

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ALIMENTOS
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

THAYSA FERNANDES MOYA MOREIRA

**AVALIAÇÃO DA VIDA DE PRATELEIRA DE SUCO DE ABACAXI
ADICIONADO DE POLPA DE YACON (*Smallanthus sonchifolius*)**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2015

THAYSA FERNANDES MOYA MOREIRA

**AVALIAÇÃO DA VIDA DE PRATELEIRA DE SUCO DE ABACAXI
ADICIONADO DE POLPA DE YACON (*Smallanthus sonchifolius*)**

Trabalho de conclusão de curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso Superior de Engenharia de Alimentos do Departamento Acadêmico de Alimentos, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, câmpus Campo Mourão, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheira de Alimentos.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Roberta de Souza Leone.

CAMPO MOURÃO

2015



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Campo Mourão

Departamento Acadêmico de Alimentos
Curso de Engenharia de Alimentos



TERMO DE APROVAÇÃO

AVALIAÇÃO DA VIDA DE PRATELEIRA POR TESTES ACELERADOS DE
SUCO DE ABACAXI ADICIONADO DE POLPA DE YACON (*Smallanthus
sonchifolius*)

por

THAYSA FERNANDES MOYA MOREIRA

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 27 de novembro de 2015 às 18:00 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof^a. Dr^a. Roberta de Souza Leone
Orientadora

Prof. Me. Alexandre Santa Barbara Azevedo
Membro da banca

Prof. Dr. Bogdan Demczuk Junior
Membro da banca

Nota: O documento original assinado pela Banca Examinadora encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia de Alimentos da UTFPR *Campus* Campo Mourão.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus por estar presente e demonstrar seu imenso amor em todos os momentos da minha vida. E, durante a graduação me fortalecer e ser meu refúgio durante essa etapa de mudanças e crescimento.

Agradecer meus pais Tadeu Moreira e Elaine Fernandes Moya Moreira, por serem meus grandes exemplos, de pais, pessoas e profissionais. Um dia quero ser igual vocês, meus heróis. Ao meu irmão e grande amigo Thiago Fernandes Moya Moreira, por estar comigo em todos os momentos.

Ao meu namorado Lucas Ricken Garcia, por ser meu porto seguro, companheiro, amigo e o principal responsável pelo incentivo aos estudos. A Valmira Ricken, Valdomiro Garcia e Hugo Ricken Garcia, obrigada pelo apoio, carinho e por me incluírem como parte da família.

Aos amigos do Hakuna que fiz durante a graduação e espero levar comigo: Andressa, Bruna, Carol, Carlos, Heliberto, Marina, Renan e Wedisley, sem vocês tudo seria tão sem graça. Gostaria de agradecer em especial a Marina Levorato de Moraes por ser minha grande amiga durante esses anos estando comigo nas bobagens e dificuldades da graduação, e, por dividir o peso da dificuldade do TCC auxiliando em todas as análises, considere ele um pouco seu também.

A minha orientadora Roberta de Souza Leone, pelos ensinamentos, paciência e disposição para me orientar. E a todas as pessoas que me ajudaram de alguma forma na realização desse trabalho: Felipe Rocha, Kamila Spacki, professora Marianne Ayumi Shirai, professor Bogdan Demczuk Junior, professor Alexandre Santa Barbara Azevedo e a técnica que sempre será minha professora Adriele Rodrigues dos Santos.

Enfim, a todos, meu sincero obrigado!

RESUMO

MOREIRA, T. F. M. **Avaliação da vida de prateleira de suco de abacaxi adicionado de polpa de yacon (*Smallanthus sonchifolius*)**. 52 f. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2015.

Em decorrência da urbanização o tempo dedicado à alimentação está cada vez mais escasso, acarretando em aumento no índice de doenças comuns do cotidiano. Em vista disso, a população vem se atentando por melhores qualidades de vida, fator que contribui para que a indústria alimentícia inove o mercado através de produtos saudáveis. Dentre os produtos em ascensão estão os sucos prontos para beber, que além do sabor, também possuem propriedades funcionais desejáveis devido à presença de vitaminas, minerais, compostos fenólicos, frutanos e carotenóides em sua composição. Esse apelo nutricional é potencializado ao adicionar polpa de yacon, raiz que contém grande quantidade de inulina e frutooligossacarídeos, que se comportam como fibra dietética conferindo benefícios à saúde, principalmente em pessoas diabéticas. Por isso, para a comercialização desse novo produto devem-se realizar estudos de características importantes quanto à cinética de degradação deste suco durante o armazenamento para a manutenção e estimativa da vida de prateleira, fator essencial para a garantia de qualidade. Portanto, o presente trabalho teve como objetivo elaborar um suco de abacaxi adicionado de polpa de yacon, verificar a aceitação desse novo produto e sua vida de prateleira por meio de testes acelerados. Primeiramente foi analisada a aceitação de seis formulações do suco e, a partir da mais aceita, foi realizado o estudo de vida de prateleira quanto aos parâmetros físico-químicos e microbiológicos, durante um período de armazenamento de 30 dias à temperaturas de 7, 23 e 37 °C. A análise sensorial indicou a formulação contendo 60% de polpa de abacaxi, 8% de polpa de yacon e 32% de água, como a mais aceita nos quesitos de cor, sabor, textura e nota global. Esta se manteve dentro do permitido pela legislação para os parâmetros físico-químicos e microbiológicos durante todo o armazenamento. Com os resultados das análises físico-químicas pode-se determinar os parâmetros cinéticos da reação e com estes estimar a vida de prateleira por testes acelerados. Como os parâmetros de vitamina C, pH, sólidos solúveis totais e acidez total apresentaram ajuste significativo ($p < 0,05$) para a interação tempo *versus* temperatura, foi realizada a análise de regressão, na qual, o modelo cinético de primeira ordem apresentou melhor ajuste aos dados de todos os parâmetros. Porém, a degradação da vitamina C foi a escolhida para a estimativa da vida de prateleira por implicar em maior perda de qualidade do produto por seu fator nutricional. Esta informou valor de E_a de 3,4 kcal.mol⁻¹ e Q_{10} de 1,24, resultando numa estimativa de 19 dias de prateleira para o produto armazenado à 7 °C, valor similar ao de produtos com mesmas características comercializados atualmente.

Palavras-chave: suco, *Smallanthus sonchifolius*, vida de prateleira, teste acelerado.

ABSTRACT

MOREIRA, T. F. M. **Evaluation of shelf life of pineapple juice added pulp yacon (*Smallanthus sonchifolius*)**. 52 f. 2015. Completion of Course Work (Bachelor's Degree in Food Engineering), Federal Technological University of Paraná. Campo Mourão, 2015.

As a result of urbanization the time devoted to food is increasingly scarce, resulting in an increase in the index of common diseases of life everyday. In view of this, the population has been seeking for better qualities of life, contributing factor to the food industry innovate the market through healthy products. Among the products on the rise are ready-to-drink juices, which besides the taste, also have functional properties desirable due to the presence of vitamins, minerals, phenolics, fructans and carotenoids in its composition. This nutritional appeal is potentiated by adding yacon pulp, root that contains large amount of inulin and fructooligosaccharides, which behave like dietary fiber conferring health benefits, especially in diabetic people. Consequently, the marketing of this new product are studies of importante features regarding the kinetics of degradation of this juice during storage for the maintenance and estimated shelf life, essential for quality assurance. Therefore, the present work had as objective to draw up a pineapple juice added yacon pulp, check the acceptance of this new product and its shelf life through accelerated tests. First was the acceptance of six formulations of the juice and, from the more accepted, the study of shelf life as the physico-chemical and microbiological parameters, for a period of 30 days storage at temperatures of 7, 23 and 37 °C. Sensory analysis indicated the formulation containing 60% pineapple pulp, yacon 8% of pulp and 32% water, as the most accepted in the issues of color, flavor, texture and overall note. This remained within permitted by legislation to the physico-chemical and microbiological parameters throughout the store. With the results of the physical-chemical analysis can determine the kinetic parameters of the reaction and with these estimate the shelf life for accelerated testing. As the parameters of vitamin C, pH, total soluble solids and total acidity showed significant adjustment ($p < 0,05$) for the interaction time versus temperature, regression analysis, in which the first-order kinetic model performed best fit to the data of all parameters. However, the degradation of vitamin C was chosen for the estimation of shelf life for involve greater loss of quality of the product by its nutritional factor. This informed and the value of $3.4 \text{ kcal.mol}^{-1}$ and Q_{10} of 1.24, resulting in an estimated 19 days of shelf to the stored product to 7 °C, similar to the value of products with same features marketed currently.

Keywords: juice, *Smallanthus sonchifolius*, shelf life, accelerated test.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Raiz do yacon (<i>Smallanthus sonchifolius</i>).....	15
Figura 2 - Representação esquemática da equação de Arrhenius.....	23
Figura 3 - Processo de produção do suco de abacaxi com polpa de yacon.....	27
Figura 4 - Ficha do teste de aceitação.....	29
Figura 5 - Variação da concentração de vitamina C nas diferentes temperaturas durante o armazenamento do suco de abacaxi adicionado de polpa de yacon.....	40
Figura 6 - Modelo cinético de primeira ordem para a degradação de vitamina C no suco de abacaxi adicionado de polpa de yacon para as três temperaturas.....	41
Figura 7 - Efeito da temperatura sobre a constante de velocidade de degradação da vitamina C no suco de abacaxi com polpa de yacon.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição química do abacaxi.....	18
Tabela 2 - Formulações de suco de abacaxi adicionado de polpa de yacon.....	27
Tabela 3 - Médias da aceitação das amostras.....	32
Tabela 4 - Determinações microbiológicas do suco de abacaxi adicionado de polpa de yacon.....	34
Tabela 5 - Variação do pH entre as temperaturas em cada tempo de armazenamento...36	
Tabela 6 - Variação da acidez total titulável entre as temperaturas em cada tempo de armazenamento.....	37
Tabela 7 - Variação dos sólidos solúveis totais entre as temperaturas em cada tempo de armazenamento.....	38
Tabela 8 - Variação da vitamina C entre as temperaturas em cada tempo de armazenamento.....	39
Tabela 9 - Parâmetros cinéticos para a degradação de vitamina C, pH, sólidos solúveis totais (SST) e acidez total.....	42
Tabela 10 - Pesquisa da vida de prateleira de produtos similares.....	44

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Padrões de Identidade e Qualidade do suco tropical de abacaxi.....	19
Quadro 2 - Padrões Microbiológicos para Alimentos: Sucos, Refrescos, Refrigerantes e outras Bebidas não alcoólicas.....	28

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	OBJETIVOS	13
2.1	OBJETIVO GERAL	13
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3	REVISÃO DA LITERATURA.....	14
3.1	ALIMENTOS FUNCIONAIS	14
3.2	YACON (<i>Smallanthus sonchifolius</i>)	15
3.3	ABACAXI (<i>Ananas comosus</i> L. Merrill)	17
3.3.1	Suco de abacaxi	18
3.4	VIDA DE PRATELEIRA.....	19
3.4.1	Cinética de reações em alimentos.....	20
3.4.2	Efeito da temperatura na cinética das reações	22
3.4.3	Determinação da vida de prateleira por testes acelerados	24
4	MATERIAL E MÉTODOS	25
4.1	PRODUÇÃO E ESCOLHA DO SUCO DE ABACAXI ADICIONADO DE POLPA DE YACON	25
4.1.1	Matéria-prima	25
4.1.2	Processamento do suco	25
4.1.3	Análise microbiológica.....	28
4.1.4	Teste de aceitação	28
4.1.5	Análise estatística	29
4.2	DETERMINAÇÃO DA VIDA DE PRATELEIRA	29
4.2.1	Análises físico-químicas	30
4.2.2	Análise microbiológica.....	30
4.2.3	Análise estatística	30
4.2.4	Determinação dos parâmetros cinéticos	30
4.2.5	Estimativa da vida de prateleira.....	31
4.2.6	Comparação da vida de prateleira com produtos similares	31
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	32
5.1	ANÁLISE SENSORIAL	32
5.2	DETERMINAÇÃO DA VIDA DE PRATELEIRA	33
5.2.1	Análise microbiológica.....	33
5.2.2	Análises físico-químicas	35
5.2.3	Determinação dos parâmetros cinéticos	40
5.2.4	Estimativa de vida de prateleira.....	43
5.2.5	Comparação da vida de prateleira com produtos similares	44
6	CONCLUSÃO.....	45
7	REFERÊNCIAS.....	46

1 INTRODUÇÃO

A tendência ao crescimento da busca por melhor qualidade de vida aliada a falta de tempo da população realça a importância da indústria alimentícia em inovar o mercado através da elaboração de produtos saudáveis. Esse fator contribui para o desenvolvimento de alimentos funcionais que podem auxiliar na prevenção de doenças comuns do cotidiano (IKEDA; MORAES; MESQUITA, 2010).

