

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
ENGENHARIA QUÍMICA**

**JERSON PRESTES DE QUADROS JUNIOR
JÉSSYCA LEITE**

**ELABORAÇÃO DE GELEIA DE MAÇÃ E PIMENTA DEDO-DE-MOÇA
(*CAPSICUM BACCATUM*) E ANÁLISE DE PROPRIEDADES FÍSICO-
QUÍMICAS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO 2

**PONTA GROSSA
2021**

**JERSON PRESTES DE QUADROS JUNIOR
JÉSSYCA LEITE**

**ELABORAÇÃO DE GELEIA DE MAÇÃ E PIMENTA DEDO-DE-MOÇA
(*CAPSICUM BACCATUM*) E ANÁLISE DE PROPRIEDADES FÍSICO-
QUÍMICAS**

**Formulation of an apple jelly and red-pepper (*capsicum baccatum*) and
physicochemical properties analysis**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Química, do Departamento de
Engenharia Química da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Safi Amaro Monteiro

PONTA GROSSA

2021



Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

JERSON PRESTES DE QUADROS JUNIOR E JESSYCA LEITE

ELABORAÇÃO DE GELEIA DE MAÇÃ E PIMENTA DEDO-DE-MOÇA (CAPSICUM BACCATUM) E ANÁLISE DE PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Química da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

08 de novembro de 2021

Prof. Ms. Luis Alberto Chavez Ayala
Mestre
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Ms. Matheus Lopes Demito
Mestre
Universidade Estadual de Maringá

Profa. Dra. Safi Amaro Monteiro
Doutora
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**PONTA GROSSA
2021**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradecemos a essa parceria e amizade que nos deu forças e que foi primordial para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradecemos aos nossos pais e familiares que nos deram total apoio e incentivo durante os anos de graduação.

Aos amigos, por todo apoio durante a graduação, tornando essa caminhada mais fácil, por serem apoio nos momentos difíceis e por sempre torcerem por nós.

À nossa orientadora, Prof^a Dr^a Safi Amaro Monteiro, por todo tempo e paciência dedicados em nos orientar de maneira brilhante.

E a todos os professores da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Ponta Grossa, nossa gratidão por todo conhecimento que nos foi agregado durante esses anos.

PRESTES, Jerson, LEITE, Jéssyca. **Elaboração de geleia de maçã e pimenta dedo-de-moça (*capsicum baccatum*) e análise de propriedades físico-químicas**. 2021, 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2021.

RESUMO

A geleia segundo a legislação brasileira, é um produto obtido pela concentração da polpa ou suco de fruta com quantidades adequadas de açúcar, pectina e ácido, até a concentração suficiente para que ocorra a geleificação durante o resfriamento. Apreciadas tanto pelos brasileiros quanto mundialmente este produto apresenta grande versatilidade, pois pode ter como base várias frutas entre elas, mamão, maçã e abacaxi. As pimentas são consumidas em várias partes do mundo, especialmente na forma de conservas ou condimentos, podendo contribuir como valor agregado a produtos como as geleias. A geleia de maçã com pimenta apresenta muitas vantagens nutricionais que podem trazer benefícios ao consumidor. O presente trabalho teve como objetivo a elaboração de uma geleia à base de maçã tipo gala e pimenta dedo-de-moça (*Capsicum baccatum*). A partir dessa formulação foram conduzidas algumas análises para determinar a capacidade antioxidante, compostos fenólicos, acidez titulável, pH, teor de sólidos solúveis, umidade, cor e cinzas. A geleia obtida pode ser classificada como tipo extra por sua proporção de 50 partes de fruta para 50 partes de açúcar. Apresentou cor tendente ao amarelo, comportamento pseudoplástico e a viscosidade diminuiu em testes quando submetida a aumentos de temperatura de 20 °C a 70 °C. Em todos os pontos observados houve consonância com a legislação vigente e em comparação com geleias de maçã e pimenta obtidas dos mercados percebeu-se um produto semelhante em textura e cor, mas mais estável e com teor de fenóis totais de 28.44 mg.100g⁻¹ e ácido ascórbico 18,02 mg.100g⁻¹. Todas as características preconizadas pela Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária em seus manuais sobre o preparo de geleias foram atendidas.

