e a elasticidade (Figuras 12, 13 e 14), no entanto observou-se uma diferença significativa ($p < 0,05$) apenas no último tempo de armazenamento para todas variáveis avaliadas e a influência do sorbato apenas sobre a adesividade, a firmeza e a fraturabilidade (Tabela 5).

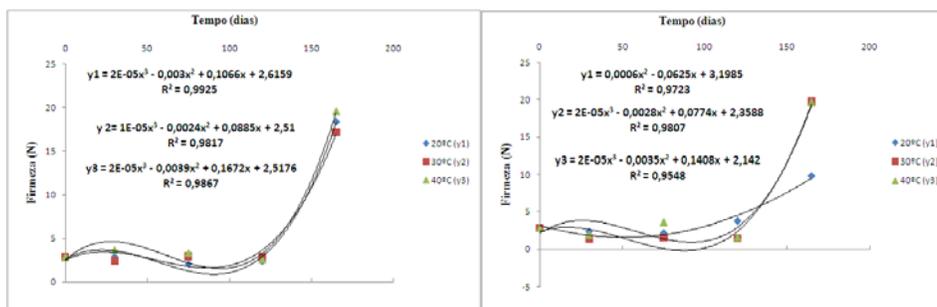


FIGURA 10 Valores médios da firmeza do doce de banana durante o armazenamento. (a) sem sorbato de potássio (b) com sorbato de potássio.

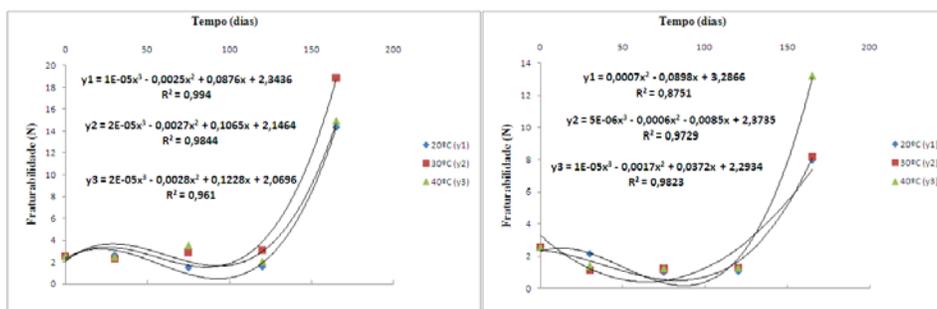


FIGURA 11 Valores médios da fraturabilidade do doce de banana durante o armazenamento. (a) sem sorbato de potássio (b) com sorbato de potássio.

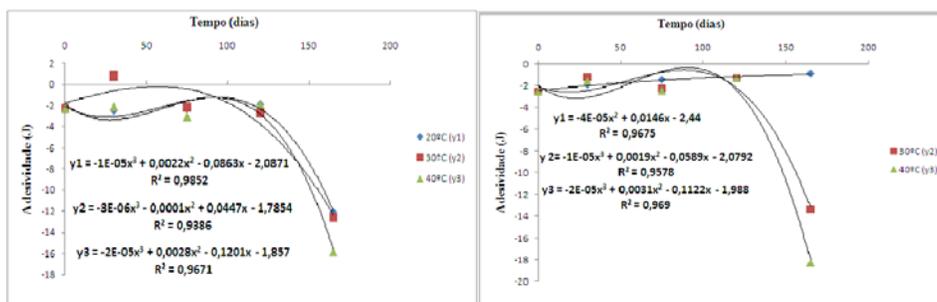


FIGURA 12 Valores médios da adesividade do doce de banana durante o armazenamento. (a) sem sorbato de potássio (b) com sorbato de potássio.

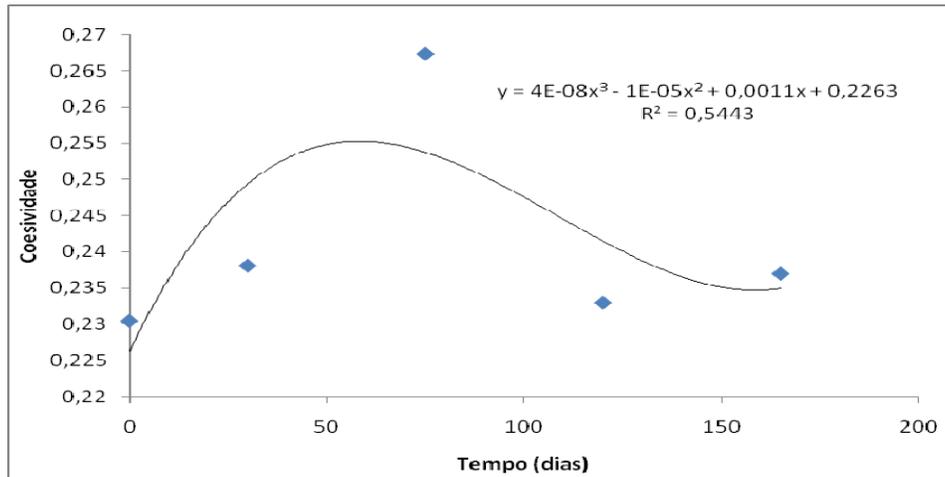


FIGURA 13 Valores médios da Coesividade do doce de banana durante o armazenamento.

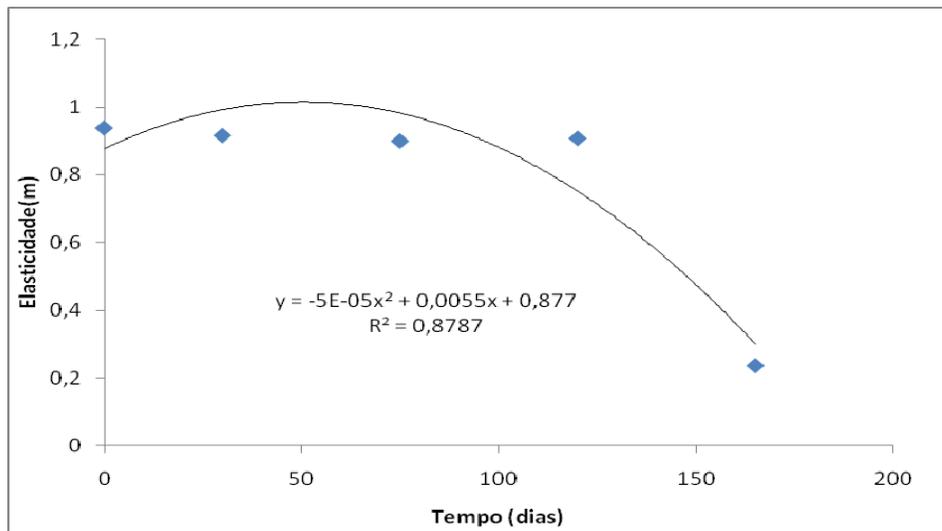


FIGURA 14 Valores médios da Elasticidade do doce de banana durante o armazenamento.

De acordo com Szczesniak (2002) a firmeza é a força necessária para que o material atinja uma dada deformação. O aumento desse parâmetro durante o tempo de armazenamento bem como o aumento na fraturabilidade, possivelmente, ocorreu devido à elevação no teor de sólidos solúveis.

O aumento do teor de sólidos solúveis afeta a textura do doce de duas maneiras. Por um lado, a redução do teor de água aumenta a rigidez da estrutura (Glicksman, 1969). Por outro, o aumento no teor de sólidos solúveis, assim como a firmeza e a fraturabilidade (Tabela 5), sofreu influência da temperatura de armazenamento, indicando que houve evaporação da água presente nos doces armazenados. Com isso, aumenta as chances de hidrólise da pectina, o que torna a estrutura descontínua e mais aderente (Jackix, 1988).

Observou-se, aos 165 dias de armazenamento, influência significativa, ao nível de 5%, das temperaturas de 30°C e 40°C na firmeza dos doces com sorbato de potássio (Figura 10). Já para a fraturabilidade a temperatura foi influente em ambos os tratamentos, tendo a temperatura de 30°C provocado maiores valores dessa variável nos doces sem adição do sorbato de potássio (Figura 11a). No entanto, nos doces com sorbato de potássio a temperatura de 40°C apresentou maiores valores para fraturabilidade a partir de 120 dias de armazenamento (Figura 11b).