Dentre esses alimentos funcionais se encontra o yacon (*Smallanthus sonchifolius*), uma raiz de cultura perene originária da região dos Andes na América do Sul, com características físicas semelhantes a batata doce, com polpa crocante e sabor adocicado. As propriedades benéficas do yacon são devidas principalmente a grande quantidade dos frutanos inulina e frutooligosacarídeos (FOS) em sua estrutura (LAGO, 2010; LEONE, 2014; TORRES-VALENZUELA; VILLAMIZAR; ÁNGEL-RENDÓN, 2014).

A diferença de estrutura entre a inulina e FOS tem impacto importante sobre a sua funcionalidade. A inulina é capaz de formar géis e não é considerada doce, por essa razão, tem sido utilizada com sucesso como substituto de gordura (WOUTERS, 2010). Os FOS são mais solúveis em sistemas aquosos, possuem sabor doce (cerca de 30 % da doçura da sacarose) e são adicionados, principalmente, como substitutos de açúcar e por suas propriedades prebióticas (COUSSEMENT, 1999; NINESS, 1999). Em ambos os casos, eles fornecem baixo teor de calorias ($1,5 \text{ kcal.g}^{-1}$) (ROBERFROID, 1999).

Por isso, em vários alimentos como sucos, chás, pães, geleias, farinhas e xaropes, a utilização de yacon é bastante aceita, pois além de substituto de açúcar, suas fibras não conferem gosto característico, encorpam o produto por suas propriedades espessantes e geleificantes, e melhoram a aparência mantendo o gosto de formulações padrões (ASHURST, 2005; LAGO, 2010).

Estas características possibilitam que a adição do yacon em sucos de frutas pronto para beber potencialize a aceitação do produto ao público alvo que busca por praticidade, substituição de bebidas carbonatadas por bebidas com maior valor nutritivo e se preocupam com o consumo de produtos mais saudáveis. Os sucos de frutas, assim como o yacon, possuem propriedades funcionais, devido às vitaminas, minerais, compostos fenólicos, frutanos e carotenóides em sua composição (LIMA, 2011).

Como o suco de abacaxi possui coloração amarelada e característica levemente ácida e adocicada, a adição de yacon em sua composição pode conferir gosto doce,

eliminando a necessidade da adição de açúcar, além de possivelmente não modificar a cor original do produto por também possuir tonalidades amarelo claro.

O desenvolvimento de um novo produto implica em amplo estudo que relaciona diversos setores da indústria como administração, produção, marketing, controle de qualidade, vendas e a equipe P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) (WILLE, 2004).

Uma das pesquisas essenciais realizadas pela equipe P&D, enquanto o produto é produzido em escala laboratorial, é a realização de testes de vida de prateleira, pois como os consumidores estão cada vez mais exigentes em relação à qualidade dos alimentos e, tais testes demonstram com segurança que o produto será mantido em nível elevado de qualidade durante o período entre a compra e o consumo (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2011).

Com isso, o objetivo do trabalho foi elaborar um suco de abacaxi adicionado de polpa de yacon, verificar a aceitação desse novo produto e sua vida de prateleira por meio de testes acelerados.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Elaborar e determinar a vida de prateleira de suco de abacaxi adicionado de polpa de yacon através de testes acelerados.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar suco de abacaxi com diferentes concentrações de polpa de yacon;
- Verificar a formulação mais aceita através de análise sensorial por teste de aceitação;
- Estimar a vida de prateleira por meio da degradação da vitamina C;
- Avaliar o comportamento do pH, sólidos solúveis e acidez durante o teste acelerado;
- Verificar a presença de bolores e leveduras, coliformes totais e termotolerantes, mesófilos aeróbios e *salmonella* sp. na amostra armazenada a três temperaturas diferentes por 30 dias;
- Comparar a validade do produto elaborado com a vida útil de sucos de frutas prontos para beber com alegação de propriedade funcional sem a adição de aditivos e conservantes existentes no mercado.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 ALIMENTOS FUNCIONAIS

Alimento funcional pode ser definido como qualquer alimento, natural ou industrializado, que contenha uma ou mais substâncias, classificadas como nutrientes ou não-nutrientes, capazes de atuar no metabolismo e na fisiologia humana, promovendo efeitos benéficos à saúde, podendo retardar o estabelecimento de doenças crônicas e/ou degenerativas e melhorar a qualidade e a expectativa de vida das pessoas. Deve ser seguro para consumo sem supervisão médica (BRASIL, 1999).

Por causa desse potencial de promoção à saúde o consumo de alimentos funcionais é interessante principalmente por auxiliar na prevenção de doenças crônicas não transmissíveis como diabetes e hipertensão arterial. Pesquisadores vêm desenvolvendo estudos bioquímicos, nutricionais e toxicológicos para descobrir novos componentes bioativos que possam ser adicionados em outros alimentos (WHO, 2003).

São provenientes dessas pesquisas, alimentos com grande ascensão no mercado e de interesse à indústria alimentícia, pois esse setor cresce cerca de 10% ao ano, o triplo dos setores de alimentos convencionais (RODRIGUES, 2011). Estes alimentos, geralmente, são versões mais saudáveis de produtos já existentes em consequência do consumidor ser relutante a novas dietas e possuir maior confiança no produto conhecido (SIRÓ et al., 2008).

Assim, os alimentos podem ser classificados como funcionais de acordo seus compostos bioativos e/ou quanto aos benefícios que oferecem (CASEMIRO; RAMOS, 2014). Dentre essas classificações estão os prebióticos que estimulam o crescimento e a atividade de bactérias do cólon auxiliando no funcionamento do intestino, contribuindo para a prevenção de doenças como diarreias e câncer de cólon (RAIZEL et al., 2011).

Os prebióticos são carboidratos não digeríveis pelo trato digestório humano, como fibras alimentares, oligofrutose, inulina e lactulose. Como aplicação na indústria de alimentos alguns destes se destacam como a oligofrutose, por seu poder adoçante e maior solubilidade que a sacarose, sendo utilizada como edulcorante para conferir consistência a produtos lácteos, maciez a produtos de panificação e diminuir o ponto de congelamento de sobremesas congeladas, enquanto que a inulina é empregada como substituto de gordura em patês, molhos, coberturas e sobremesas congeladas (SAAD, 2006; RAIZEL et al., 2011).

3.2 YACON (*Smallanthus sonchifolius*)

O yacon (*Smallanthus sonchifolius*) é uma planta de cultura perene originária da região dos Andes na América do Sul que se adapta a diferentes ecossistemas podendo atingir cerca de 2,5 metros de altura e produzir de 2 a 4 kg de raízes de reserva com um rendimento maior que 70 ton/ha, o que representa alta produtividade (SILVA, 2004; GUSSO; MATTANNA; RICHARDS, 2014).

Suas raízes são comestíveis e possuem características físicas semelhantes à batata doce (Figura 1), com polpa crocante e sabor parecido com de frutas como o melão. Por isso, tradicionalmente o maior consumo de yacon é na forma *in natura* (LAGO, 2010; DIONÍSIO et al., 2013).



Figura 1 - Raiz do yacon (*Smallanthus sonchifolius*)

Fonte: Silva (2004).

Essa raiz vem despertando interesse científico por ser um alimento funcional ao armazenar carboidrato na forma de frutanos, diferenciando-se de outras raízes que armazenam carboidrato na forma de amido (ALBUQUERQUE; ROLIM, 2011). Suas propriedades benéficas são devidas, principalmente, a grande quantidade dos frutanos

inulina e frutooligossacarídeos (FOS) em sua estrutura (LAGO, 2010; LEONE, 2014; TORRES-VALENZUELA; VILLAMIZAR; ÁNGEL-RENDÓN, 2014).

Conforme Lago (2010), as moléculas de inulina e FOS são compostas de unidades de frutose ligadas entre si por ligação glicosídica β (2 \rightarrow 1), podendo ter, ou não, uma molécula de glicose terminal. Diferenciam-se apenas pelo número de moléculas de frutose em suas cadeias. A ligação β (2 \rightarrow 1) impossibilita a hidrólise por meio das enzimas digestivas humanas, incluindo esses oligossacarídeos ao grupo de carboidratos não digeríveis (DIONÍSIO et al., 2013; WATANABE, 2013; LEONE, 2014).

Por ser um carboidrato não digerível a inulina e os FOS se comportam como fibra dietética atuando como prebiótico ao promover seletivamente o crescimento de bactérias no cólon intestinal, o que confere benefícios à saúde (ASHURST, 2005; RODRIGUES; FERNANDES, 2012; MOHAMED; RASSAOUI; BESBES, 2014). Além disso, por armazenar FOS no lugar de amido, a raiz yacon possui alto poder adoçante e baixo poder calórico, resultando na diminuição dos níveis de açúcar no sangue, característica importante para a prevenção de diabetes e colesterol (PENHA et al., 2007).

Apesar dessas vantagens, há limitações na utilização do yacon *in natura*. Em sua composição existe alta atividade de água, o que reduz sua vida útil por ser mais susceptível a ação de microrganismos deterioradores, reações químicas, físicas e enzimáticas que modificam a textura, aparência e sabor da raiz. A aplicação do yacon como componente de produtos já existentes é uma forma de diminuir as alterações físicas e sensoriais do alimento, que além de conservar suas propriedades funcionais também aumenta a visibilidade do produto enriquecido (LAGO, 2010; LEONE, 2014).

Em trabalhos realizados pode ser observada a vasta utilização de yacon como enriquecimento de produtos diversos. Granato et al. (2009) avaliaram a aceitabilidade e estabilidade físico-química de doce dietético misto de yacon e maracujá. Rosa et al. (2009) elaboraram um bolo com farinha de yacon verificando sua potencialidade e aceitação no produto. Dionísio et al. (2014) desenvolveram uma bebida prebiótica de frutas tropicais com yacon de alta capacidade antioxidante. Torres-Valenzuela; Villamizar; Ángel-Rendón (2014) estudaram a estabilização de um refresco funcional a partir de néctar de manga e yacon por meio de pulverização de encapsulamento de secagem.

3.3 ABACAXI (*Ananas comosus* L. Merrill)

O abacaxi (*Ananas comosus* L. Merrill) é um fruto tropical que possui considerável valor nutricional, sabor e aroma característicos, apresentando grande aceitabilidade pela população (GRANADA; ZAMBIAZI; MENDONÇA, 2004; MIRANDA et al., 2015). Tais fatores são observados em nível econômico, no qual, o abacaxi se encontra como o 9º fruto de representatividade na exportação brasileira (LIMA, 2014).

Este fruto originário das regiões centrais e sul do Brasil, Paraguai e norte da Argentina possui formato cilíndrico sendo constituído por 100 a 200 pequenas bagas ou frutinhos fundidos entre si sobre o eixo central, seu peso médio é de um quilo sendo 25% representado pela coroa (FERREIRA, 2009).

Em sua composição química, demonstrada na Tabela 1, há um valor energético considerável por sua variedade de açúcares, enquanto que o valor nutricional do fruto é devido às vitaminas e minerais, destacando-se com maiores quantidades o ácido ascórbico (vitamina C), potássio e o cálcio (UNICAMP, 2011; LIMA, 2014; OLIVEIRA, 2014).

Tabela 1 – Composição química do abacaxi

Componentes	Quantidade (por 100 g)
Umidade	86,3 %
Proteínas	0,9 g
Lipídeos	0,1 g
Carboidrato	12,3 g
Cinzas	0,4 g
Cálcio	22 mg
Magnésio	18 mg
Ferro	0,3 mg
Fósforo	13 mg
Fibra Alimentar	1 g
Manganês	1,62 mg
Ácido ascórbico	34,6 mg
Tiamina	0,17 mg
Riboflavina	0,02 mg
Potássio	131 mg
Cobre	0,11 mg
Zinco	0,1 mg
Energia	48 Kcal

Fonte: UNICAMP (2011).