Palavras-chave: geleia; pimenta dedo-de-moça; reologia.

PRESTES, Jerson, LEITE, Jéssyca. **Formulation of an apple jelly and red-pepper (*capsicum baccatum*) and physicochemical properties analysis**. 2021, 47 p. Work of Conclusion Course (Graduation in Chemical Engineering) - Federal Technology University - Paraná. Ponta Grossa, 2021.

ABSTRACT

Jelly, according to Brazilian legislation, is a product obtained by concentrating the pulp or fruit juice with adequate amounts of sugar, pectin and acid, up to a concentration sufficient for the gel to form as it cools down. Appreciated both by Brazilians and worldwide, this product has great versatility, as it can be based on various fruits, including papaya, apple and pineapple. Peppers are consumed in various parts of the world, especially in the form of preserves or condiments, which can add value to products such as jellies. Pepper apple jelly has many nutritional benefits that can bring benefits to the consumer. The present work aimed at the elaboration of a jelly based on gala apple and red pepper (*Capsicum baccatum*). From this formulation, some analyzes were carried out to determine the antioxidant capacity, phenolic compounds, titratable acidity, pH, soluble solids content, moisture, color and ash. The jelly obtained can be classified as an extra type which means that there were 50 parts of fruits to 50 parts of sugar. Its color tends to yellow, pseudoplastic behavior and viscosity decreased in tests when subjected to temperature increases from 20 °C to 70 °C. At all points observed, there was compliance with current legislation and, in comparison with apple and pepper jams obtained from the markets, a product similar in texture and color, but more stable and with a total phenol content of 28,82 mg.100g⁻¹, was noticed and ascorbic acid 18,02 mg.100g⁻¹. All characteristics recommended by the Brazilian Agricultural and Research Corporation in its manuals on the preparation of jelly and jams were met.

Keywords: jelly; red peper; rheology.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Pimenta dedo de moça	12
Figura 2 - Molécula estrutural do Ácido Ascórbico	17
Figura 3 - Oxidação do ácido ascórbico a ácido dehidroascórbico e.....	18
Figura 4 - Estrutura do radical livre DPPH.....	20
Figura 5 - Classificação reológica dos fluidos	23
Figura 6 - Fluxograma de etapas para produção da geleia.....	29
Figura 7 - Refratômetro de Abbé	33
Figura 8 - Índices de refração de soluções de sacarose a 20°C (% peso no ar)	33
Figura 9 - Curva de fluxo derivada do modelo de Lei de potência.....	41
Fotografia 1 - Geleias de maçã e pimenta, Marca A, Marca B e Marca C (respectivamente).....	36
Quadro 1: Formulação de geleia de maçã e pimenta dedo-de-moça.....	28
Quadro 2: Resultados obtidos pela Análise Reológica	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Descrição dos materiais e reagentes utilizados nesse trabalho bem como fornecedores dos mesmos.	26
Tabela 2- Principais Equipamentos utilizados nesse trabalho e suas marcas e modelos	27

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	OBJETIVOS	10
	2.1 Objetivo geral	10
	2.2 Objetivos específicos	10
3	REFERENCIAL TEÓRICO	11
	3.1 Pimentas do gênero <i>capsicum</i>	11
	3.2 Geleias	13
	3.2.1 Processamento da geleia	14
	3.3 Ácido ascórbico	17
	3.4 Métodos analíticos para determinação do teor de ácido ascórbico	18
	3.4.1 Métodos titulométricos	19
	3.4.1.2 Titulação com N-bromosuccinimida	20
	3.5 Capacidade antioxidante	20
	3.6 Composição centesimal	21
	3.7 Reologia	22
	3.7.1 Classificação reológica dos fluidos	23
	3.7.1.1 Modelo lei da potência	24
4	MATERIAIS E MÉTODOS	26
	4.1 Materiais	26
	4.2 Métodos	27
	4.2.1 Produção da geleia	27
	4.2.2 Determinação da capacidade antioxidante	30
	4.2.3 Determinação de fenóis totais	30
	4.2.4 Composição centesimal	31
	4.2.5 Análise Reológica	31
	4.2.6 Teor de sólidos solúveis	32
	4.2.7 Acidez titulável	34
	4.2.8 Determinação de pH	34
	4.2.9 Análise de Cor	34
	4.2.10 Determinação do teor de ácido ascórbico	35
5	RESULTADOS	36
	5.1 Determinação de fenóis totais	37
	5.2 Teor de minerais	37