De acordo com Soares Júnior et al. (2003) o aumento no teor de sólidos solúveis provoca aumento na adesividade, já que esse fato indica evaporação de água e conseqüentemente a hidrólise da pectina, comportamento esse contrário ao encontrado nesse trabalho, visto a redução da adesividade (Figuras 9 e 12), No entanto, de acordo com o autor as técnicas empregadas para análise de textura ainda não propiciam um grau de padronização satisfatório ao produto, o que freqüentemente apresenta deficiências nas avaliações da dureza, adesividade, entre outros parâmetros de textura.

A coesividade é a extensão em que o material pode ser deformado antes da ruptura e a elasticidade a taxa em que o material deformado volta para a sua condição inicial. Observa-se um aumento, no início do armazenamento, destes parâmetros, sendo mais pronunciado na coesividade, e posterior redução de ambos os parâmetros nos últimos tempos de observação (Figuras 13 e 14). Os baixos valores observados na elasticidade, desde o primeiro tempo de análise, pode se dar à presença de sacarose na formulação, pois, de acordo com Toledo (2004), a sacarose possui efeito plasticizante tornando o produto mais plástico e menos elástico.

Quando avaliada a qualidade microbiológica durante o período de armazenamento, observou-se que os doces mantiveram-se microbiologicamente estáveis em todos os tratamentos, ou seja, a contagem de microorganismos apresentou-se inferior ao exigido pela legislação como padrão de qualidade através da portaria nº 451 de 19/09/1997, da Secretaria de Vigilância Sanitária (Brasil, 1998), que descreve que para serem considerados estáveis, os purês e doces em massa devem apresentar ausência de salmonelas em 25g de amostra, contagem máxima de 1 coliforme a 35°C/g de amostra e contagem máxima de 103 fungos filamentosos e leveduras/g de amostra.

Embora não exigida pela legislação a contagem de coliformes totais foi realizada indicando ausência de contaminação e conseqüente adequabilidade do processamento, pois a presença deste microorganismo indica contaminação do produto após processamento (Siqueira, 1995). Resultados semelhantes foram observados por Wille et al. (2004), Granada et al. (2005) e Menezes (2008).

5.3 Acompanhamento da vida de prateleira – Análise Sensorial

Nas Tabelas 9, 10, 11 e 12 são mostrados os resultados da análise sensorial de doce de banana em massa, com e sem a adição de sorbato de potássio, durante o armazenamento.

TABELA 9 Médias das notas do atributo cor para o doce de banana prata em massa.

Tratamento	Temperatura (°C)	Tempo de Avaliação (dias)		
		0	75	165
Sem sorbato	20	7 a	6,7 a	6,2 a
	30	7 a	6,08 ba	5,9 ba
	40	7 a	5,52 b	5,22 b
Com sorbato	20	6,9 a	6,04 a	6,1 a
	30	6,9 a	6,3 a	5,8 ba
	40	6,9 a	5,1 b	5,1 b

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

TABELA 10 Médias das notas do atributo Textura para o doce de banana prata em massa.

Tratamento	Temperatura (°C)	Tempo de Avaliação (dias)		
		0	75	165
Sem sorbato	20	6,7 a	7,1 a	6,06 a
	30	6,7 a	6,7 a	5,7 a
	40	6,7 a	6,6 a	5,5 a
Com sorbato	20	6,6 a	6,2 a	5,6 a
	30	6,6 a	5,7 a	5,5 a
	40	6,6 a	5,6 a	5,1 a

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Os resultados da análise sensorial mostraram que a cor subjetiva das amostras de doce de banana, com e sem a adição de sorbato de potássio, passaram a ser afetadas, a partir de 75 dias, pela temperatura de armazenamento, apresentando menores escores de aceitação atribuídos pelo provador para os doces armazenados a 40°C (Tabela 9), já a textura não apresentou redução significativa, ao nível de 5%, nos escores de aceitação, devido às temperaturas aceleradas de armazenamento, em nenhum dos tempos estudados (Tabela 10).

Os atributos sabor e aspecto global (Tabelas 11 e 12), também mostraram redução dos escores a partir de 75 dias de armazenamento, para

ambos os tratamentos, provocada pelo efeito da temperatura, apresentando diferença significativa, ao nível de 5% de significância, entre a temperatura de 20°C e as temperaturas de 30°C e 40°C.

Observou-se, no geral, que as amostras tratadas com sorbato de potássio apresentaram escores menores, quando comparadas com o doce sem adição do conservante, desde o primeiro período de análise (Tabelas 9, 10 e 11). Tal fato pode ser justificado pela cor, onde os doces com conservante apresentaram maiores valores de L (Tabela 6), na maioria dos períodos analisados, indicando coloração mais clara, estando o consumidor habituado com doces de banana escuros.

TABELA 11 Médias das notas do atributo sabor para o doce de banana prata em massa

Tratamento	Temperatura (°C)	Tempo de Avaliação (dias)		
		0	75	165
Sem sorbato	20	7,08 a	6,7 a	5,7 a
	30	7,08 a	6,3 a	5,5 a
	40	7,08 a	4,9 b	4,7 b
Com sorbato	20	6,7 a	5,8 a	5,3 a
	30	6,7 a	5,5 a	5,3 a
	40	6,7 a	4,2 b	4,1 b

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

TABELA 12 Médias das notas do atributo aspecto global para o doce de banana prata em massa

Tratamento	Temperatura (°C)	Tempo de Avaliação (dias)		
		0	75	165
Sem sorbato	20	6,9 a	6,7 a	5,6 a
	30	6,9 a	6,5 ba	5,1 ba
	40	6,9 a	5,8 b	4,5 b
Com sorbato	20	6,5 a	6,06 a	5,6 a
	30	6,5 a	5,8 ba	5,6 a
	40	6,5 a	5,0 b	4,0 b

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Ao avaliar a estabilidade sensorial de doces de goiaba com e sem a adição de sorbato de potássio, Menezes (2008) observou que durante o armazenamento os doces apresentaram perda de qualidade, mesmo estando armazenados na temperatura de 19,5°C. O termo “qualidade” é usado como uma forma de expressão do estado de deterioração do alimento, e significa, para o consumidor, que o alimento possui características ou atributos desejáveis (Maria Netto, 2004). Observou-se, neste estudo, a perda da qualidade dos produtos armazenados a 40°C, em apenas 75 dias de armazenamento, através da diferença significativa dos escores sensoriais atribuídos, pelos provadores, a todos os atributos analisados exceto a textura. Esse fato pode ser explicado pela adesividade ter apresentado diferença significativa, ao nível de 5%, da temperatura de 40°C para as demais temperaturas, mostrando uma redução da adesividade dos doces, principalmente nos tratamentos com sorbato de potássio e no último tempo de análise, armazenados nessa temperatura (Figura 12). Menezes (2008) observou em seus estudos que valores altos da adesividade do doce em massa provocam menores escores de aceitação devido à característica pegajosa que essa variável atribui ao doce, no entanto tal comportamento não foi observado nesse estudo. Soares Júnior et al. (2003) observou comportamento semelhante para o doce de manga.

6 CONCLUSÕES

As formulações de doce em massa de banana prata sofreram influencia tanto do tempo como da temperatura de armazenamento e da presença de sorbato de potássio, sendo o tempo a variável que mais interferiu na qualidade do produto, influenciando nas alterações de todos os parâmetros analisados. A temperatura provocou alterações em todos os parâmetros exceto a elasticidade e a adesividade, enquanto a presença de sorbato de potássio mostrou-se influente nos sólidos solúveis, firmeza, atividade de água, pH, acidez, fraturabilidade, adesividade, bem como em todos os parâmetros de cor e nos escores sensoriais. Quando avaliada a qualidade microbiológica todos os tratamentos se mantiveram estáveis durante o armazenamento.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, J.P. Fatores que influenciam no processamento de geléias e geleadas de frutas. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.31, n.1, p.1-8, jan./jun. 1997.

ALEXANDRE, D.; CUNHA, R.L.; HUBINGER, M.D. Conservação do açaí pela tecnologia de obstáculos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.24, n.1, p.114-119, jan./fev. 2004.

ALIKONIS, J.J. Starch and pectin jellies. In: BELLARDE, F.B. **Candy technology**. Connecticut: AVI, 1979. chap.10, p.109-118.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the association of analytical chemistry**. 11.ed. Washington, 1992. 115p.