Apesar dessas qualidades e do Brasil estar entre os maiores produtores globais de abacaxi, o país sofre com as perdas pós-colheita, devidas principalmente pela alta perecibilidade do fruto e ineficiência no manuseio e transporte. Com isso, são crescentes os estudos sobre o processamento do abacaxi, capaz de conservar melhor o produto, agregar valor e facilitar o consumo (MIRANDA et al., 2015).

3.3.1 Suco de abacaxi

Os sucos de frutas são classificados conforme o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) em suco concentrado, suco integral, suco desidratado, néctar e suco tropical. O suco de abacaxi se enquadra como suco tropical

não fermentado, obtido pela dissolução, em água potável, da polpa do abacaxi (*Ananas comusus, L.*), por meio de processo tecnológico adequado (BRASIL, 2003; BRASIL, 2009).

O processo tradicional de produção do suco de abacaxi consiste inicialmente na extração da polpa logo após a limpeza e retirada da coroa. Esta extração ocorre em duas etapas, na primeira é extraída a polpa mais grossa por despulpamento e na segunda etapa é extraída a polpa mais fina por meio de prensas. Logo após esse processo o suco é submetido à centrifugação e padronização do teor de polpa final (FACUNDO, 2009).

Esse teor de polpa e outros parâmetros como sólidos solúveis, acidez total em ácido cítrico e açúcares totais possuem valores fixos, informados no Quadro 1, para que o suco de abacaxi obedeça aos Padrões de Identidade e Qualidade para Suco Tropical da Instrução Normativa nº 12, de 4 de setembro de 2003 (BRASIL, 2003).

	Não adoçado		Adoçado
	Mín.	Máx.	Mín.
Polpa de abacaxi (g/100g)	60,00	-	50,00
Sólidos solúveis em °Brix, a 20°C	6,00	-	11,00
Acidez total em ácido cítrico (g/100g)	0,16	-	0,20
Açúcares totais (g/100g)	-	15,00	8,00

Quadro 1 - Padrões de Identidade e Qualidade do suco tropical de abacaxi
Fonte: Brasil (2003).

3.4 VIDA DE PRATELEIRA

A análise da vida de prateleira é essencial para a manutenção e conhecimento da qualidade do produto, podendo ser definida como o período em que o alimento se mantém seguro para o consumo conforme o fabricante, consumidor e legislação vigente. Essa qualidade depende das reações que podem ocorrer em consequência de suas características sensoriais, microbianas, valor nutricional e composição (MARTINS, 2009; OLIVEIRA, 2010).

Nas reações que ocorrem no produto pode haver interferentes como fatores intrínsecos (parâmetros fisiológicos e atributos sensoriais) e extrínsecos (temperatura, umidade relativa, concentração de oxigênio, exposição à luz e embalagem), que podem modificar a velocidade das reações determinando uma qualidade diferente do esperado para o produto (FU; LABUZA, 1993).

Como cada tipo de produto apresenta características específicas, os parâmetros a serem utilizados para determinar a vida de prateleira podem ser diversos. Por isso é importante conhecer o modelo cinético de degradação para avaliar a estabilidade do alimento demonstrando uma relação entre os fatores que afetam a degradação e limitam a vida útil do produto (LABUZA, 1979).

3.4.1 Cinética de reações em alimentos

A cinética química é o estudo das velocidades das reações químicas, sendo a velocidade definida como a mudança de uma propriedade dividida pelo tempo que ela leva para ocorrer, podendo ser representada pela Equação 1 (ATKINS, 2008):

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

Em que r é a velocidade da reação; C é a concentração do componente e t é o tempo da reação.

Contudo, na maioria das reações, à medida que esta progride a velocidade da reação decresce. Por isso, a medição da concentração em determinado instante deve ser realizada o mais próximo possível do tempo desejado para a obtenção da velocidade da reação. Essa velocidade pode ser aproximada com maior exatidão ao traçar uma tangente no gráfico da concentração *versus* tempo, sendo a inclinação desta tangente chamada de velocidade instantânea da reação (ATKINS, 2008).

Como essa velocidade instantânea está relacionada diretamente com a concentração naquele instante, quando ocorre a medição dessa concentração no início da reação é possível encontrar a tendência dos dados em velocidades de reações através da velocidade inicial da reação, conhecida como lei de velocidade (FELTRE, 2004).

A lei de velocidade e a constante de velocidade (k) mudam para cada reação de degradação. Essa constante, assim como a reação de ordem zero, é independente das

concentrações dos reagentes, mas depende da temperatura, podendo ser representada na Equação 2 (ITAL, 1996):

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

Integrando essa equação, obtém-se:

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

Sendo C_0 a concentração inicial do componente e C a concentração final do componente.

As reações de ordem zero são comuns em reações de degradação em alimentos e se dão principalmente em frutas e hortaliças pelo escurecimento enzimático, alimentos desidratados pela oxidação de lipídeos e, produtos desidratados e cereais por escurecimento não-enzimático (TEIXEIRA NETO; VITALI; MOURA, 2004). Esse modelo cinético foi mais bem ajustado por Moura et al. (2007) ao analisarem a vida de prateleira de maçã-passa através da reação de degradação da cor e por Paiva; Queiroz; Rodrigues (2012) ao determinarem a vida de prateleira de barra de cereais com pipoca de sorgo utilizando as características sensoriais como parâmetro determinante da reação.

Já a reação de primeira ordem é aquela cuja velocidade de conversão depende da concentração dos reagentes, representada na Equação 4 (ITAL, 1996):

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

Integrando a Equação 4, resulta em:

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

Essa ordem de reação é a mais observada em alimentos. Diversas reações apresentam esse mecanismo, tal como o crescimento e morte de microrganismos; destruição de vitaminas e pigmentos durante o processamento e armazenamento e

destruição de atividade enzimática e de toxinas por aquecimento (TEIXEIRA NETO; VITALI; MOURA, 2004).

Durante um mês de armazenamento de suco de laranja pasteurizado foram acompanhadas as reações de degradação do ácido ascórbico e da cor por Renini et al. (2015) que apresentaram características do modelo matemático de 1ª ordem. O mesmo modelo foi encontrado por Bree et al. (2012) ao analisarem a interferência da concentração de oxigênio inicial no *headspace* sobre a degradação de vitamina C em sucos de frutas.

Nas reações de segunda ordem a velocidade de conversão depende da concentração de dois reagentes diferentes, representada na Equação 6 (ARABSHARI; LUND, 1985):

$$-r = -\frac{dC}{dt} = kC^2 \quad (6)$$

Integrando essa equação, obtém-se:

$$\frac{1}{C} - \frac{1}{C_0} = Kt \quad (7)$$

Geralmente, nos alimentos a ordem de reação varia entre a ordem zero e segunda ordem. Porém, algumas reações podem possuir características de outras ordens além da que se ajusta matematicamente. Isso pode ocorrer quanto maior for a degradação do componente durante a reação (TEIXEIRA NETO; VITALI; MOURA, 2004).

3.4.2 Efeito da temperatura na cinética das reações

Na maioria das reações químicas a elevação da temperatura resulta no aumento da velocidade das reações. Por isso, é importante o conhecimento quantitativo do efeito da temperatura sobre a transformação dos alimentos auxiliando na manutenção da qualidade desse produto. Essa quantificação pode ser obtida através da equação de Arrhenius (Equação 9). Tal equação é útil porque expressa a relação entre a temperatura, a energia de ativação e a constante de velocidade (RUSSELL, 1994):

$$\frac{d(\ln K)}{dT} = \frac{E_a}{RT^2} \quad (8)$$

Onde:

T = temperatura absoluta (K);

E_a = energia de ativação (cal.mol^{-1});

R = constante dos gases ($1,987 \text{ cal.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$);

K = constante de velocidade da reação.

Integrando a Equação 8 sem intervalos definidos, obtém-se:

$$\ln K = -\frac{E_a}{RT} + \ln K_0 \quad (9)$$

Sendo K uma constante.

Com isso, ao plotar o valor do logaritmo da constante da velocidade da reação em função do inverso da temperatura absoluta obtém-se uma reta, na qual, a inclinação da mesma representa E_a/R , observada na Figura 2. Desta forma pode-se obter a energia de ativação da reação, partindo-se de dados cinéticos experimentais a diferentes temperaturas (RUSSEL, 1994).

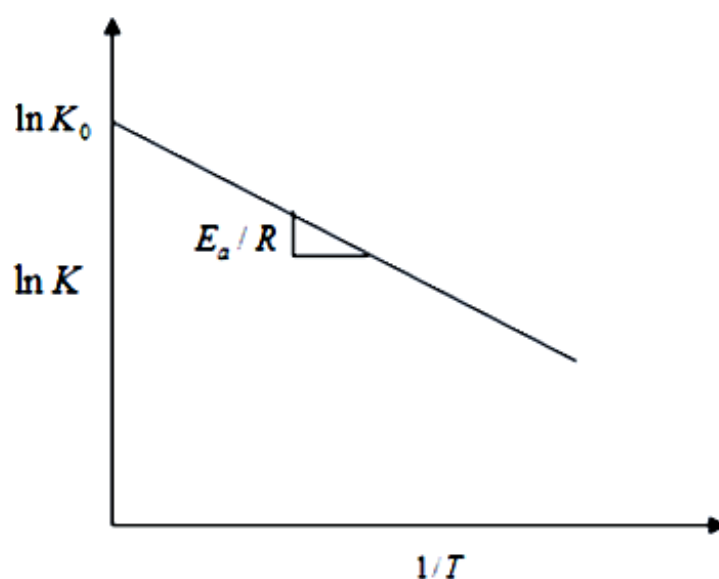


Figura 2 – Representação esquemática da equação de Arrhenius
Fonte: Adaptado de ITAL (1996).

O uso de métodos gráficos na resolução de análises de degradação experimentais é de grande valia, pois através da obtenção de E_a da reação também é possível quantificar o fator de aceleração da temperatura (Q_{10}), dado pelo quociente entre as velocidades de reação a uma determinada temperatura e a uma temperatura 10 °C mais baixa, ou pelo quociente entre as vidas de prateleira a uma determinada temperatura e a uma temperatura 10 °C mais alta, expresso na Equação 10 (LABUZA, 1985; RUSSELL, 1994; ITAL, 1996):

$$Q_{10} = 10^{\frac{E_a}{0,46xT^2}} = \frac{K_T}{K_{T-10}} = \frac{V.P.(T-10)}{V.P.(T)} \quad (10)$$

Sendo T a temperatura absoluta e V.P a vida de prateleira.

O valor de Q_{10} da reação de deterioração é usado para estimar a vida útil do produto nos testes acelerados de vida de prateleira para outras temperaturas de armazenamento (LABUZA, 1985).

3.4.3 Determinação da vida de prateleira por testes acelerados

Os Testes Acelerados de Vida de Prateleira (TAVP) são amplamente utilizados na indústria alimentícia para estimar a vida útil de produtos que possuem a vida de prateleira prolongada, pois nesse teste a temperatura é usada para acelerar a velocidade de reação de degradação possibilitando uma estimativa mais rápida da vida de prateleira (LABUZA,1985).

A definição da maior temperatura a ser utilizada depende da classe de produto, podendo ser divididos em alimentos congelados, secos, termicamente processados e de umidade intermediária. E, para essa classe, também devem ser definidas as reações de transformação mais decorrentes, parâmetro necessário para uma maior exatidão na escolha do Q_{10} para o planejamento da TAVP (MOURA et al., 2007; MARTINS, 2009).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 PRODUÇÃO E ESCOLHA DO SUCO DE ABACAXI ADICIONADO DE POLPA DE YACON

4.1.1 Matéria-prima

As raízes de yacon (*Smallanthus sonchifolius*), provenientes do estado do Paraná foram adquiridas na cidade de Campo Mourão. Os frutos foram selecionados considerando a ausência de injúrias.

A polpa de abacaxi da marca Polpa Norte foi adquirida na distribuidora Empório Foods localizada em Campo Mourão, Paraná.

4.1.2 Processamento do suco

A higienização do yacon e extração de sua polpa foram realizadas de acordo com Lago (2010) e Leone (2014), na qual, as raízes foram lavadas em água corrente e higienizadas sob imersão em solução contendo 200 mgL^{-1} de hipoclorito de sódio por 10 minutos, em seguida, foram descascadas e cortadas, com facas higienizadas, em fatias de, aproximadamente, 5 mm de espessura. As fatias foram branqueadas em solução de 500 mg.L^{-1} de metabissulfito de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) por 1 hora à temperatura ambiente ($23 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$) para inibir o escurecimento enzimático causado pelas enzimas naturalmente presentes no yacon.