5.3 Ácido ascórbico	38
5.4 Determinação de pH	38
5.5 Acidez titulável	38
5.6 Teor de sólidos solúveis	39
5.8 Análise de cor	42
6 CONCLUSÃO	43
REFERÊNCIAS.....	44

1 INTRODUÇÃO

Segundo dados das Nações Unidas, a população mundial se encontrava no patamar de 7,7 bilhões de pessoas em 2019 com previsões de crescer em até 2 bilhões no curso dos próximos 30 anos. Embora a produção de alimentos seja vasta mundialmente, ainda há uma distribuição desigual com grande desperdício. Além disso, com o advento da industrialização e produção em massa mais produtos com alto teor calórico e baixo valor nutricional chegam às mesas de inúmeras pessoas. A falta de certos nutrientes pode causar os mais diversos problemas de saúde como: fraqueza, dificuldade na locomoção, na visão, anemias e doenças relacionadas a mucosas.

As vitaminas são compostos de extrema importância para a vida humana, encontradas em uma variedade de alimentos. Elas são fundamentais em processos como coagulação sanguínea, prevenção de problemas na visão, fertilidade entre outros.

O ácido ascórbico (também conhecido como vitamina C) é um ácido orgânico extremamente importante na manutenção do sistema imunológico e na prevenção do escorbuto. Sua ação se deve ao fato que no corpo humano pode atuar tanto como agente redutor quanto como agente oxidante. Esse biocomposto pode ser encontrado em frutas cítricas, vegetais folhosos escuros e também em pimentas e pimentões.

As pimentas do gênero *Capsicum* são cultivadas mundialmente, porém têm sua origem nas Américas já sendo consumidas há mais de 7.000 anos no México e até mesmo utilizadas por tribos indígenas brasileiras. São consumidas frescas (*in natura*), em conservas, desidratadas e até mesmo em geleias (CARVALHO, et al., 2006). As geleias com adição pimentas tem grande aprovação no paladar pois a sensação de pungência e/ou ardência são minimizados graças ao tempo de cozimento e adição de açúcar. São ricas em vitamina C dado que eleva o valor nutricional desses frutos tão saborosos e ressalta a importância do seu consumo para a saúde humana.

As geleias são produtos feitos com pedaços ou polpa de frutas, às quais é adicionado açúcar (em proporções definidas) e que são concentradas por meio de

tratamento térmico até atingir uma consistência semissólida (OLIVEIRA, 2018). Esse processo é relacionado também a uma substância natural chamada pectina, um polissacarídeo hidrossolúvel que é encontrado na maçã.

A geleia de maçã e pimenta dedo-de-moça é feita com maçã como base, pois essa fruta é abundante em pectina (composto que tem por finalidade formar um gel estável e consistente). Usando essa fruta e não o abacaxi que é pobre em pectina, por exemplo, não é necessária a adição de espessantes na formulação. Vale ressaltar que durante a etapa de concentração a pimenta também é adicionada, ou seja, ambos os frutos passam por todo o tratamento térmico.