BANJONGSINSIRI, P.; KENNEY, S.; WICKER, L. Texture and distribution of pectic substances of mango as affected by infusion of pectinmethylesterase and calcium. **Journal Science Food Agriculture**, London, v.84, n.12, p.1493-1499, Dec. 2004.

BELTRÃO FILHO, E.M.; SILVA, M.L.P. da. Processamento de docem em massa de banana (*Musa sp*): cultivar nanicão. In: JORNADA NACIONAL DA AGROINDÚSTRIA, 1., 2006, Bananeiras. **Anais... Bananeiras: Agroindústria Nacional**, 2006. 1 CD-ROM.

BLEINROTH, E.W. Matéria prima. In: INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Banana: matéria-prima, processamento e aspectos econômicos**. Campinas, 1995. p.133-196.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Resolução Normativa nº9**, de 11 de dezembro de 1978. Atualiza a Resolução nº 52/77 da antiga Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. Brasília, 1978. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/09_78_doces.htm>. Acesso em: 15 fev. 2009.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Portaria n. 451, de 19 de setembro de 1997. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, n.124, p.4-13, 2 jul. 1998.

BRASIL. Resolução DRC nº 34, de 9 de março de 2001. Regulamento técnico que aprova o uso de aditivos alimentares, estabelecendo suas funções e seus limites máximos para a categoria de alimentos 21: preparações culinárias industriais. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 12 mar. 2001. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=171>>. Acesso em: 10 fev. 2009.

BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.W. **Drying and storage of grains and oilseeds**. Westport: The AVI, 1992. 450p.

CEREZAL, P.; DUARTE, G. Sensory influence of chemical additives in peeled cactus pears (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller) in syrup conserved by combined methods. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, New York, v.6, n.6, p.102-119, Sept. 2004.

CHITARRA, A.B.; CHITARRA, M.I.F. Manejo pós-colheita e amadurecimento comercial de banana. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, n.6, p.761-771, jun. 1984.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 293p.

DELLA MODESTA, R.C. **Manual de análise sensorial de alimentos e bebidas**. Rio de Janeiro: CTAA-EMBRAPA, 1994. v.1, 114p.

GARCIA-VIGYERA, C.; ZAFRILLA, P.; ROMERO, F.; ABELLÁN, P.; ARTÉS, F.; TOMÁS-BARBERÁN, F.A. Color stability of strawberry jam as affected by cultivar and storage temperature. **Journal of Food Science**, Chicago, v.64, n.2, p.234-247, Feb. 1999.

GARZA, S.; IBARZ, A.; PAGÁN, J.; GINER, J. Nonenzymatic browning in peach puree during heating. **Food Research International**, Barking, v.32, n.5, p.335-343, June 1999.

GIESE, J. Fats, oils, and fat replacers. **Food Technology**, Chicago, v.50, n.4, p.78-83, Apr. 1996.

GLICKSMAN, M. **Gum technology in the food industry**. New York: Academic, 1969. 189p.

GLIEMMO, M.F.; CAMPO, C.A.; GERSCHENSONS, L.N. Effect of several humectants and potassium sorbate on the growth of *zygosaccharomyces balli* in model aqueous systems resembling low sugar products. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v.77, n.4, p.761-770, Dec. 2006.

GRANADA, G.G.; ZAMBIAZI, R.C.; MENDONÇA, C.R.B.; SILVA, E. Caracterização física, química, microbiológica e sensorial de geléias light de abacaxi. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25, n.4, p.629-635, jul./ago. 2005.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. São Paulo, 1985. 533p.

JACKIX, M.H. **Doces, geléias e frutas em calda**. São Paulo: Ícone, 1988. 158p.

KANNA, S.; THIRUMARAN, A.S. Studies on the storage life of jamum (*Syzygium cuminii Rom.*) fruit products. **Journal Food Science Technology**, Mysore, v.41, n.2, p.186-188, Mar./Apr. 2004.

LEISTNER, L. Food preservation by combined methods. **Food Research International**, Barking, v.25, n.2, p.151-158, Feb. 1992.

LICHTENBERG, L.A. Colheita e pós-colheita da banana. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, n.196, p.73-90, jan./fev. 1999.

LOZANO, J.E.; IBARZ, A. Color changes in concentrated fruit pulp during heating at high temperature. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v.31, n.3, p.365-373, Mar. 1997.

MACEDO, M.I. Banana. **Hortifruti Brasil**, Piracicaba, ano 6, n.65, p.21-31, jan./fev. 2008.

MARIA NETTO, F.M. Determinação da vida-de-prateleira: erros e limitações. In: MOURA, S.C.S.R.; GERMER, S.P.M. (Ed.). **Reações de transformação e vida-de-prateleira de alimentos processados**. 3.ed. Campinas: ITAL, 2004. p.83-92. (Manual técnico, 6).

MATSUURA, F.C.A.U.; CARDOSO, R.L.; RIBEIRO, D.E. Qualidade sensorial de frutos híbridos de bananeira cultivar pacovan. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.1, p.263-266, abr. 2002.

MENEZES, C.C. **Otimização e avaliação da presença de sorbato de potássio e das embalagens sobre o doce de goiaba durante o armazenamento.** 2008. 159p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MOTA, R.V. Caracterização física e química de geléia de amora-preta. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.26, n.3, p.539-543, maio/jun. 2006.

MOTA, R.V.; LAJOLO, F.M.; CORDENUNSI, B.R. Composição em carboidratos de alguns cultivares de banana (*Musa spp.*) durante o amadurecimento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.17, n.2, p.94-97, mar./abr. 1997.

MOUQUET, C.; AYMARD, C.; GUILBERT, S.; CUVELIER, G.; LAUNAY, B. Influence of initial pH on gelation kinetics of texturized passion fruit pulps. **Labensmittel Wissenschaft und Technology**, Amsterdam, v.30, n.1/2, p.129-134, Apr. 1997.

MOURA, S.C.S.R.; BERBARI, S.A.; ALMEIDA, M.E.M.; LUCCAS, V.; KITAHARA, E.O. Acompanhamento da vida-de-prateleira de caqui-passa. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS, 5., 2005, Puerto Vallarta. **Resumes...** Puerto Vallarta: CIBIA, 2005. 1 CD-ROM.

MOURA, S.C.S.R.; BERBARI, S.A.; GERMER, S.P.M.; ALMEIDA, M.E.M.; FEFIM, D.A. Determinação da vida-de-prateleira de maçã-passa por testes acelerados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.27, n.1, p.41-48, jan./fev. 2007.

MOURA, S.C.S.R.; VITALI, A.A.; ALMEIDA, M.E.M.; BERBARI, S.A.; SIGRIST, J.M.M. Cinética de degradação de polpas de morango. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.4, n.4, p.115-121, jun. 2001.

NASCIMENTO, M.R.F.; OLIVEIRA, L.F.; BORGES, S.B. Estudo da conservação de doce de corte de casca de maracujá à temperatura ambiente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 13., 2002, Porto Alegre. **Proceedings...** Porto Alegre: CBCTA, 2002. 1 CD-ROM.

NELSON, N. A fotometric adaptation of Somogyi method for the determination of glucose. **The Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, v.153, n.2, p.375-380, Feb. 1944.

PEREIRA, D.B.C.; SILVA, P.H.F. da; OLIVEIRA, L.L. de. **Físico química de leite e derivados**: métodos analíticos. 2.ed. rev. Juiz de fora: EPAMIG, 2001. 234p.

POLICARPO, V.M.; BORGES, S.V.; ENDO, E.; CASTRO, F.T.; DAMICO, A.A.; CAVALCANTI, N.B. Estabilidade de cor de doces em massa de Umbu (*Spondias Tuberosa*, Arr. Cam.) no estágio de maturação verde. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.4, p.141-148, jul./ago. 2007.

SANSÓN, R.A. **Introduction to food and airbourne fungi**. Denmark: Techinal University of Denmark, 2000. 313p.

SATO, A.C.K.; SANJINEZ-ARGANDOÑA, E.J.; CUNHA, R.L. Avaliação das propriedades físicas, químicas e sensorial de preferência de goiabas em calda industrializadas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.24, n.4, p.550-555, out./dez. 2004.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F. de A. **Manual de análises microbiológicas de alimentos**. São Paulo: Varela, 1997. 317p.