A extração da polpa foi realizada a partir das fatias branqueadas através de Centrifuga Juicer Walita. Após medir os sólidos solúveis em refratômetro de bancada, a polpa foi pasteurizada à $90 \text{ }^\circ\text{C}$ por 1 minuto, em seguida armazenada em embalagens higienizadas de plástico polietileno de alta densidade, com capacidade de 250 mL, e então congeladas para posterior utilização.

Os sucos de abacaxi com polpa de yacon foram produzidos fixando-se a proporção de polpa de abacaxi em 60 %, conforme Brasil (2003), e variando as concentrações de polpa de yacon e água, demonstradas na Tabela 2.

Tabela 2 - Formulações de suco de abacaxi adicionado de polpa de yacon

Formulação	Polpa de abacaxi (%)	Polpa de yacon (%)	Água (%)
1	60	0	40
2	60	8	32
3	60	16	24
4	60	24	16
5	60	32	8
6	60	40	0

O fluxograma do processamento da polpa de yacon e do suco é mostrado na Figura 3.

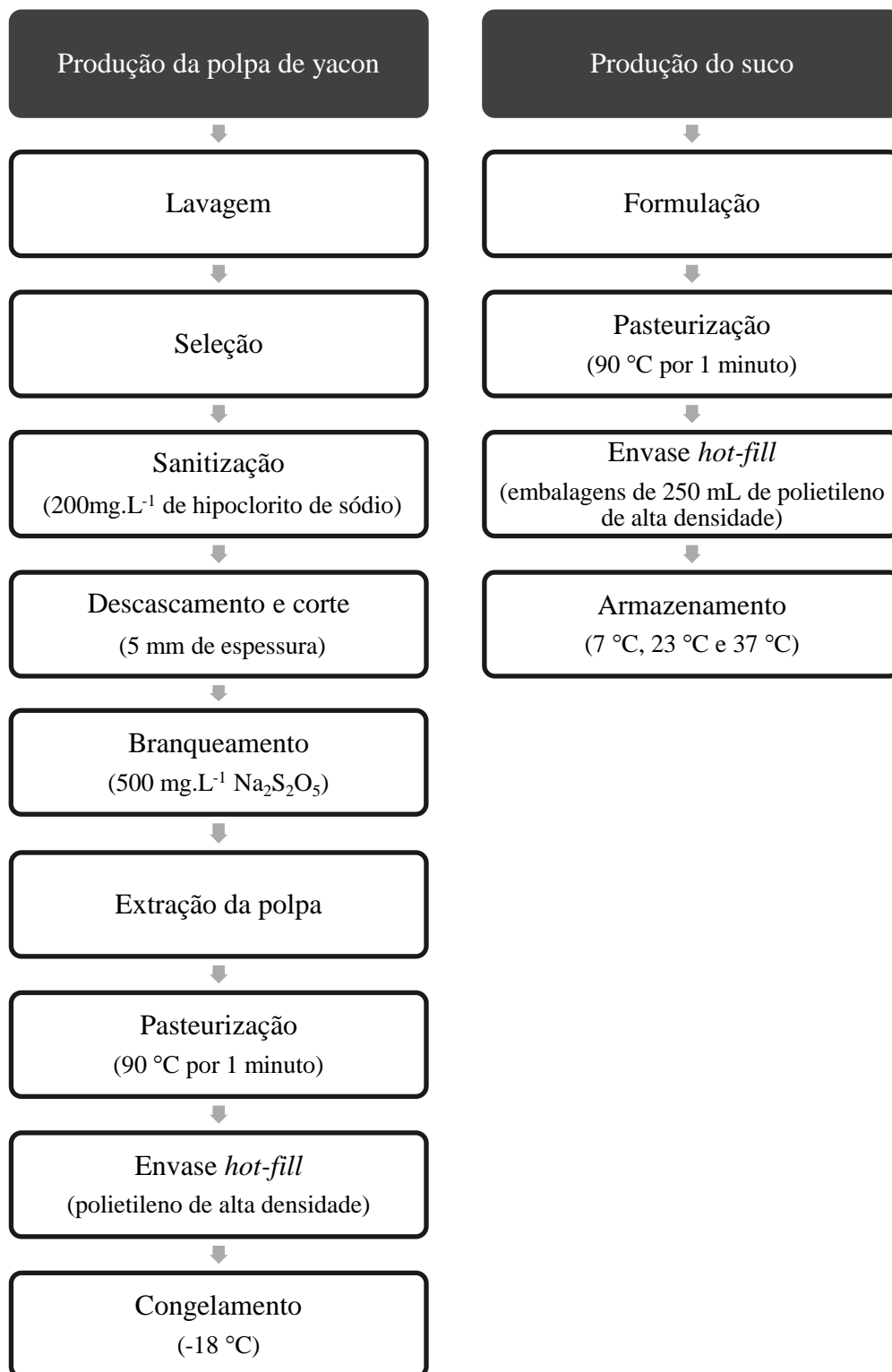


Figura 3 - Processo de produção da polpa de yacon e do suco de abacaxi com polpa de yacon

4.1.3 Análise microbiológica

Foram realizadas análises microbiológicas para a investigação de presença de *Salmonella* spp. pelo método de Presença/Ausência, pesquisa de coliformes totais e termotolerantes através da técnica de Número Mais Provável (NMP), contagem padrão de mesófilos aeróbios e de bolores e leveduras (SILVA, et al., 2007). Os resultados foram analisados conforme os padrões microbiológicos de sucos descritos no Quadro 2.

Grupos de Alimentos	Microrganismos	Tolerância para amostra indicativa	Tolerância para amostra representativa			
			n	C	m	M
Sucos concentrados adicionados ou não de conservadores, congelados ou não.	Coliformes a 35 °C/50 mL	Ausência	5	0	Aus	-
	<i>Salmonella</i> sp./25 mL	Ausência	5	0	Aus	-
Sucos e refrescos “ <i>in natura</i> ”, incluindo água de coco, caldo de cana, de açaí e similares, isolados ou em misturas.	Coliformes a 45 °C/50 mL	10 ²	5	3	10	10 ²
	<i>Salmonella</i> sp./25 mL	Ausência	5	0	Aus	-

Quadro 2 - Padrões Microbiológicos para Alimentos: Sucos, Refrescos, Refrigerantes e outras Bebidas não alcoólicas
Fonte: ANVISA (2001).

4.1.4 Teste de aceitação

Esta avaliação sensorial foi realizada conforme Torres-Valenzuela; Villamizar; Ángel-Rendón (2014). As formulações de suco de abacaxi com diferentes quantidades de polpa de yacon foram avaliadas em termos de aceitação da cor, sabor, textura e nota global do produto. Para isto, as amostras foram codificadas aleatoriamente e apresentadas de forma individual a 50 provadores não treinados, que avaliaram o

produto através da escala hedônica de nove pontos, conforme a Figura 4. A análise foi realizada no Laboratório de Análise Sensorial da UTFPR-CM.

Nome: _____		Data: __/__/____.	
Por favor, prove a amostra de suco de abacaxi, e dê uma nota para cada solicitação abaixo, seguindo a seguinte escala:			
9 – Gostei muitíssimo			
8 – Gostei muito			
7 – Gostei moderadamente			
6 – Gostei ligeiramente			
5 – Não gostei/nem desgostei			
4 – Desgostei ligeiramente			
3 – Desgostei moderadamente			
2 – Desgostei muito			
1 – Desgostei muitíssimo			
		Amostra	____
Cor			_____
Textura			_____
Sabor			_____
Nota Global para o produto			_____

Figura 4 - Ficha do teste de aceitação

4.1.5 Análise estatística

Análise de Variância (ANOVA) foi aplicada aos resultados do teste de aceitação para verificar se existe uma diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as médias das notas, e então realizado teste de Tukey (teste de médias) para verificar quais amostras diferem entre si (MAGALHÃES; LIMA, 2002). Os testes estatísticos foram realizados através do programa BioEstat 5.0.

4.2 DETERMINAÇÃO DA VIDA DE PRATELEIRA

A formulação que obteve maior nota no teste de aceitação foi produzida novamente, conforme os itens 4.1.1 e 4.1.2 para o estudo da vida de prateleira de acordo

com Oliveira (2010) e Leone; Ramos; Rocha (2011). As amostras foram armazenadas em estufas, a temperaturas de 7 °C, 23 °C e 37 °C, em duplicata.

O período de estocagem foi realizado em quatro níveis (0, 10, 20 e 30 dias) para as amostras armazenadas a 7 °C, 23 °C e 37 °C. A cada 10 dias de armazenamento foram feitas análises físico-químicas e microbiológicas.

4.2.1 Análises físico-químicas

Foram realizadas análises físico-químicas de pH, sólidos solúveis totais (°Brix) e acidez total em ácido cítrico (g/100 g) de acordo com as normas analíticas do IAL (2004). A determinação de vitamina C foi realizada pelo método descrito em AOAC (1990), também utilizado por Oliveira (2010), onde na solução o ácido ascórbico (vitamina C) é reduzido ao sal sódico 2,6-diclorofenol indofenol por meio de titulação.

4.2.2 Análise microbiológica

Foram realizadas conforme o item 4.2.1.

4.2.3 Análise estatística

Os resultados obtidos das análises físico-químicas foram expressos como média e desvio padrão. Inicialmente, as variáveis de resposta foram avaliadas em relação à normalidade utilizando o teste de Shapiro-Wilk. Diferenças estatísticas significativas foram avaliadas por análise de variância univariada (ANOVA), seguida do teste de Fisher para diferenças mínimas significativas. A análise de regressão foi empregada para avaliar a influência do tempo sobre a vida de prateleira (GRANATO; CALADO; JARVIS, 2014).

4.2.4 Determinação dos parâmetros cinéticos

Para determinar o modelo cinético que melhor se ajusta aos dados experimentais, e sua ordem da reação, foram plotados os dados obtidos ao longo do armazenamento para cada temperatura em função do tempo. Os modelos testados foram os de ordem zero, primeira e segunda ordem, a escolha do que mais se adequa foi baseada na análise da falta de ajuste com os dados experimentais a 5% (P-valor) de

significância e do coeficiente de determinação (R^2). P-valores abaixo de 0,05 foram considerados estatisticamente significativos (GRANATO; CALADO; JARVIS, 2014).

Para determinar a energia de ativação (E_a) da degradação da vitamina C foi utilizada a equação de Arrhenius (Equação 9) representada graficamente pela constante da velocidade da reação versus o inverso da temperatura (em escala absoluta), generalizada na Figura 2, sendo a inclinação da reta obtida igual à E_a/R , em que o parâmetro R é a constante dos gases ideais ($1,987 \text{ cal.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$). Ao obter E_a foi determinado o fator de aceleração da temperatura (Q_{10}) para a degradação da vitamina C utilizando a Equação 10 (MARTINS, 2009; OLIVEIRA, 2010).

$$\ln K = -\frac{E_a}{RT} + \ln K_0 \quad (9)$$

$$Q_{10} = 10^{\frac{E_a}{0,46xT^2}} = \frac{K_T}{K_{T-10}} = \frac{V.P.(T-10)}{V.P.(T)} \quad (10)$$

4.2.5 Estimativa da vida de prateleira

A partir do fator de aceleração da temperatura (Q_{10}) para a vitamina C foi estimada a vida de prateleira do suco de abacaxi adicionado de yacon a 7°C utilizando a concentração de vitamina C como limitante da qualidade e fixando o nível máximo aceitável de concentração equivalente a 50% do teor inicial de vitamina C no produto (meia vida) (OLIVEIRA, 2010).

4.2.6 Comparação da vida de prateleira com produtos similares

Este valor de vida de prateleira foi comparado com a validade de sucos de frutas prontos para beber com alegação de propriedade funcional sem a adição de aditivos em sua composição existentes no mercado local da cidade de Campo Mourão-PR.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 ANÁLISE SENSORIAL

Os resultados da análise sensorial de aceitação conduzida para a avaliação das seis formulações da bebida podem ser observados na Tabela 3. Ao realizar a análise de variância (ANOVA) para os atributos, foi observado que houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as amostras das formulações. Por isso, conduziu-se o teste de Tukey que realizou a comparação entre as médias pela diferença mínima significativa (DMS).