Nesse sentido este trabalho se lança a avaliar as potencialidades da pimenta dedo-de-moça por meio da elaboração de uma geleia com a adição desse fruto rico em vitamina C e a avaliação posterior das características físico-químicas do produto final obtido e compará-lo em aparência, cor e textura às marcas comerciais de geleias de composição similares.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Desenvolver uma geleia de maçã gala e pimenta dedo-de-moça (*Capsicum baccatum*) e determinar suas propriedades físico-químicas.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar o teor de ácido ascórbico na pimenta *in natura* e na geleia;
- Avaliar o teor de fenóis na pimenta *in natura* e na geleia;
- Determinar o pH, teor de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), umidade e cinzas;
- Realizar a análise reológica da geleia para determinar o comportamento do gel em diferentes temperaturas;
- Comparar a geleia com outras duas marcas encontradas em supermercados locais quanto a aparência, cor e textura.
- Comparar a geleia obtida com a literatura correspondente e legislações sobre preparo de geleias.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Pimentas do gênero *capsicum*

Consumidas há mais de 7.000 anos no México as pimentas e pimentões do gênero *Capsicum* tem sua origem nas Américas. Durante o descobrimento do Brasil, observou-se que certas tribos indígenas as utilizavam (e ainda o fazem) moídas misturadas às cinzas como um eficiente método para a conservação de sementes de outras espécies tradicionalmente cultivadas. Hoje, um quarto da população mundial as consome principalmente na forma de condimentos. Esses frutos das pimenteiras são apreciados na sua multiplicidade de formas, cores, texturas, tamanhos, sabores e pungência, também chamado de ardume ou picância. (CARVALHO et al., 2006).

O negócio de pimentas tem grande relevância no mercado agrícola brasileiro com relevante expressão na indústria alimentícia, farmacêutica e cosmética. Esses frutos são consumidos no país principalmente frescas (*in natura*), molhos líquidos, conservas, geleias e até mesmo desidratadas. A produção no Brasil gira em torno de quarenta mil toneladas de pimentas, ocupando áreas de aproximadamente dois mil hectares (mais de 1800 campos de futebol) distribuídos por quase todas as regiões da nação. Os estados com produção mais expressiva são Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Ceará e Rio Grande do Sul. (CARVALHO et al., 2006).

Uma das principais classificações relacionadas a essas hortaliças diz respeito ao nível de exploração pelo homem, podendo ser classificadas como:

- Domesticadas: largamente cultivadas
- Semidomesticadas: pouco cultivadas
- Silvestres: não cultivadas comercialmente

As pimentas são pequenas, variadas em formatos e cores, mas geralmente pungentes (há algumas variedades doces), em sua maioria são utilizadas como condimentos. (FONSECA, 2016).

A pungência dessas hortaliças deriva de um composto presente na sua estrutura chamados capsaicinóides, mais especificamente a capsaicina e a dihidrocapsaicina. Esses compostos alcalóides são acumulados na superfície da placenta (tecido da parte interna do fruto onde se localizam as sementes) que tem

sua liberação relacionadas aos danos físicos sofridos pelos frutos. (PIEADADE, 2018). A ardência é causada pela concentração desses compostos e é avaliada pela escala de Unidades de Calor Scoville (em inglês, Scoville Heat Units), por meio do uso de aparelhos específicos. A escala varia de zero, caso das pimentas doces, até trezentos mil, caso das pimentas extremamente picantes. (CARVALHO et al., 2003). Um uso interessante da capsaicina está relacionado com a sua aplicação para aliviar dores musculares (como no emplastro Sabiá copyright) e como base para pomadas que auxiliam no tratamento de artrite e artrose. (ROMERO et al., 2019).

A pimenta dedo-de-moça (*Capsicum baccatum*) também conhecida como chifre-de-veado, pimenta calabresa ou vermelha é largamente consumida no sul e sudeste do Brasil, e cerca de 500 toneladas dessa variedade são produzidas no município de Turuçu, Rio Grande do Sul, conhecida como capital nacional da pimenta. Sua utilização ocorre na forma de molhos ou desidratada em flocos com suas sementes. Com o comprimento de 7,5 cm por 1 – 1,5 cm de largura, e de pungência suave ou mediana, tem boa conservação pós-colheita. (CARVALHO et al., 2006).

Figura 1 - Pimenta dedo de moça



Fonte: CARVALHO et al., (2003).