SILVA, C.S.; LIMA, L.C.; SANTOS, H.S.; CAMILI, E.C.; VIEIRA, C.R.Y.I.; MARTINS, C.S.; VIEITES, R.L. Amadurecimento da banana-prata climatizada em diferentes dias após a colheita. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.30, n.1, p.103-111, jan./fev. 2006.

SIQUEIRA, R.S. **Manual de microbiologia de alimentos**. Brasília: EMBRAPA-SPI; Rio de Janeiro: EMBRAPA-CTAA, 1995. 159p.

SOARES JÚNIOR, A.M.; MAIA, A.B.R.A.; NELSON, D.L. Estudo do efeito de algumas variáveis de fabricação no perfil texturométrico do doce de manga. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.23, n.1, p.76-80, jan./abr. 2003.

SOMOGY, M. A new reagent for determination of sugars. **The Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, v.160, n.1, p.61-68, May 1945.

SZCZESNIAK, A.S. Texture is a sensory property. **Food Quality and Preference**, Wastport, v.13, n.2, p.215-225, June 2002.

THAKUR, B.R.; SINGH, R.K.; ARYA, S.S. Chemistry of sorbates: a basic perspective. **Food Reviews International**, New York, v.10, n.1, p.71-91, Jan. 1994.

TOLEDO, P.F. de. **Propriedades reológicas de doce de banana**. 2004. 101p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos)-Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

VIDYASAGAR, K.; ARYA, S.S. Stability of sorbic acid in orange squash. **Journal Agriculture Food Chemistry**, Washington, v.31, n.6, p.1262-1263, Dec. 1983.

VINCENT, J.F.V. Application of fracture mechanics to the texture of food. **Engineering Failure Analysis**, Oxford, v.11, n.5, p.695-704, Nov. 2004.

WHITAKER, J.R. Effect of temperature on enzyme-catalysed reactions. In: _____. **Principles of enzymology for the food science**. New York: M.Dekker, 1972. p.319-349.

WICKLUND, T.; ROSENFELD, H.J.; MARTISEN, B.K.; SUNDFOR, M.W.; LEA, P.; BRUNN, T.; BLOMHOFF, R.; HAFFNER, K. Antioxidant capacity and colour of strawberry jam as influenced by cultivar and storage conditions. **Labensmittel Wissenschaft und Technology**, Amsterdam, v.38, n.4, p.380-391, Apr. 2005.

WILLE, G.M.F.C.; MACEDO, R.E.F. de; MASSON, M.L.; STERTZ, S.C.; LIMA, J.M. Desenvolvimento de tecnologia para a fabricação de doce em massa em Araçá-Pêra (*Psidium acutangulum* D. C.) para o pequeno produtor. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.28, n.6, p.1360-1366, nov./dez. 2004.

WITH, L.M.; NGUYEN, T.T.; WROLSTAD, R.E.; HEATHER-BELL, D.A. Storage changes un anthocyanin content of red raspberry juice concentrate. **Journal of Food Science**, Chicago, v.58, n.1, p.190-192, Jan. 1993.

CAPÍTULO 3

Determinação da vida-de-prateleira por testes acelerados

1 RESUMO

O estudo da degradação de alimentos constitui-se ferramenta importante para o lançamento de produtos no mercado e previsão de sua vida útil, sendo que produtos como doce em massa possuem vida-de-prateleira prolongada inviabilizando sua determinação por métodos convencionais levando à utilização de testes acelerados de vida-de-prateleira (TAVP). O objetivo desse estudo foi determinar a vida-de-prateleira de doce em massa de banana prata com e sem adição de sorbato através de TAVP. Para as análises instrumentais o efeito da temperatura na constante da velocidade de reação não se ajustou ao modelo de Arrhenius. Já resultados da análise sensorial (atributos de sabor e aspecto global) se ajustaram ao modelo de Arrhenius, permitindo também o ajuste ao modelo de reação de ordem zero e estimativa de vida útil de 125, 163 e 213 dias para os doces sem adição de sorbato de potássio armazenadas a 40°C, 30°C e 20°C respectivamente, enquanto que, para os doces com adição do conservante, o tempo de vida-de-prateleira estimado foi 85, 127 e 193 dias quando armazenados a 40°C, 30°C e 20°C respectivamente.

Palavras-chave: vida-de-prateleira, análise sensorial, sorbato de potássio

2 ABSTRACT

The study of the degradation of food it is important for launching of products in the market and forecast of its shelf life, with products such as banana preserves have prolonged shelf life preventing their determination by conventional methods leading to the use of shelf-life accelerated tests (TAVP). The aim of this study was to determine the shelf life of banana preserves with and without addition of sorbate through TAVP. For instrumental analysis the effect of temperature on the reaction's constant speed does not fit the model of Arrhenius. Have results of sensory analysis (appearance and taste global attributes) fit the model of Arrhenius, also the setting for the type of reaction of zero order and estimated shelf life of 125, 163 and 213 days for the banana preserves without the addition of potassium sorbate stored at 40°C, 30°C and 20 °C respectively, while for the banana preserves with the addition of preservative, the length of shelf-life was estimated 85, 127 and 193 days when stored at 40°C, 30 °C and 20°C respectively.

Key words: shelf-life, sensory analysis, potassium sorbate

3 INTRODUÇÃO

Nos países em desenvolvimento, as perdas pós-colheita de frutas ultrapassam 20% da produção. No caso do fruto da bananeira os excedentes de produção são estimados em 30% do total da produção e podem ser utilizados na elaboração de doces (Sato et al., 2004).

Os doces em massa são produtos resultantes do processamento adequado de partes comestíveis de vegetais, adicionados de açúcares, pectina, ajustador de pH, além de outros aditivos permitidos até alcançar a consistência adequada. Dentre os aditivos permitidos pela legislação encontra-se o ácido sórbico e seus sais que atuam como conservantes, sendo considerados eficientes na ampliação da vida-de-prateleira dos produtos (Alexandre et al., 2004). Em doces em massa, Menezes (2008), relata que o sorbato de potássio atua principalmente na redução da atividade de água e no aumento do teor de sólidos solúveis.

Doces em massa possuem vida-de-prateleira prolongada, ou seja, o tempo em que os doces, conservados em determinadas condições de temperatura, apresentam alterações que são, até certo ponto, consideradas aceitáveis pelo fabricante, pelo consumidor e pela legislação alimentar vigente é extenso (Labuza & Schmidl, 1985). No entanto, apesar de não ser fácil sua determinação, a vida útil de um produto é informação estratégica de uma empresa, que pode gerenciar melhor sua distribuição e informar, de forma mais adequada, as condições de sua conservação aos consumidores, sendo que para produtos com tempo de vida útil prolongado pode-se aplicar Testes Acelerados de Vida-de-Prateleira (TAVP) como uma alternativa de determinação da vida útil em menor intervalo de tempo.

O TAVP consiste no armazenamento do produto de interesse sob condições ambientais definidas e controladas, de forma a acelerar as taxas de transformação (Vitali et al., 2004). Estudos com maçã-passa, polpa de morango

e fruta estruturada e desidrata tem comprovado a eficiência dos testes acelerados obtendo resultados de perda de qualidade que permitem determinar a cinética da degradação do produto em pouco tempo de observação (Moura et al., 2001, 2005; Grizotto et al., 2006).

O estudo de vida-de-prateleira de produtos alimentícios consiste em submeter várias amostras a uma série de testes e examiná-las durante um período de tempo até o limite de aceitação. São observadas as alterações na qualidade do produto e o tempo que ele leva para se deteriorar até o limite que o torna impróprio para o consumo. A identificação dos atributos que se alteram e a definição quantitativa desse atributo são maneiras de monitorar a perda de qualidade durante o armazenamento (Labuza, 1984; Maria Netto, 2004; Mori, 2004; Vitali et al., 2004).

Análises de parâmetros químicos, físicos ou biológicos do produto, durante o período de armazenamento, podem receber tratamento estatístico, representando, assim, as alterações ocorridas. Entretanto, para a cinética das reações de degradação e estimativa de vida útil deve, preferentemente, ser utilizados atributos de qualidade percebida por consumidores em função do tempo como, por exemplo, a média de aceitação sensorial de um produto obtida de uma escala hedônica de nove pontos, podendo as notas dos atributos ser utilizadas para determinar o fator de aceleração com a temperatura (Q_{10}) e posterior estimativa da vida-de-prateleira (Triboli, 2008).