A segunda formulação, contendo 60% de polpa de abacaxi, 8% de polpa de yacon e 32% de água, foi a mais aceita pelos provadores, indicada na escala hedônica como “gostei moderadamente”. Esta formulação foi a que mais se diferenciou estatisticamente ($p < 0,05$) conforme os atributos de cor, sabor, textura e nota global. Com isso, esta formulação foi a escolhida para a produção na avaliação da vida de prateleira.

Tabela 3 - Médias da aceitação das amostras

Atributos	Média						P-valor
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	
Cor	7,08 ^{a,b}	7,46 ^a	6,70 ^{a,b}	7,22 ^{a,b}	6,48 ^{b,c}	5,76 ^c	<0,0001
Sabor	5,46 ^a	6,68 ^b	5,62 ^{a,b}	6,38 ^{a,b}	5,94 ^{a,b}	6,14 ^{a,b}	0,0146
Textura	6,52 ^{a,b}	7,06 ^a	6,46 ^{a,b}	6,76 ^{a,b}	6,32 ^{a,b}	5,92 ^b	0,0214
Global	5,86 ^a	6,94 ^b	6,08 ^{a,b}	6,62 ^{a,b}	6,14 ^{a,b}	6,00 ^{a,b}	0,0088

As médias das amostras acompanhadas pela mesma letra, na mesma linha, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade.

Lima et al. (2008) encontraram resultados semelhantes ao avaliar a aceitação de quatro formulações com duas proporções de suco de acerola (25 e 30%) e sólidos solúveis (10 e 12 °Brix) de bebida mista à base de água de coco e suco de acerola. A formulação quatro foi a mais aceita estando em “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente”.

Essa mesma escala de aceitação foi relatada por Abreu et al. (2011) ao avaliarem quatro formulações de bebida mista elaboradas com valores fixos de 21% de polpa de manga, 7% de maracujá e 7% de caju, e modificando para cada bebida um tipo de

prebiótico, sendo a formulação 1 a bebida controle, na qual, foi adicionado sacarose, já nas demais formulações foram adicionados inulina HP, frutooligosacarídeo e inulina padrão, respectivamente. Dentre as formulações a quarta que continha inulina padrão foi a mais aceita.

Foi elaborado um néctar misto de cenoura e laranja adicionado de frutooligosacarídeos (FOS) por Freitas e Jackix (2004) que obtiveram notas entre “desgostei ligeiramente” e “gostei moderadamente”, demonstrando, assim como o presente trabalho, uma aceitação média pelos provadores quando analisado as seis formulações.

5.2 DETERMINAÇÃO DA VIDA DE PRATELEIRA

5.2.1 Análise microbiológica

Os resultados da análise microbiológica para todos os tempos e respectivas temperaturas de armazenamento estão descritos na Tabela 4.

Tabela 4 - Determinações microbiológicas do suco de abacaxi adicionado de polpa de yacon

Análise microbiológica	1 dia			10 dias			20 dias			30 dias		
	7 °C	23 °C	37 °C	7 °C	23 °C	37 °C	7 °C	23 °C	37 °C	7 °C	23 °C	37 °C
<i>Salmonella</i> sp.	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Coliformes a 35 °C (NMP/mL)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Coliformes a 45 °C (NMP/mL)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Aeróbios Mesófilos (UFC/mL)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Bolores e Leveduras (UFC/mL)	<10	<10	<10	1,1x10 ²	4,2x10 ²	7,0x10 ²	<10	<10	<10	<10	<10	<10

A – Ausência.

Os resultados demonstraram que nenhuma amostra apresentou presença de *Salmonella* sp., coliformes a 35 °C e coliformes a 45 °C, respeitando os limites estabelecidos pela legislação (ANVISA, 2001). Com isso, as amostras se apresentaram com condições sanitárias satisfatórias e foram consideradas próprias para o consumo, indicando que o tratamento térmico de pasteurização foi adequado para a preservação da amostra nesse período em todas as temperaturas de armazenamento.

O mesmo foi obtido por Brasileiro et al. (2011) ao analisarem a qualidade microbiológica de três marcas comerciais de sucos de abacaxi, caju e maracujá. E, por Freitas et al. (2006) ao avaliarem a estabilidade do suco tropical de acerola envasado pelos processos *hot-fill* e asséptico durante um período de 350 dias de armazenamento.

Além do estabelecido pela legislação também foram realizadas pesquisas de aeróbios mesófilos e bolores e leveduras. Na qual, foi utilizado como parâmetro o limite de 10^4 UFC.mL⁻¹ para mesófilos aeróbios indicado por APHA (2001), e o mesmo limite para bolores e leveduras conforme utilizado por Ruschel et al. (2001).

Estes permaneceram dentro dos padrões adotados para todos os tempos e temperaturas. Valores dentro desses parâmetros também foram obtidos por Pinheiro et al. (2006) ao analisarem cinco marcas comerciais de sucos integrais de abacaxi, caju e maracujá, estando os valores abaixo de $1,8 \times 10^3$ UFC.mL⁻¹ para aeróbios mesófilos e abaixo de $2,5 \times 10^2$ UFC.mL⁻¹ para bolores e leveduras.

5.2.2 Análises físico-químicas

A determinação de pH, acidez, sólidos solúveis e vitamina C é de suma importância para determinar a vida de prateleira e realizar possíveis correções para obedecer ao padrão de identidade e qualidade do suco tropical de abacaxi.

Na Tabela 5 são mostrados os valores médios e desvio padrão obtidos na caracterização do pH do suco de abacaxi adicionado de polpa de yacon para os tempos de 1, 10, 20 e 30 dias e temperaturas 7, 23 e 37 °C. Além disso, foi realizada a análise de variância (ANOVA) para avaliar os efeitos da temperatura (linha) e do tempo (coluna) de armazenamento.

Tabela 5 – Variação do pH entre as temperaturas em cada tempo de armazenamento

Dia	Temperatura			P-valor
	7 °C	23 °C	37 °C	
1	3,70±0,02 ^{A,a}	3,69±0,02 ^{A,a}	3,95±0,01 ^{A,b}	0,0021
10	3,42±0,00 ^{B,a}	3,44±0,01 ^{B,a}	3,71±0,01 ^{B,b}	0,0002
20	3,53±0,02 ^{C,a}	3,52 ±0,01 ^{C,a}	3,46±0,00 ^{C,b}	0,0286
30	3,45±0,00 ^{B,a}	3,52±0,00 ^{C,b}	3,41±0,00 ^D	0,0013
P-valor	0,0002	0,0005	<0,0001	

As médias das amostras acompanhadas pela mesma letra, na mesma linha (minúsculo) e/ou na mesma coluna (maiúsculo), não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade.

Houve diferença significativa (P-valor < 0,05) entre os valores de pH quando as temperaturas foram comparadas entre si, em cada tempo avaliado, bem como o tempo de armazenamento.

Os valores de pH para todos os tempos e temperaturas se apresentaram entre 3,41 e 3,95, concordando com o relatado por Borges et al. (2011), que obtiveram pH entre 3,7 e 4 ao avaliar as mudanças físico-químicas provocadas pelo tipo de armazenamento (ambiente refrigerado e ambiente) do suco de abacaxi ‘Pérola’ durante 48 horas após sua elaboração.

Valores próximos também foram encontrados por Awsi; Er. Dorcus (2012) ao desenvolver “blend” de suco de abacaxi com cenoura e suco de laranja armazenado por 21 dias a temperatura refrigerada. Assim como o presente trabalho em que o pH do suco a temperatura refrigerada (7 °C) diminuiu de 3,70 para 3,45, neste, o pH diminuiu de 4,02 para 3,64. Essa diminuição, em ambos os sucos, pode ser devido à fermentação de ácido láctico reduzindo o crescimento de microrganismos.

Quanto aos valores médios, desvio padrão e Análise de Variância de acidez total titulável, os mesmos estão dispostos na Tabela 6.

Tabela 6 – Variação da acidez total titulável entre as temperaturas em cada tempo de armazenamento

Dia	Temperatura			P-valor
	7 °C	23 °C	37 °C	
1	0,47 ±0,00 ^{A,a}	0,47±0 ^{A,a}	0,41±0,02 ^{A,a}	0,0617
10	0,43±0,00 ^{B,a}	0,44±0 ^{A,B,a}	0,39±0 ^{A,B,b}	0,0046
20	0,43±0,00 ^{B,a}	0,57±0,01 ^{C,b}	0,45±0,01 ^{A,B,a}	0,0027
30	0,47±0,00 ^{A,a}	0,46±0 ^{A,B,a}	0,54±0,01 ^{C,b}	0,0138
P-valor	0,0144	0,0004	0,0037	

As médias das amostras acompanhadas pela mesma letra, na mesma linha (minúsculo) e/ou na mesma coluna (maiúsculo), não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade.

Assim como os valores de pH, os dados de acidez total titulável apresentaram diferença significativa (P-valor < 0,05) entre os valores quando as temperaturas foram comparadas entre si, em cada tempo avaliado, bem como os tempos de 10, 20 e 30 dias de armazenamento, não sendo significativo apenas no dia 1.

Os valores de acidez total titulável em ácido cítrico (g/100 g) se apresentaram entre 0,39 e 0,58, permanecendo acima do mínimo (0,16) em todos os tempos e temperaturas, conforme a legislação descrita em Brasil (2003).

Abreu et al. (2007) ao avaliarem amostras de bebidas mistas de soja com abacaxi; de soja, abacaxi e coco; de soja, abacaxi, manga e maracujá e por fim uma com soja, abacaxi e hortelã, obtiveram os resultados de acidez total titulável de 0,19 para as três primeiras bebidas e 0,22 para a última, valores menores que os apresentados para o suco de abacaxi adicionado de polpa de yacon.

As variações dos sólidos solúveis totais e a ANOVA durante o armazenamento do suco foram demonstradas na Tabela 7.

Tabela 7 – Variação dos sólidos solúveis totais entre as temperaturas em cada tempo de armazenamento

Dia	Temperatura			P-valor
	7 °C	23 °C	37 °C	
1	10,2±0,07 ^{A,a}	9,4±0,14 ^{A,b}	9,3±0,14 ^{A,b}	0,0078
10	10,3±0,07 ^{A,B,a}	10,8±0,10 ^{B,a}	10,5±0,70 ^{A,a}	0,5687
20	9,9±0,07 ^{A,C,a}	9,8±0,07 ^{A,C,a}	9,8±0,21 ^{A,a}	0,7220
30	9,9±0,14 ^{A,C,a}	9,9±0,14 ^{C,a}	10,5±0,07 ^{A,b}	0,0201
P-valor	0,0204	0,0012	0,0785	

As médias das amostras acompanhadas pela mesma letra, na mesma linha, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade.

A temperatura de 37 °C e os tempos de 10 e 20 dias não apresentaram diferença significativa (P-valor > 0,05). Porém, realizando uma análise geral, observou-se que a temperatura e o tempo influenciaram nos valores de sólidos solúveis.

Os valores de sólidos solúveis totais em °Brix se apresentaram entre 9,3 e 10,8. Assim como a acidez total titulável, permaneceu dentro do estabelecido pela legislação vigente que informa um teor mínimo de 6 °Brix para o suco tropical de abacaxi não adoçado (BRASIL, 2003). Esse valor indica grande quantidade de substâncias dissolvidas no suco, em sua maioria, constituídas por açúcares como glicose, frutose e sacarose (CANCIAM, 2013). Como o esperado, possivelmente o yacon substituiu a sacarose e promoveu a doçura desejada pela presença do FOS, um polímero de D-frutose.

Matsuura e Rolim (2002) obtiveram valores de 11,6 °Brix ao analisar suco integral de abacaxi, utilizado como matéria-prima de “blends” de suco integral pasteurizado de abacaxi, contendo diferentes quantidades de suco integral pasteurizado de acerola. Esses produtos finais variaram entre 10,6 e 11,2 °Brix, valores próximos ao encontrado no presente trabalho.

Assim como os outros parâmetros físico-químicos analisados, os valores médios de vitamina C e a interferência do tempo e temperatura foram representados na Tabela 8.