3.2 Geleias

A fabricação de geleia é uma maneira antiga e de grande importância em indústrias que se destinam a fabricação de produtos derivados de frutas, isso se dá pelo aproveitamento de uma quantidade expressiva de frutas sadias, mas que não são próprias para outras finalidades. A legislação pertinente a esses produtos no Brasil tem origem na Resolução CNMPA nº 12, de 24 de julho de 1978 da ANVISA, que define geleia de frutas como o produto obtido da cocção de frutas inteiras ou em pedaços, polpa ou suco de frutas, com açúcar, e concentrado até uma consistência gelatinosa. Portanto, uma vez extraída do seu recipiente a geleia precisa guardar seu estado semissólido. Outra legislação, Resolução CTA nº 05 de 1979, de 08 de outubro de 1979 (ANVISA), vem complementar a anterior e determina novas características as geleias, por exemplo: aspecto de base gelatinosa, dentro do recipiente ou extraídas deles, cor e odor devem ser próprios da fruta de origem, sabor doce e ou semi-ácido. Outra ressalva importante está na proibição de realizar a aromatização ou coloração artificial, sendo apenas permitida a adição de acidulante e de pectina. (LICODIEDOFF, 2008).

A legislação mais recente aplicada as geleias vêm da Resolução de Diretoria Colegiada ANVISA (RDC Nº272, de 22 de setembro de 2005), a qual revoga as anteriores e estabelece que geleias estão na categoria de produtos oriundos de frutas, inteiras ou em partes e ou sementes, obtidas por meio de processos de secagem, desidratação, laminação, fermentação, congelamento, concentração ou qualquer outro processo considerado seguro para a obtenção de alimentos. Podem sofrer adição de açúcar, sal, tempero, especiaria e ou outros ingredientes que não cause uma descaracterização do produto. Devem ser nomeadas considerando nomes consagrados pelo uso que pode ou não ser seguida de expressões relativas ao processo de obtenção ou até mesmo da forma de apresentação do produto. (BRASIL, 2005).

A caracterização físico-química pode se dar por diferentes análises relacionadas principalmente a sólidos totais, sólidos solúveis totais, sólidos insolúveis em água, pH, acidez titulável, acidez em ácidos orgânicos, glicídios redutores em glicose e glicídios não redutores em sacarose. (LICODIEDOFF, 2008).

Na prática há a divisão das geleias em dois grandes grupos: extra e comum. Essa divisão diz respeito a proporção entre parte de fruta para parte de açúcar. Se

há 40 partes de frutas frescas para 60 de açúcar denomina-se comum. São consideradas do tipo extra caso guarde uma proporção de 50 partes de fruta para 50 partes de açúcar. (OLIVEIRA; FEITOSA; SOUZA, 2018).

3.2.1 Processamento da geleia

O início do processo se dá com a recepção da matéria prima, que pode se apresentar em diversas formas, como exemplo prático tem-se: pedaços de frutas frescas, frutas congeladas, polpas e até mesmo sucos. (TORREZAN, 1998). Para o presente trabalho, consideramos o processamento na forma de polpa, as etapas serão descritas a seguir em ordem:

A) Recepção da matéria-prima e seleção

Esta etapa consiste no recebimento da matéria prima, constatando se o fruto está no ponto de maturação ideal para a sua finalidade, livre de cortes, machucados ou com sujidades. Posteriormente realiza-se a seleção com os frutos dispostos em mesas simples, sendo a indústria de pequeno porte podem-se utilizar esteiras e no caso de grandes complexos industriais a forma automatizada é uma opção viável. (LICODIEDOFF, 2008).

B) Limpeza e Lavagem

A limpeza basicamente se encarrega de remover as sujidades e os contaminantes que estejam aderidos a superfície do fruto. Essa etapa previne a recontaminação e auxilia no processo de lavagem, que é basicamente uma imersão das frutas em água limpa, preferencialmente já clorada, dentro de tanques de aço inox com duas saídas, uma no topo para a retirada e escoamento de sujidades mais leves e outra no fundo para a eliminação do material mais pesado. Outra forma de realizar esse procedimento é por meio da agitação com água ou por aspersão. (LICODIEDOFF, 2008).