A conservação de doces em massa, geralmente, se dá pela tecnologia de obstáculos, onde, barreiras tais como tratamento térmico, adição de açúcar e conservantes garantem a estabilidade e segurança do alimento (Leistner, 1992).

Os aditivos conservadores ou preservadores são substâncias que retardam os processos de deterioração de produtos alimentícios, protegendo-os contra a ação de microrganismos ou enzimas proporcionando, também aumento de vida útil do alimento. Neste sentido o sorbato de potássio é visto como um

conservante eficaz, que além de ser eficiente inibidor do crescimento microbiano possui baixa toxicidade para mamíferos, ocasiona menor sensação de sabor residual (Praphailong & Fleet, 1997).

O objetivo deste trabalho foi determinar a vida-de-prateleira de doce em massa de banana prata com e sem a adição de sorbato de potássio através de testes acelerados.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Testes acelerados

Para a estimativa da vida-de-prateleira foram determinadas, a partir do acompanhamento da vida-de-prateleira, sequencialmente, a ordem das reações de deterioração, a constante de velocidade da reação (k), a energia de ativação e o fator de aceleração da temperatura Q_{10} através dos dados de cor e textura objetiva bem como os resultados sensoriais.

A ordem da reação foi determinada de acordo com a metodologia descrita por Teixeira Neto (2004), seguindo o seguinte protocolo:

1. Plota-se um gráfico, em escala linear, a variável em função do tempo, se os dados se ajustarem a uma reta, ou seja, o ajuste linear apresente bom R^2 (coeficiente de correlação que varia de 0 a 1, sendo que quanto mais próximo a 1 melhor o ajuste), então a reação estudada é de ordem zero.
2. Plota-se um gráfico, em escala monologarítmica, a variável em função do tempo, se os dados se ajustarem a uma reta, com bom coeficiente de determinação (R^2), então a reação estudada é de primeira ordem.
3. Plota-se um gráfico, em escala linear, o inverso do parâmetro em função do tempo, ajustando-se os dados, R^2 acima de 0,5, a uma reta tem-se uma reação de segunda ordem.

Encontrada a ordem da reação, a inclinação da reta obtida, indica o valor da constante da velocidade da reação (k) para cada nível de temperatura.

O efeito da temperatura na constante da velocidade das reações foi descrito empregando o modelo de Arrhenius. A energia de ativação (A) da reação e o valor de Q_{10} , foram calculados empregando as equações:

$$\ln k = \frac{-E}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) + \ln k_0 \quad (1)$$

E= energia de ativação (cal/mol);
T= temperatura absoluta final;
T₀= temperatura absoluta referência;
k= constante de velocidade da reação

$$Q_{10} = 10^{\frac{E}{0,46 \cdot T^2}} \quad (2)$$

Na equação (2) empregou-se o valor da temperatura média estudada em Kelvin, e a energia de ativação em cal mol⁻¹ K⁻¹.

A estimativa de vida-de-prateleira foi calculada, primeiramente, através da equação (y= a + bx), gerada pelos ajustes, na regressão para a temperatura de 40°C, sendo y a nota corte adotada para a sensorial 5 e x o valor da estimativa da vida-de-prateleira, e posteriormente utilizou-se o fator de aceleração da temperatura (Q₁₀ - equação 2), onde o valor da vida útil a 40°C foi multiplicado pelo valor do Q₁₀, determinado anteriormente, para estimar o valor da vida-de-prateleira na temperatura de 30°C que também foi multiplicada por Q₁₀ para determinar a vida útil a 20°C.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apesar de terem ocorrido alterações de algumas variáveis físicas e físico-químicas, durante o armazenamento, o efeito da temperatura na constante de velocidade da reação não se ajusta ao modelo de Arrhenius, sendo esse o modelo universalmente aceito para representar os efeitos das condições aceleradas de temperatura (Teixeira Neto et al., 2004), apresentando valores baixos de R^2 ao plotar, em escala linear, o \ln das constantes de aceleração da temperatura versus o inverso da temperatura absoluta, sendo o R^2 o coeficiente de determinação que indica a qualidade do ajuste realizado, variando de 0 a 1, e quão mais próximo a zero pior é o ajuste e menor é o número de casos onde uma variável explica a outra (Johnson & Bhattacharyya, 1997).

Teixeira Neto et al. (2004) afirmam que o modelo de Arrhenius é um modelo matemático em função da temperatura, ou seja, não descreve alterações realizadas por outros fatores, indicando, portanto, nesse estudo, que algumas das alterações físico-químicas podem ter ocorrido em função de outros fatores que não apenas o tempo e a temperatura. Faria (1990) e Vitali et al. (2004) descreve que a equação de Arrhenius, permite uma estimativa mais exata da vida-de-prateleira, sendo que diante da impossibilidade de utilizá-la em com informações de alterações dos parâmetros físico-químicos pode-se basear o modelo em dados sensoriais. É pouco encontrado na literatura trabalhos que envolvam testes acelerados de vida-de-prateleira de doces em massa ou produtos similares tais como geleia. No entanto, baseado no descrito anteriormente optou-se por utilizar, para o estudo da cinética de degradação do doce em massa, os dados sensoriais, adotando como perda máxima de qualidade a nota 5 (indiferente) na escala sensorial. Os atributos cor e textura não atingiram a nota corte até o tempo avaliado em todos os tratamentos, não sendo, então, possível utilizar esses parâmetros para a determinação da cinética de degradação dos doces

concordando com o observado na avaliação objetiva de cor e textura onde os dados não permitiram o estudo da cinética de degradação. Já o atributo sabor apresentou nota corte aos 75 dias de armazenamento, enquanto o aspecto global só atingiu esta nota no último tempo de avaliação, tendo esse comportamento ocorrido tanto para os tratamentos com sorbato de potássio quanto para os tratamentos sem a adição do conservante.

Para a determinação da vida-de-prateleira do produto foram utilizados os resultados dos atributos sabor e avaliação global que atingiram a nota sensorial de corte durante o armazenamento. A ordem da reação e a constante da velocidade da reação da degradação dos atributos sabor e avaliação global foram determinados tanto para o doce com adição de sorbato de potássio quanto para o doce sem adição do conservante, visando à estimativa da vida-de-prateleira para cada doce e posterior observação da eficácia do sorbato de potássio como conservante e no aumento da vida-de-prateleira do produto.

Os resultados experimentais para a degradação dos atributos sabor e avaliação global durante o armazenamento nas temperaturas de 20, 30 e 40°C, são mostrados nas Figuras 1 e 2, para formulações sem sorbato, e nas Figuras 3 e 4, para formulações com sorbato. Com base no observado todas as reações se ajustam ao modelo cinético de ordem zero, pois ao plotar um gráfico, em escala linear, do atributo sensorial versus o tempo os dados se ajustaram a uma reta gerando um bom coeficiente de determinação (R^2) para o modelo ajustado (Figuras 1, 2, 3 e 4), sendo esse tipo de comportamento comum em alimentos (Teixeira Neto et al., 2004).

Através da equação de regressão (Figuras 1 e 2) determinou-se que na temperatura de 40°C os atributos sabor e aspecto global, dos doces sem adição de sorbato de potássio, atingiram a nota corte com, aproximadamente, 120 e 130 dias de armazenamento, respectivamente. Já nas demais temperaturas (20°C e 30°C) a nota corte não foi obtida durante o período de estudo.