Tabela 8 – Variação de vitamina C entre as temperaturas em cada tempo de armazenamento

Dia	Temperatura			P-valor
	7 °C	23 °C	37 °C	
1	3,96±0,00 ^{A,a}	3,96±0,00 ^{A,a}	3,96±0,00 ^{A,a}	1,0000
10	2,38±0,00 ^{B,a}	1,97±0,01 ^{B,a}	1,41±0,00 ^{B,a}	<0,0001
20	1,77±0,01 ^{C,a}	1,90±0,00 ^{C,a}	1,15±0,00 ^{C,a}	<0,0001
30	1,42±0,00 ^{D,a}	1,85±0,00 ^{D,a}	0,93±0,00 ^{D,a}	<0,0001
P-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001	

As médias das amostras acompanhadas pela mesma letra, na mesma linha, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade.

As médias das amostras no dia 1 não apresentaram diferença significativa (P-valor > 0,05). Apesar disso, os tempos de 10, 20 e 30 dias e temperaturas de 7, 23 e 37 °C influenciaram significativamente, por isso, foi considerado que a vitamina C influenciou na degradação do suco de abacaxi.

Além disso, ao analisar a degradação da vitamina C pode se observar, conforme a Figura 5, que os teores foram inversamente proporcionais ao tempo e temperatura avaliados, da concentração inicial de 3,96 mg/100 mL diminui para 1,42 (7 °C), 1,85 (23 °C) e 0,93 mg/100 mL (37 °C) no final do tempo de armazenamento, apresentando perdas de 64, 53,4 e 76,7%, respectivamente.

Esta diminuição considerável conforme o aumento de tempo e temperatura indica que a cinética de degradação da vitamina C pode ser um parâmetro para estimar a vida de prateleira deste suco, principalmente porque a vitamina C é um composto termolábil e muito sensível a condições adversas de manipulação, processamento e armazenamento (OLIVEIRA, 2010; WOJSLAW, 2013).

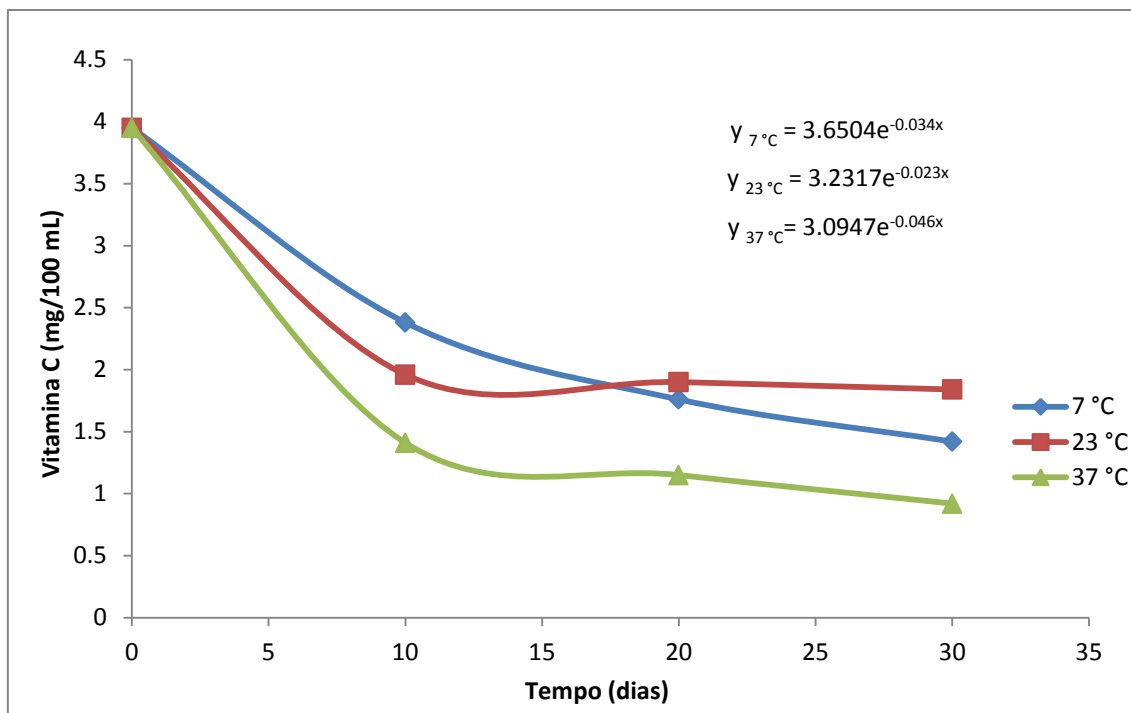


Figura 5 – Variação da concentração de vitamina C nas diferentes temperaturas durante o armazenamento do suco de abacaxi adicionado de polpa de yacon

Abreu et al. (2007) ao avaliarem bebidas de soja com frutas tropicais obtiveram valores de concentração de vitamina C, variando entre 3,35 e 0,09 mg/100 mL em três formulações, tais resultados foram menores que os obtidos neste trabalho que apresentou valores entre 3,96 e 0,93 mg/100 mL.

5.2.3 Determinação dos parâmetros cinéticos

Foram testados os modelos cinéticos de ordem zero, primeira ordem e segunda ordem para a degradação da vitamina C, pH, sólidos solúveis totais e acidez total, pois estes parâmetros influenciaram na degradação do suco, na qual, os dados das três ordens apresentaram ajuste significativo ($p < 0,05$) para todos os testes. Porém, o modelo de primeira ordem demonstrou ser o mais adequado por apresentar maior grau de ajuste dos dados experimentais da reta (R^2) para os parâmetros, como demonstra a Figura 6 para a diminuição da concentração de vitamina C ao longo do tempo de armazenamento, gráfico também plotado para os outros parâmetros e utilizado para os cálculos dos parâmetros cinéticos.

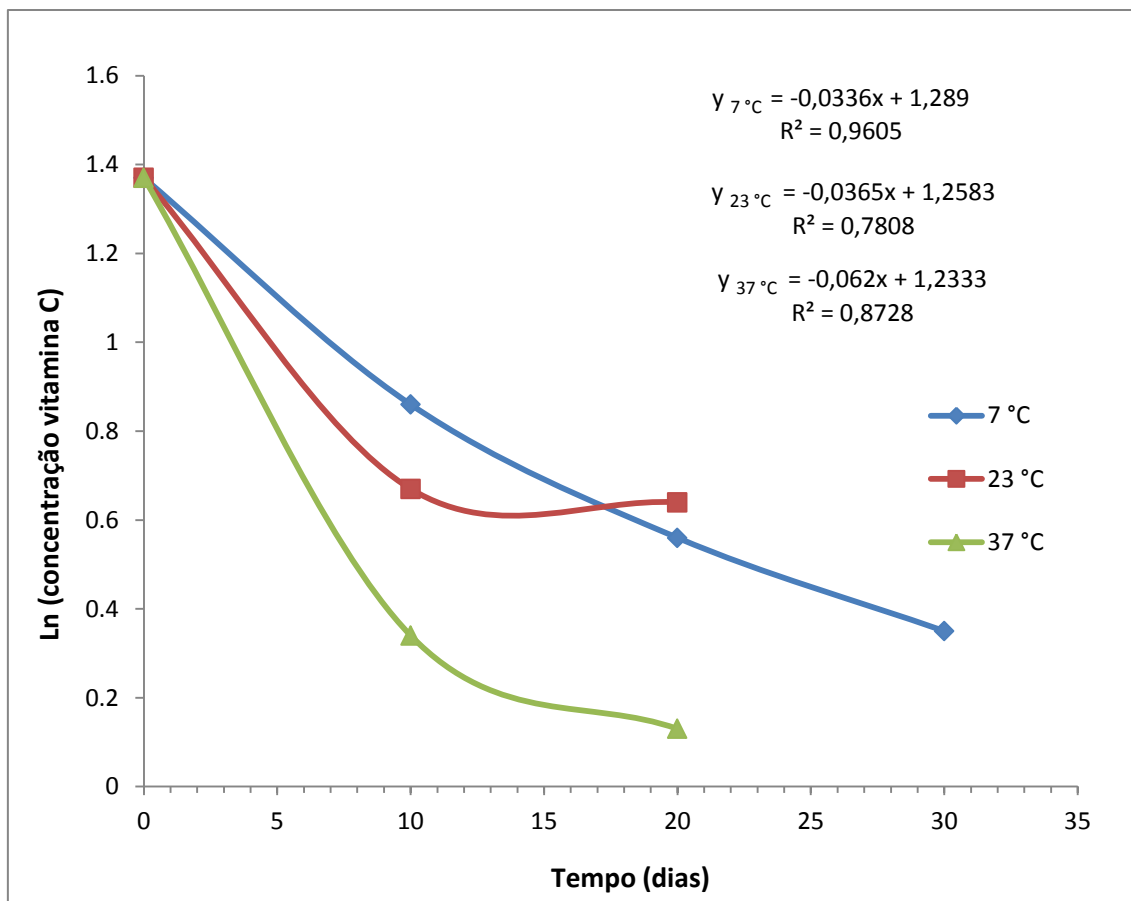


Figura 6 – Modelo cinético de primeira ordem para a degradação de vitamina C no suco de abacaxi adicionado de polpa de yacon para as três temperaturas

Os valores das constantes de degradação foram de $-0,0336 \text{ dias}^{-1}$ (7 °C), $-0,0365 \text{ dias}^{-1}$ (23 °C) e $-0,062 \text{ dias}^{-1}$ (37 °C). As constantes demonstraram que a vitamina C foi sensível ao armazenamento. O mesmo foi observado em Prati et al. (2004) ao analisarem bebida mista de garapa parcialmente clarificada e suco natural de maracujá.

A primeira ordem também foi utilizada como parâmetro cinético em trabalhos que envolveram a degradação da vitamina C como em Silva; Crispim; Vieira (2015) ao analisar o processo de degradação térmica do ácido ascórbico em suco de laranja tipo “pêra” em um reator batelada de escala experimental e Oliveira (2010) que utilizou a vitamina C como parâmetro determinante para a cinética de degradação de suco integral de manga.

Como foi verificado que o efeito da interação tempo e temperatura foi significativo não só para a vitamina C, mas também para o pH, acidez total e sólidos solúveis totais, o modelo de Arrhenius foi aplicado através do gráfico em escala linear da constante da velocidade da reação *versus* o inverso da temperatura (em escala

absoluta), para o cálculo de E_a , exemplificado na Figura 7 para a degradação de vitamina C. Para todos esses interferentes na reação de deterioração foram calculados os parâmetros cinéticos de energia de ativação (E_a) e o fator de aceleração da temperatura (Q_{10}), mostrados na Tabela 9.

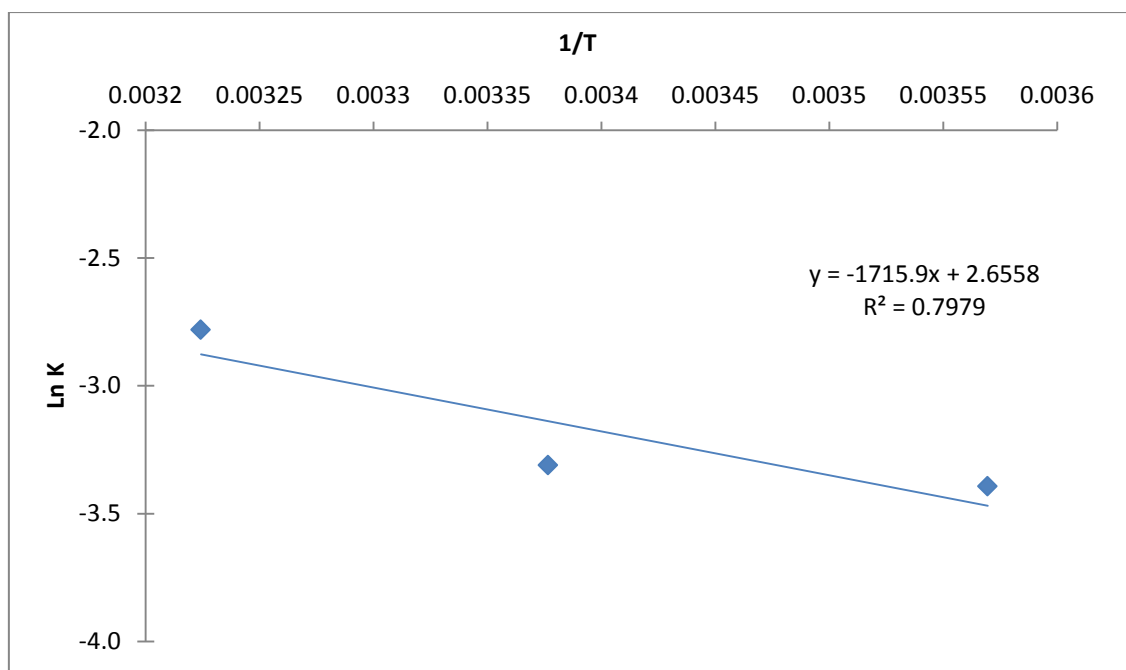


Figura 7 – Efeito da temperatura sobre a constante de velocidade de degradação da vitamina C no suco de abacaxi com polpa de yacon

Tabela 9 – Parâmetros cinéticos para a degradação de vitamina C, pH, sólidos solúveis totais (SST) e acidez total

Parâmetro	Parâmetros cinéticos			
	Equação da reta	R^2	Q_{10}	E_a (kcal.mol ⁻¹)
pH	-3664,5x + 6,63	0,86	1,59	7,28
SST	-2314,1x + 1,70	0,99	1,34	4,59
Acidez Total	-6106,9x + 15,31	0,72	2,17	12,13
Vitamina C	-1715,9x + 2,65	0,79	1,24	3,40

Os valores de E_a e Q_{10} para o pH, SST e acidez total foram superiores aos encontrados para a vitamina C. Isso significa que esses parâmetros são mais dependentes da temperatura e possuem maior potencial para acelerar a degradação do suco de abacaxi adicionado de polpa de yacon. Porém, a degradação da vitamina C pode implicar em maior perda de qualidade do produto por seu fator nutricional, sendo o

parâmetro escolhido para a estimativa da vida de prateleira, assim como em diversos trabalhos.