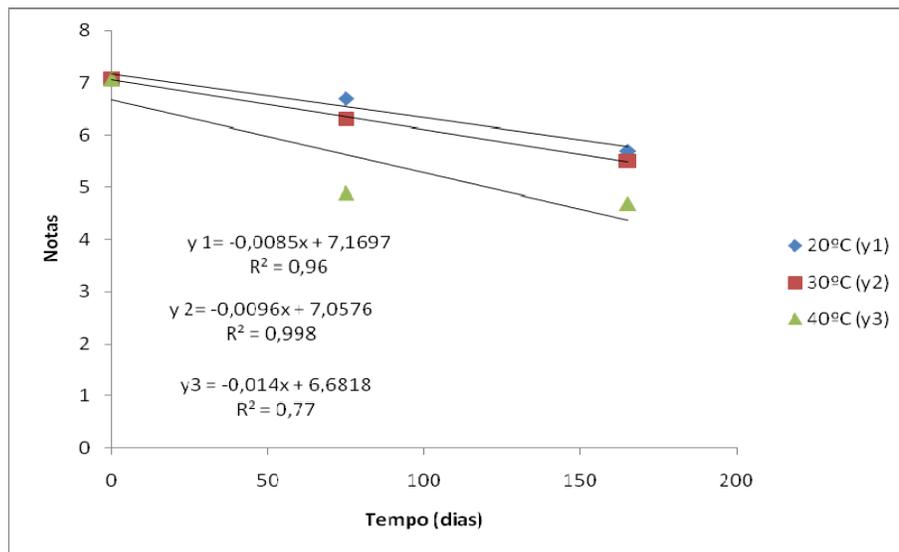


FIGURA 1 Modelo cinético da alteração no sabor do doce em massa de banana prata sem adição de sorbato de potássio.

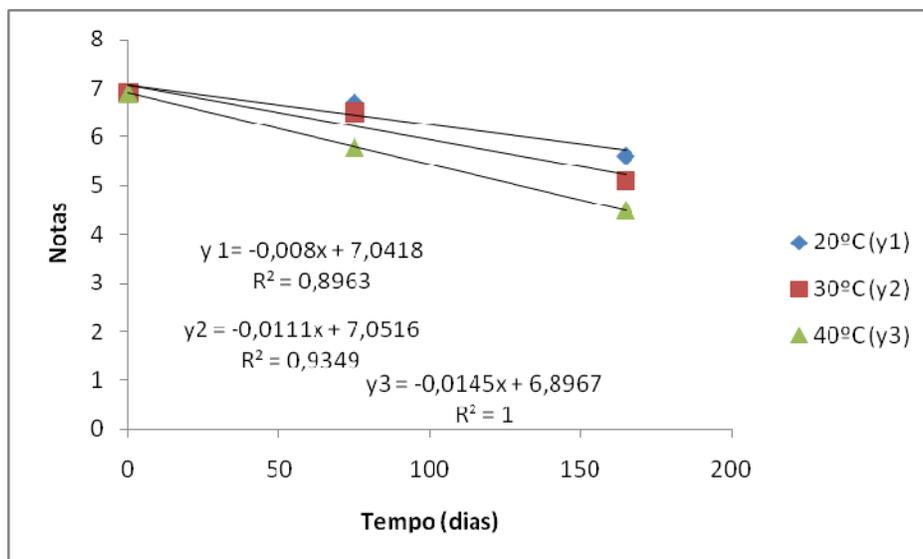


FIGURA 2 Modelo cinético da alteração no aspecto global do doce em massa de banana prata sem adição de sorbato de potássio.

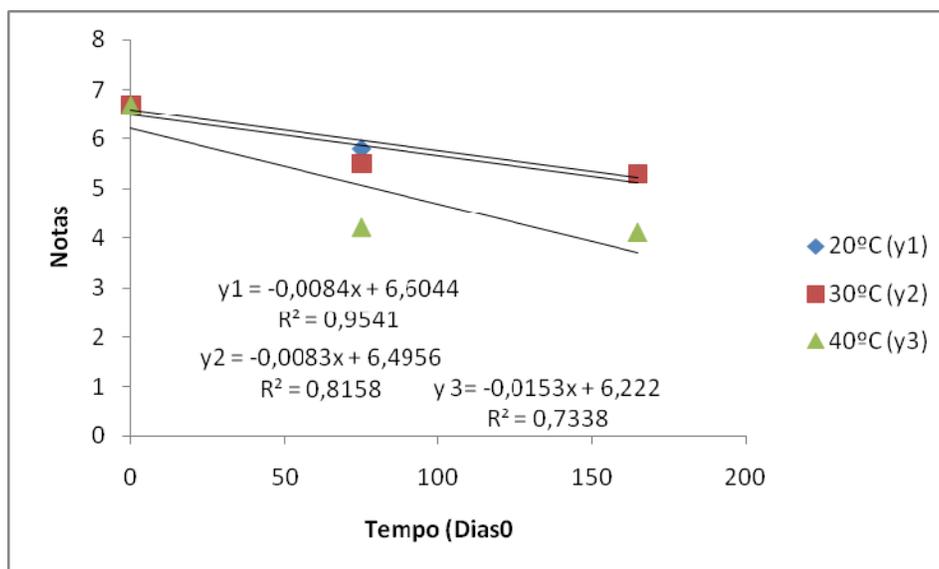


FIGURA 3 Modelo cinético da alteração no sabor do doce em massa de banana prata com adição de sorbato de potássio.

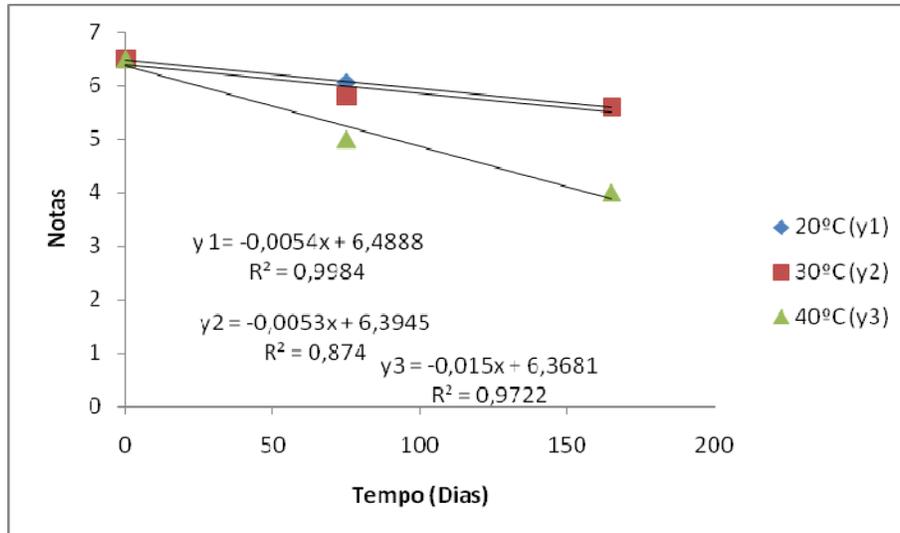


FIGURA 4 Modelo cinético da alteração no aspecto global do doce em massa de banana prata com adição de sorbato de potássio.

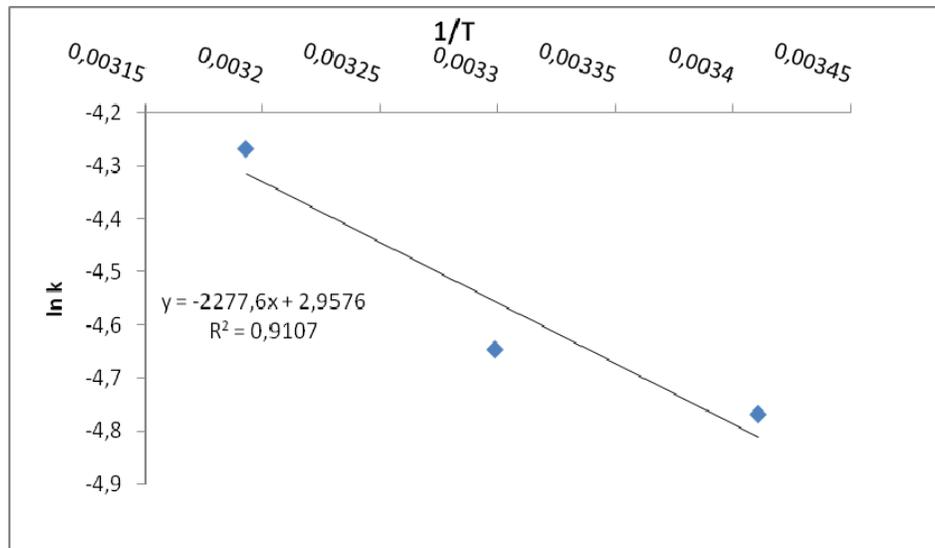


FIGURA 5 Gráfico de Arrhenius para o atributo sabor do doce em massa de banana sem adição de sorbato de potássio.