Abioye et al. (2013) ao estudarem a cinética de degradação da vitamina C no suco de “baobab” durante a pasteurização, obtiveram E_a de 24,24 kJ.mol⁻¹ e Q_{10} de 1,06. Este valor de Q_{10} foi menor que o obtido no presente trabalho.

E_a maiores que o obtido neste estudo também foram encontrados por Torralles et al. (2008) com variações entre 43,7 e 46,3 kJ.mol⁻¹ e Q_{10} entre 1,45 e 1,61 ao determinarem as constantes cinéticas de degradação da vitamina C em temperaturas normalmente usadas durante o branqueamento, a pasteurização e a concentração de purê de pêssego.

No entanto, ao estudarem a degradação do ácido ascórbico em suco de limão pasteurizado em condições regulares de armazenamento Abbasi; Niakousari (2008) encontraram E_a de 0,137 kcal.mol⁻¹. Valores menores que o obtido nesse estudo também foi verificado por Sapei; Hwa (2014) com E_a estimada entre 1,65 kcal.mol⁻¹ e 1,90 kcal.mol⁻¹ para a degradação da vitamina C em sucos de morango frescos com açúcar e sem adição de açúcar.

5.2.4 Estimativa de vida de prateleira

Para a estimativa da vida de prateleira do suco de abacaxi adicionado de polpa de yacon na temperatura de 7 °C a concentração de vitamina C foi usada como indicadora de qualidade. Essa concentração foi considerada a mínima aceitável quando seu valor era de 50% do teor inicial encontrado (tempo de meia vida) na temperatura de 37 °C.

Com isso, a vida de prateleira observada para o produto armazenado a 37 °C foi de 10 dias. Sendo o Q_{10} calculado para a degradação de vitamina C de 1,24, a vida de prateleira estimada para o produto armazenado a 7 °C foi de 19 dias, a partir da Equação 10, na qual, foi necessário estimar a vida de prateleira para o produto a 27 °C e 17 °C para obter a estimativa para 7 °C pois o Q_{10} é o quociente de velocidade de uma reação a uma determinada temperatura e à velocidade a 10 °C abaixo.

O valor estimado de vida de prateleira baseado na concentração de vitamina C foi um critério escolhido para garantir que ao final da vida útil do produto o mesmo apresentasse características nutricionais aceitáveis.

5.2.5 Comparação da vida de prateleira com produtos similares

O mercado de sucos naturais sem adição de açúcar ou conservantes está em expansão. Conforme relato de Garcia (2015), o segmento de suco de frutas pronto para beber cresceu dois dígitos nos últimos cinco anos influenciados pela demanda por produtos mais naturais, saudáveis e nutritivos e pela conveniência resultante do fato em que as pessoas estão trabalhando fora de casa e buscam praticidade.

Com isso foi realizada uma pesquisa de mercado, descrita na Tabela 10, para identificar esses produtos com alegações de serem naturais, não possuindo adição de açúcar e conservantes.

Tabela 10 – Comparação da vida de prateleira de produtos similares

Produto	Validade (dias)	Temperatura de armazenamento (°C)
Suco analisado	19	7
Marca A	7	0-7
Marca B	21	2-5
Marca C	21	0-7
Marca D	12	0-7

Pode ser verificado nessa pesquisa que os produtos dessas quatro marcas encontradas possuem recomendações do fabricante de temperaturas de armazenamento próximas a que foi acondicionado o suco de abacaxi adicionado de polpa de yacon. Além disso, apesar do suco desenvolvido nesse trabalho não apresentar melhor vida de prateleira que as marcas B e C o mesmo apresentou-se com valor adequado por possuir maior vida de prateleira que as marcas A e D. Isso pode indicar que o suco de abacaxi adicionado de polpa de yacon possui estabilidade e qualidade a um prazo compatível com os sucos comercializados atualmente, podendo ser um produto com potencial de mercado.

6 CONCLUSÃO

O desenvolvimento de novos produtos exige processos complexos de pesquisas, dentre essas, encontra-se a análise de vida de prateleira para que o produto se mantenha adequado e seguro para o consumo. Além disso, para ser comercializado, o produto deve ser aceito pelo consumidor, portanto, são realizadas análises sensoriais para verificar a qualidade do produto.

Por isso, foi realizada análise sensorial com seis formulações, onde a segunda formulação, que continha 60% de polpa de abacaxi, 8% de polpa de yacon e 32% de água, foi a mais aceita sensorialmente, foi realizada a produção dessa formulação para a análise de vida de prateleira. Nesta foi verificado que os parâmetros de pH, sólidos solúveis totais, acidez total e vitamina C foram influenciados pelo efeito da interação entre o tempo e a temperatura, demonstrando que podem interferir na qualidade do suco de abacaxi adicionado de polpa de yacon.

Com o ajuste dos dados, o modelo cinético de primeira ordem foi melhor representado para todos os parâmetros, dessa forma, a velocidade de reação de degradação depende da concentração inicial dos reagentes.

Ao realizar a análise de regressão foi possível verificar que todos os parâmetros apresentaram bom ajuste. E, a partir disso, os parâmetros cinéticos de E_a e Q_{10} para pH, acidez total e sólidos solúveis totais se apresentaram acima dos encontrados para a vitamina C, porém, a vitamina C foi utilizada para estimar a vida de prateleira por representar melhor a perda nutricional do produto.

Através do teste acelerado de vida de prateleira a estimativa de vida de prateleira do suco de abacaxi adicionado de polpa de yacon foi de 19 dias a 7 °C. Valor aceitável ao ser comparado com a vida de prateleira de produtos similares comercializados atualmente.

7 REFERÊNCIAS

ABBASI, A.; NIAKOUSARI, M. Kinetics of ascorbic acid degradation in unpasteurized iranian lemon juice durang regular storage conditions. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 11, n. 11, p. 1365-1369, 2008.

ABIOYE, A. O.; ABIOYE, V. F.; ADE-OMOWAYE, B. I.O.; ADEDEJI, A. A. Kinetic modeling of ascorbic acid loss in baobab drink at pasteurization and storage temperatures. **Journal Of Environmental Science, Toxicology And Food Technology**, v. 7, n. 2, p. 17-23, 2013.

ABREU, C. R. A.; PINHEIRO, A. M.; MAIA, G. A.; CARVALHO, J. M.; SOUSA, P. H. M. Avaliação química e físico-química de bebidas de soja com frutas tropicais. Araraquara: **Alim. Nutr.**, v. 18, n. 3, p. 291-296, 2007.

ABREU, D. A.; SILVA, L. M. R.; LIMA, A. S.; MAIA, G. A.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUSA, P. H. M. Desenvolvimento de bebidas mistas à base de manga, maracujá e caju adicionadas de prebióticos. Araraquara: **Alim. Nutr.**, v. 22, n. 2, p. 197-203, 2011.

ALBUQUERQUE, E. N.; ROLIM, P. M. Potencialidades do yacon (*Smallanthus sonchifolius*) no diabetes *Mellitus*. Campinas: **Rev. Ciênc. Méd.**, v. 20, n. 3-4, p. 99-108, 2011.

ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. **Aprova regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos de alimentos**. DOU - Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 10 de janeiro de 2001.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 15 ed., 1141 p. Arlington: Association of Official Analytical Chemists, 1990.

APHA. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4 ed. Washington, D.C., 676 p., 2001.

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

ASHURST, P. R. **The chemistry and technology of soft drinks and fruit juices**. 2^a ed. Hereford, England: Blackwell Publishing Ltd, 2005.

ATKINS, P.; PAULA, J. **Físico-Química**. 8 ed., 589 p. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

AWSI, J.; ER. DORCUS, M. Development and Quality Evaluation of Pineapple Juice Blend with Carrot and Orange juice. **International Journal of Scientific and Research Publications**, v. 2, n. 8, 2012.

BORGES, P. R. S.; CARVALHO, E. E. N.; BOAS, E. V. B. V.; LIMA, J. P.; RODRIGUES, L. F. Estudo da estabilidade físico-química de suco De abacaxi ‘Pérola’. Lavras: **Ciênc. agrotec.**, v. 35, n. 4, p. 742-750, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto Nº 6871, de 04 de junho de 2009. **Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas.** D.O.U – Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 04 de junho de 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 12, de 4 de setembro de 2003. **Aprova o Regulamento Técnico para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade Gerais para Suco Tropical.** D.O.U – Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 09 de setembro de 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Alimentos. **Aprova Regulamento Técnico que estabelece as diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos.** D.O.U. - Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 03 de maio de 1999.

BRASILEIRO, L. A.; BARBOSA, J. B.; MANHÃES, M. P. S.; PEREIRA, S. M. F. Avaliação microbiológica de sucos comercializados em Campos dos Goytacazes, RJ. **Perspectivas Online**, v. 5, n. 17, 20011.

BREE, I. V.; BAETENS, J. M.; DEVLIEGHERE, F.; LALEMAN, R.; CANDEKINDEREN, I.; NOSEDA, B.; XHAFERI, R.; BAETS, B.; MEULENAER, B. Modelling the degradation kinetics of vitamin C in fruit juice in relation to the initial headspace oxygen concentration. **Food Chemistry**, v. 134. p. 207-214, 2012.

CANCIAM, C. A. Correlação entre o coeficiente de expansão térmica e o teor de sólidos totais para o suco de abacaxi. Ponta Grossa: **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 07, n. 02, p. 1128-1139, 2013.

CASEMIRO, I. P.; RAMOS, P. Produção científica sobre alimentos funcionais: uma análise das publicações brasileiras entre 2007 e 2013. Rio de Janeiro: **Demetra: Alimentação, Nutrição & Saúde**, v. 9, n. 4, p. 925-941, 2014.

COUSSEMENT, P.A.A. Inulin and oligofructose: Safe intakes and legal status. **Journal of Nutrition**, v. 129, n. 7, p. 1412–1417, 1999.

DIONÍSIO, A. P.; WURLITZER, N. J.; BORGES, M. F.; MODESTO, A. L. G.; ARAÚJO, I. M. S.; PEREIRA, A. C. S.; GOES, T. S.; VIEIRA, N. M.; FIGUEIREDO, R. W. **Desenvolvimento de Bebida Prebiótica de Caju e Yacon.** 1. ed. 19 p. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2013.

DIONÍSIO, A. P.; WURLITZER, N. J.; BORGES, M. F.; ARAÚJO, I. M. S.; GOES, T. S.; VIEIRA, N. M.; FIGUEIREDO, R. W. **Bebida Prebiótica de Frutas Tropicais e Yacon com Elevada Capacidade Antioxidante.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2014.

FACUNDO, H. V. V. Mudanças no perfil sensorial e de voláteis do suco de abacaxi concentrado durante o processamento. **Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

FELTRE, R. **Química: físico-química**. 6 ed. São Paulo: Moderna, 2004.

FERREIRA, E. H. R. Avaliação da barorresistência e de termorresistência de *Byssochlamys nivea* em néctar e suco integral de abacaxi. **Tese (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Programa de Pós Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos**, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

FOOD INGREDIENTS BRASIL. Shelf life: uma pequena introdução. **Revista Food Ingredients**, n. 18, 2011.

FREITAS, D. G. C.; JACKIX, M. N. H. Néctar misto de cenoura e laranja adicionado de frutooligossacarídeo e pectina. Curitiba: **B. CEPPA**, v. 22, n. 2, p. 355-374, 2004.

FREITAS, C. A. S.; MAIA, G. A.; COSTA, J. M. C.; FIGUEIREDO, R. W.; RODRIGUES, M. C. P.; SOUSA, P. H. M. Estabilidade do suco tropical de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) adoçado envasado pelos processos *hot-fill* e asséptico. Campinas: **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 3, p. 544-549, 2006.

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

GARCIA, S. Del Valle explica estratégia por trás de suco 100% natural: depoimento. [22 de janeiro, 2015]. São Paulo: **Revista Exame**. Entrevista concedida a Karin Salomão.

GRANADA, G. G.; ZAMBIAZI, R. C.; MENDONÇA, C. R. B. Abacaxi: produção, mercado e subprodutos. Curitiba: **B. CEPPA**, v. 22, n. 2, p. 405-422, 2004.

GRANATO, D.; CALADO, V. M. A.; JARVIS, B. Observations on the use of statistical methods in Food Science and Technology. **Food Research International**, v. 55, p. 137-149, 2014.

GRANATO, D.; PIEKARSKI, F. V. B. W.; BENINCA, C.; MASSON, M. L. Doce dietético misto de Yacon e maracujá: avaliação da aceitabilidade e da estabilidade físico-química sob refrigeração. **Braz. J. Food Technol.**, v. 12, n. 3, p. 200-204, 2009.

GUSSO, A. P.; MATTANNA, P.; RICHARDS, N. Yacon: benefícios à saúde e aplicações tecnológicas. **Ciênc. Rural**, v. 0, n. 0, p.0-0, 2014.

IAL. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. v. 1. Métodos físico-químicos para análise de alimentos, 4ª ed., 1004p. São Paulo, 2004.

IKEDA, A. A.; MORAES, A.; MESQUITA, G. Considerações sobre tendências e oportunidades dos alimentos funcionais. **Revista P&D Engenharia de Produção**, v. 8, n. 2, p. 40-56, 2010.

ITAL. Instituto de Tecnologia de Alimentos. **Reações de transformação e vida-de-prateleira de alimentos processados**. Campinas: Manual técnico, n. 6, 2 ed., 1996.

LABUZA, T. P. A theoretical comparison of losses in Foods under fluctuating temperature sequences. **Journal of Food Science**, v. 44, n. 4, p. 1162-1168, 1979.

LABUZA, T. P.; SCHMIDL, M. K. Accelerated shelf life testing of foods. **Food Technology**, v. 34, n. 2, p. 67-77, 1985.

LAGO, C. C. Estudo do suco concentrado e da polpa de yacon (*Smallanthus sonchifolius*). **Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA)**, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

LEONE, R. S.; RAMOS, A. M.; ROCHA, F. I. G. Avaliação de componentes bioativos em suco misto de frutas e hortaliça durante 100 dias de armazenamento. Ponta Grossa: **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 5, p. 480-489, 2011.

LEONE, R. S. Estudo do processo de incorporação de *Lactobacillus casei* LC-01 em yacon (*Smallanthus sonchifolius*) desidratado em flocos. 77 p. **Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Setor de Tecnologia**, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

LIMA, A. S.; MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M.; SILVA, F. V. G.; FIGUEIREDO, E. A. T. Desenvolvimento de bebida mista à base de água de coco e suco de acerola. Campinas: **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 3, p. 683-690, 2008.

LIMA, A. S. Néctares mistos de frutas tropicais adicionados de inulina: ação prebiótica, estabilidade e aceitabilidade. **Tese (Doutorado em Nutrição) – Programa de Pós-Graduação em Nutrição do Centro de Ciências da Saúde**, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.

LIMA, M. M. Propriedades físico-químicas e de textura de abacaxi (var. Pérola) desidratado enriquecido com cálcio por impregnação a vácuo. **Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Alimentos**, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

MAGALHÃES, M. M., LIMA, A. C. P. **Noções de Probabilidade e Estatística**. 5. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2002.

MARTINS, G. A. S. Determinação da vida-de-prateleira por testes acelerados de doce em massa de banana cv. prata. **Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Programa de Pós Graduação em Ciência dos Alimentos**, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

MATSUURA, F. C. A. U.; ROLIM, R. B. Avaliação da adição de suco de acerola em suco de abacaxi visando à produção de um “blend” com alto teor de vitamina C. Jaboticabal: **Rev. Bras. Frutic.**, v. 24, n. 1, p. 138-141, 2002.

MIRANDA, D. S. A.; PESSOA, T.; FIGUEREDO, R. M. F.; GURJÃO, F. F.; PINHEIRO, R. M. M.; MARTINS, A. G. L. A. Elaboração e caracterização de néctar de abacaxi pérola adoçado com glucose de milho. **Agropecuária Técnica**, v. 36, n. 1, p. 82-87, 2015.

MOHAMED, A. B.; RASSAOUI, R.; BESBES, S. Chemical Composition, Functional Properties, and Effect of Inulin from Tunisian *Agave americana* L. Leaves on Textural Qualities of Pectin Gel. Hindawi Publishing Corporation, **Journal of Chemistry**, 11 p., 2014.

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

NINESS, K. R. Inulin and oligofructose: What are they? **Journal of Nutrition**, v. 129, n. 7, p. 1402–1406, 1999.

OLIVEIRA, A. N. Cinética de degradação de suco integral de manga e estimativa da vida de prateleira por testes acelerados. **Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

OLIVEIRA, A. S. B. Estudo da secagem de casca de abacaxi visando desenvolvimento de chá a partir do produto seco. **Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologias Agropecuárias) – Programa de Pós Graduação em Ciências e Tecnologias Agropecuárias**, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2014.

PAIVA, C. L.; QUEIROZ, V. A. V.; RODRIGUES, J. A. S. Estudos sensoriais para determinação da vida de prateleira de barra de cereais com pipoca de sorgo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.11, n.3, p. 302-311, 2012.

PENHA, V. B.; CAPARELI, J.; PELIZER, L. H.; AQUINO, P.; SILVA, R. A. Estudo de caso: a utilização da batata yacon para controle dos níveis de glicemia em portadores do diabetes tipo 2. **Nutrire**, v. 32, n. suplementos (9º Congresso Nacional da SBAN), p. 115-115, 2007.

PINHEIRO, A. M.; FERNANDES, A. G.; FAI, A. E. C.; PRADO, G. M.; SOUSA, P. H. M.; MAIA, G. A. Avaliação química, físico-química e microbiológica de sucos de frutas integrais: abacaxi, caju e maracujá. Campinas: **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 1, p. 98-103, 2006.

PRATI, P.; MORETTI, R. H.; CARDELLO, H. M. A. B.; GÂNDARA, A. L. N. Estudo da vida-de-prateleira de bebida elaborada pela mistura de garapa parcialmente clarificada estabilizada e suco natural de maracujá. Curitiba: **B. CEPPA**, v. 22, n. 2, p. 295-310, 2004.

RAIZEL, R.; SANTINI, E.; KOPPER, A. M.; REIS FILHO, D. A. Efeitos do consumo de probióticos, prebióticos e simbióticos para o organismo humano. Porto Alegre: **Revista Ciência & Saúde**, v. 4, n. 2, p. 66-74, 2011.

REMINI, H.; MERTZ, C.; BELBAHI, A.; ACHIR, N.; DORNIER, M.; MADANI, K. Degradation kinetic modelling of ascorbic acid and colour intensity in pasteurised blood orange juice during storage. **Food Chemistry**, v. 173, p. 665–673, 2015.

ROBERFROID, M. B. Caloric value of inulin and oligofructose. **Journal of Nutrition**, v. 129, n. 7, p. 1436–1437, 1999.

RODRIGUES, F. C. Avaliação da farinha de yacon (*Smallanthus sonchifolius*) na modulação das propriedades biomecânicas e na retenção de minerais nos ossos de ratos *Wistar*. **Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

RODRIGUES, S.; FERNANDES, F. A. N. **Advances in Fruit Processing Technologies**. New York: Taylor & Francis Group, 2012.

ROSA, C. S.; OLIVEIRA, V. R.; VIEIRA, V. B.; GRESSLER, C.; VIEGA, S. Elaboração de bolo com farinha de Yacon. Santa Maria: **Ciênc. Rural**, v. 39, n. 6, p. 1869-1872, 2009.

RUSCHEL, C. K.; CARVALHO, H. H.; SOUZA, R. B.; TONDO, E. C. Qualidade microbiológica e físico-química de sucos de laranja comercializados nas vias públicas de Porto Alegre/RS. Campinas: **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, n. 1, p. 94-97, 2001.

RUSSELL, J. B. **Química Geral**. 2 ed. v. 2. São Paulo: Makron Books do Brasil, 1994.

SAAD, S. M. I. Probióticos e prebióticos: o estado da arte. **Revista brasileira de ciências farmacêuticas**, v. 42, n. 1, p. 1-12, 2006.

SAPEI, L.; HWA, L. Study on the kinetics of vitamin C degradation in dresh strawberry juices. **Procedia Chemistry**, v. 9, p. 62 – 68, 2014.

SILVA, N. L.; CRISPIM, J. M. S.; VIEIRA, R. P. Modelagem cinética da degradação térmica do ácido ascórbico em reator batelada. Campinas: **XI Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica**, 2015.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A.; TANIWAKI, M. H.; SANTOS, R. F. S.; GOMES, R. A. R.; OKAZAKI, M. M. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. 3. ed. 544 p. Campinas: Varela, 2007.

SILVA, E. B. Processamento de bebida funcional à base do yacon (*Polymnia sonchifolia* Poepping & Endlicher). **Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos**, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

SIRÓ, I.; KÁPOLNA, E.; KÁPOLNA, B.; LUGASI, A. Functional food: product development, marketing and consumer acceptance; a review. **Appetite**, v. 51, n. 3, p. 456-467, 2008.

TEIXEIRA, A. P.; PAIVA, C. F.; RESENDE, A. J.; ZANDONADI, R. P. O efeito da adição de yacon no suco de laranja industrializado sobre a curva glicêmica de estudantes universitários. Araraquara: **Alim. Nutr.**, v.20, n.2, p. 313-319, 2009.

TEIXEIRA NETO, R. O.; VITALI, A. A.; MOURA, S. C. S. R. **Introdução à cinética de reação em alimentos**. Campinas: ITAL – Manual Técnico n. 6, 3 ed., p. 63-83, 2004.

TORRALLES, R. P.; VENDRUSCOLO, J. L.; VENDRUSCOLO, C. T.; DEL PINO, F. A. B.; ANTUNES, P. L. Determinação das constantes cinéticas de degradação do ácido ascórbico em purê de pêssego: efeito da temperatura e concentração. Campinas: **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 18-23, 2008.

TORRES-VALENZUELA, L. S.; VILLAMIZAR, R.; ÁNGEL-RENDÓN, S. Stabilization of a functional refreshment from mango nectar and yacon (*Smallanthus sonchifolius*) through spray drying encapsulation. **Functional Foods in Health and Disease**, v. 4, n. 2, p. 77- 86, 2014.

UNICAMP. **Tabela brasileira de composição de alimentos - TACO**. 4ª ed. 161 p. Campinas: UNICAMP/NEPA, 2011.

WATANABE, F. M. F. Estudo da viabilidade de *Bifidobacterium Animalis* Ssp. *Lactis* em suco de yacon. **Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos**, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

WHO – World Health Organization. 2003. **Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases**. World Health Organization, Geneva. Disponível em: <http://whqlibdoc.who.int/trs/who_trs_916.pdf>. Acesso em: 21.03.2015.

WILLE, G. M. F. C. Desenvolvimento de novos produtos: as melhores práticas em gestão de projetos em indústrias de alimentos do estado do Paraná. **Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós Graduação em Tecnologia de Alimentos**, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

WOJSLAW, E. B. **Tecnologia de Alimentos**. 1ª ed. 143 p. Brasília: AVM Faculdade Integrada, 2013.

WOUTERS, R. **Inulin**. In: Food stabilisers, thickeners and gelling agents. New York: John Wiley & Sons, p. 180-197, 2010.