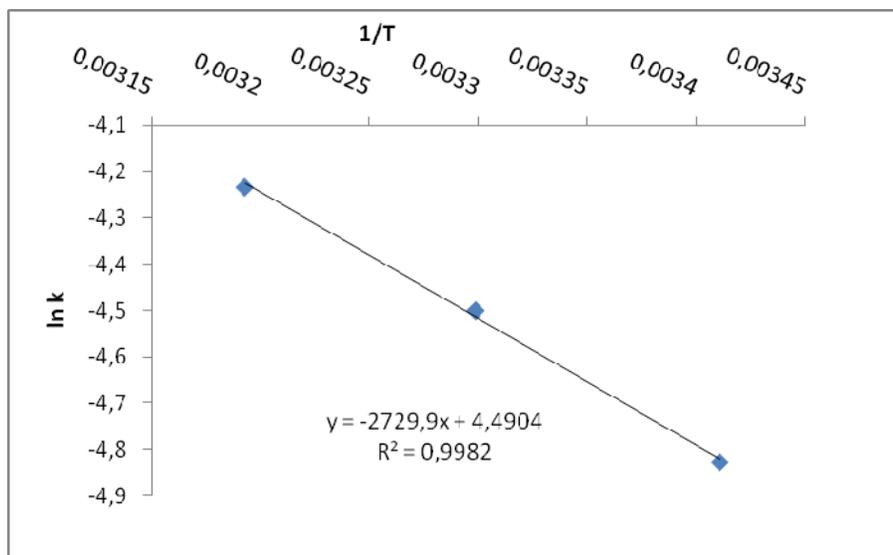


FIGURA 6 Gráfico de Arrhenius para o atributo aspecto global do doce em massa de banana sem adição de sorbato de potássio.

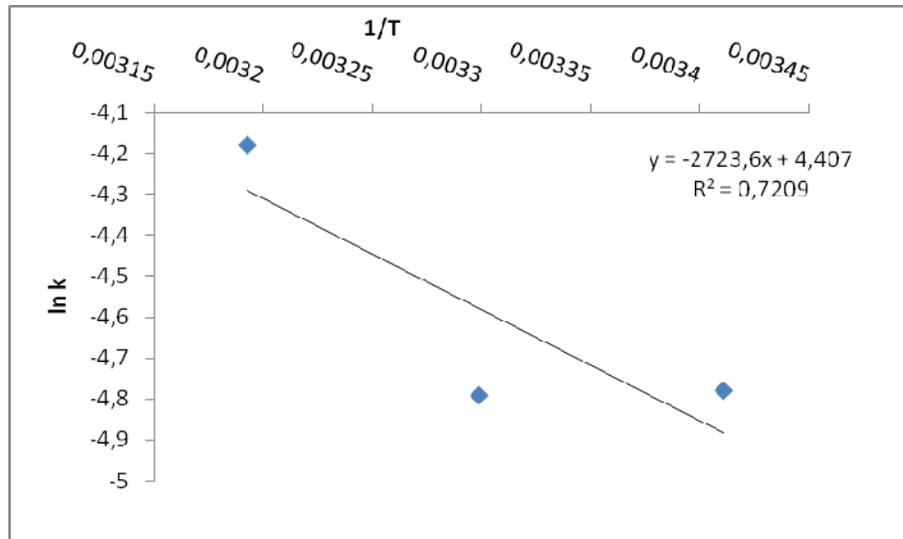


FIGURA 7 Gráfico de Arrhenius para o atributo sabor do doce em massa de banana com adição de sorbato de potássio.

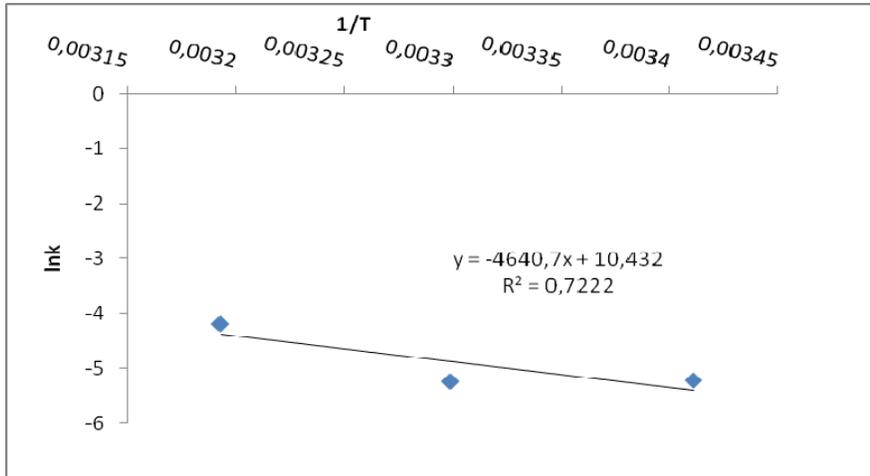


FIGURA 8 Gráfico de Arrhenius para o atributo aspecto global do doce em massa de banana com adição de sorbato de potássio.

Para os doces elaborados com adição de sorbato de potássio verifica-se um bom ajuste do modelo de reação de ordem zero, sendo que o valor de R^2 variou de 0,73 a 0,95 (Figuras 3 e 4). Observa-se uma queda acentuada na qualidade sensorial do produto na temperatura de 40°C, apresentando nota corte, determinada pela equação de regressão, para os atributos sabor e aspecto global, de 79 e 91 dias de armazenamento, respectivamente.

Os valores da energia de ativação (E_a) para os atributos de sabor e aspecto global, calculados partir dos ajustes das Figuras 5, 6, 7 e 8 estão dispostos na Tabela 1.

TABELA 1 Energia de ativação dos doces de banana em massa

Tratamento	Atributo	Energia de Ativação (Ea) kcal/mol	Q₁₀
Doce em massa sem adição de sorbato de potássio	Sabor	4,4525	1,27
	Aspecto Global	5,424	1,34
Doce em massa com adição de sorbato de potássio	Sabor	5,411	1,34
	Aspecto Global	9,221	1,65

Os doces sem adição de sorbato de potássio apresentaram valores de energia de ativação menores do que as apresentadas pelos doces com adição do conservante, indicando a necessidade de uma quantidade menor de energia para desencadear a reação. No entanto os doces com adição de sorbato de potássio atingiram nota corte mais rápido do que os tratamentos sem adição do conservante. Resultados semelhantes foram descritos por Menezes (2008) para doces de goiaba com e sem a adição de sorbato de potássio, onde a autora observou que os doces com adição do conservante apresentaram escores baixos em um menor tempo de observado do que os doces sem adição do conservante.

O valor de Q₁₀ (Tabela 1) foi calculado através da equação 2. É pouco descrito na literatura valores de Q₁₀ para doces em massa, no entanto para produtos como polpa de morango, maçã-passa, maçã seca, bem como produtos desidratados em geral, esse fator é amplamente estudado apresentando valores próximos a 2 (Labuza, 1982; Vitali et al., 2004; Moura et al., 2007) valor esse acima do encontrado nesse estudo.

A definição de Q₁₀ indica que a cada 10°C de diminuição da temperatura de armazenamento do doce em massa o tempo de vida-de-prateleira é

multiplicado pelo valor de Q_{10} . Com base nessa definição e no valor da vida-de-prateleira, calculada previamente, para os doces armazenados à 40°C pôde-se estimar os valores da vida útil dos doces em massa nas temperaturas de 20°C e 30°C (Tabela 2) de acordo com cada atributo.

TABELA 2 Estimativa da vida-de-prateleira dos doces em massa de banana prata.

Tratamento	Atributo	Estimativa da vida-de-prateleira	
		30°C	20°C
Doce em massa sem adição de sorbato de potássio	Sabor	152	193
	Aspecto Global	174	233
Doce em massa com adição de sorbato de potássio	Sabor	105	140
	Aspecto Global	150	247

O tempo de vida-de-prateleira estimado para o doce de banana prata em massa com e sem a adição de conservante enquadra-se no intervalo de tempo de vida útil descrito por Tfouni & Toledo (2002), para doce em massa armazenado na temperatura de 25 a 30°C, que se encontra entre 6 meses e 1 ano. O autor destaca ainda que esse tempo possa ser prolongado pelas condições de processamento e armazenamento do produto, o que justifica o valor da vida-de-prateleira estimada para o doce armazenado a 20°C.

O doce em massa com adição de sorbato de potássio apresentou um tempo médio de vida útil de 127 dias à 30°C e 193 dias à 20°C enquanto o doce sem a adição do conservante apresentou valores médios de vida-de-prateleira de 163 e 213 dias quando armazenado à 30°C e 20°C, respectivamente. Observou-se que o tratamento com sorbato de potássio apresentou vida útil menor do que o

tratamento sem adição do conservante, em todas as temperaturas de armazenamento. Segundo Vidyasagar & Arya (1984), embora o ácido sórbico e seus sais sejam estáveis em suas formas secas e puras (McCarthy & Eagler, 1976), em solução aquosa sofre uma degradação autoxidativa, formando malonaldeído e outros hidrocarbonados. Estes compostos podem levar a reações de escurecimento e serem responsáveis por consideráveis mudanças na qualidade e aceitabilidade de produtos alimentícios.

O ácido sórbico e seu sal de potássio são sólidos cristalinos à temperatura ambiente apresentando solubilidade em água superior a 50% nesta temperatura (Thakur et al., 1994), no entanto apesar da alta temperatura de cocção o sal pode ter se dissolvido parcialmente e os cristais remanescentes potencializado um fenômeno de nucleação, ou seja, pode ter ocorrido uma condensação do material devido à supersaturação do meio e à colisão de partículas e formação de um núcleo estável. De acordo com McCabe et al. (1993) após a ocorrência desse fenômeno o material tende a cristalizar-se, fato esse observado, neste estudo, aos 165 dias de armazenamento, principalmente nos doces com adição de sorbato de potássio, podendo afetar negativamente o julgamento do provador, tornando importante então, em trabalhos futuros, o acompanhamento do fenômeno de nucleação durante o período de estudo da vida de prateleira.

5 CONCLUSÕES

O efeito da temperatura na constante de velocidade da reação, dos dados instrumentais, não se adequou ao modelo de Arrhenius indicando que outro fator, além do tempo e da temperatura, influenciou nas alterações ocorridas. Já, na análise sensorial, a degradação dos atributos sabor e aspecto global se ajustaram ao modelo de ordem zero e a estimativa de 125 e 163 dias de vida-de-prateleira para o doce elaborado sem a adição de sorbato de potássio, armazenado a 40°C, 30°C respectivamente e 213 dias para o doce armazenado a 20°C enquanto para o doce com adição do conservante o tempo estimado de vida útil foi de 85 dias e 127 dias à 40°C e 30°C respectivamente e 193 dias à 20°C, concordando com a legislação vigente.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDRE, D.; CUNHA, R.L.; HUBINGER, M.D. Conservação do açaí pela tecnologia de obstáculos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.24, n.1, p.114-119, jan./fev. 2004.
- FARIA, J.A.F. **Estabilidade de alimentos em embalagens plásticas**. Campinas: UNICAMP/FEA, 1990. 40p.
- GRIZOTTO, R.K.; BERBARI, S.A.G.; MOURA, S.C.S.R.; CLAUS, M.L. Estudo da vida-de-prateleira de fruta estruturada e desidratada obtida de polpa concentrada de mamão. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.26, n.3, p.709-714, maio/jun. 2006.
- JOHNSON, R.A.; BHATTACHARYYA, G.K. **Statistics: principles and methods**. 3.ed. New York: J.Wiley, 1997. 149p.
- LABUZA, T.P. Application of chemical kinetics to deterioration of foods. **Journal of Chemical Education**, Easton, v.61, n.4, p.348-358, Oct. 1984.
- LABUZA, T.P. **Shelf-life dating of food**. Wesport: Food and Nutrition, 1982. 500p.
- LABUZA, T.P.; SCHMIDL, M.K. Accelerated shelf-life testing of foods. **Food Technology**, Oxford, v.39, n.9, p.57-64, Sept. 1985.
- LEISTNER, L. Food preservation by combined methods. **Food Research International**, Barking, v.25, n.2, p.151-158, Feb. 1992.
- MARIA NETTO, F. Determinação da vida-de-prateleira: erros e limitações. In: MOURA, S.C.S.R.; GERMER, S.P.M. (Ed.). **Reações de transformação e vida-de-prateleira de alimentos processados**. 3.ed. Campinas: ITAL, 2004. p.83-92. (Manual técnico, 6).
- McCABE, W.L.; SMITH, J.C.; HARRIOT, P. Crystallization. In: _____. **Unit operations of chemical engineering**. 5.ed. Singapore: MacGraw-Hill, 1993. p.883-903.
- McCARTHY, T.J.; EAGLER, P.F.K. Further studies on glass-stored sorbic acid solutions. **Cosmetics and Toiletries**, Carol Stream, v.91, p.33-35, 1976.

MENEZES, C.C. **Otimização e avaliação da presença de sorbato de potássio e das embalagens sobre o doce de goiaba durante o armazenamento.** 2008. 159p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MORI, E.E.M. Determinação da vida-de-prateleira através da análise sensorial e correlações. In: MOURA, S.C.S.R.; GERMER, S.P.M. (Ed.). **Reações de transformação e vida-de-prateleira de alimentos processados.** 3.ed. Campinas: ITAL, 2004. p.63-83. (Manual técnico, 6).

MOURA, S.C.S.R.; BERBARI, S.A.; ALMEIDA, M.E.M.; LUCCAS, V.; KITAHARA, E.O. Acompanhamento da vida-de-prateleira de caqui-passa. In: CONGRESO IBEROAMERICANO DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS, 5., 2005, Puerto Vallarta. **Resumes...** Puerto Vallarta: CIBIA, 2005. 1 CD-ROM.

MOURA, S.C.S.R.; BERBARI, S.A.; GERMER, S.P.M.; ALMEIDA, M.E.M.; FEFIM, D.A. Determinação da vida-de-prateleira de maçã-passa por testes acelerados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.27, n.1, p.141-148, jan./fev. 2007.

MOURA, S.C.S.R.; VITALI, A.A.; ALMEIDA, M.E.M.; BERBARI, S.A.; SIGRIST, J.M.M. Cinética de degradação de polpas de morango. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.4, n.4, p.115-121, jun. 2001.

PRAPHAILONG, W.; FLEET, G.H. The effect of pH, sodium chloride, sucrose, sorbate and benzoate on the growth of food spoilage yeasts. **Food Microbiology**, London, v.14, n.5, p.459-468, Apr. 1997.

SATO, A.C.K.; SANJINEZ-ARGANDOÑA, E.J.; CUNHA, R.L. Avaliação das propriedades físicas, químicas e sensorial de preferência de goiabas em calda industrializadas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.24, n.4, p.550-555, out./dez. 2004.

TEIXEIRA NETO, R.O.; VITALI, A.A.; MOURA, S.C.S.R. Introdução à cinética de reação em alimentos. In: MOURA, S.C.S.R.; GERMER, S.P.M. **Reações de transformação e vida-de-prateleira de alimentos processados.** 3.ed. Campinas: ITAL, 2004. cap.3, p.75-81.

TFOUNI, S.A.V.; TOLEDO, M.C.F. Determination of benzoic and sorbic acids in Brazilian food. **Food Control**, Guildford, v.13, n.2, p.117-123, Mar. 2002.

THAKUR, B.R.; SINGH, R.K.; ARYA, S.S. Chemistry of sorbates: a basic perspective. **Food Reviews Intenational**, New York, v.10, n.1, p.71-91, Jan. 1994.

TRIBOLI, E.P.R. **Cinética química aplicada à determinação do prazo de validade de alimentos**. Disponível em:
<http://www.abeq.org.br/Boletins/boletim_2008_junho.htm>. Acesso em: 30 jan. 2009.

VIDYASAGAR, K.; ARYA, S.S. Degradation of sorbic acid in fruit squashes and fish paste. **Journal Food Technology**, Chicago, v.19, n.4, p.446-454, Aug. 1984.

VITALI, A.A.; TEIXEIRA NETO, R.O.; GERMER, S.P.M. Testes acelerados de vida-de-prateleira de alimentos. In: MOURA, S.C.S.R.; GERMER, S.P.M. **Reações de transformação e vida-de-prateleira de alimentos processados**. 3.ed. Campinas: ITAL, 2004. cap.3, p.75-81.