C) Remoção da casca

Esse processo varia com o porte da indústria, pode ser realizado de maneira mecânica ou manual. Quando é executado de forma manual exige o uso de lâminas ou facas de aço inoxidável. (TORREZAN, 1998). O uso de abrasivos (variam de uma fruta para a outra) para o corte ou raspagem da pele da casca é empregado no procedimento mecânico e nesse caso as frutas precisam apresentar certa uniformidade, tanto no tamanho quanto na forma, pois isso facilita a regulagem da máquina e reduz as perdas que podem significar grande economia para a indústria. (TORREZAN, 2012). No presente trabalho, esse processo não será utilizado, porque as partículas de cascas das pimentas restantes do processo conferem a geleia a consistência e aparência características do produto.

D) Corte

Nessa etapa ocorre o corte dos frutos em pedaços menores, o que aumenta a superfície de contato e facilita o processo de cozimento pois há uma melhor distribuição de calor durante a concentração de sólidos solúveis. (TORREZAN, 2012).

E) Remoção da polpa

Após o corte dos frutos há a necessidade de separar polpa, sementes e cabo fibroso da pimenta pois apenas a polpa e a casca são utilizadas para o preparo da geleia. Nessa fase um congelamento pode ajudar a manter certas propriedades do fruto, como cor, aroma e sabor para um uso posterior. (LOPES, 2007).

F) Adição de açúcar

Aqui ocorre a adição da sacarose a polpa, porém não se adiciona o total do açúcar neste momento, mas apenas 92% pois a parte restante (8%) é separado para ser homogeneizado junto a pectina para facilitar a hidratação desse composto. Uma vez hidratada ocorre a adição da pectina a mistura de polpa e açúcar. (LICODIEDOFF, 2008). Outra forma de adoçar a geleia pode ser com o uso de Adoçante Eritritol, que tem poder edulcorante semelhante ao do açúcar.

G) Adição de pectina

As pectinas comerciais possuem fontes de ácidos galacturônicos, que são substâncias pécticas provenientes da maçã (mais especificamente na casca) ou em frutas cítricas. Essa fase é de grande importância e se faz necessária a dissolução total desse produto (líquido ou em pó) em água antes da adição a mistura de açúcar e polpa. Uma ressalva importante é que esse produto deve ser adicionado apenas após o final do processo de cocção, pois pode ocorrer degradação por cozimento excessivo. (LICODIEDOFF, 2008).

H) Concentração de sólidos solúveis

Considerada a etapa mais importante do processo de produção de geleias, pois garante a obtenção dos sólidos solúveis em seus valores desejados. Esse processo pode levar de 8 a 12 minutos até que se atinja a faixa de 64,00 a 71,00° Brix. Esse ponto de cozimento pode ser determinado pelo teste da colher ou por um refratômetro que é mais preciso. O tempo desse processo tem relação direta com o volume do recipiente, da mistura, a superfície de contato, a condutividade térmica do aparelho e a do produto. (LICODIEDOFF, 2008).

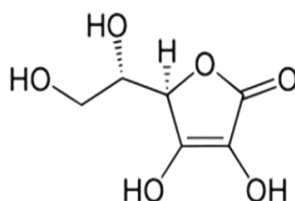
I) Adição de ácido

Esse processo deve ser feito ao fim da etapa de concentração, pois corre-se o risco de destruir as redes de pectina e a consistência do gel formado. O pH ideal para a formação do gel é da ordem de 3, sendo que a partir de 3,4 já há dificuldade na geleificação. (LICODIEDOFF, 2008).

3.3 Ácido ascórbico

A vitamina C ou ácido ascórbico (AA) é uma vitamina solúvel em água e termolábil. A incapacidade de sintetizar autonomamente essa vitamina é uma característica compartilhada entre os seres humanos e os primatas em geral. Isso decorre da deficiência geneticamente determinada de uma enzima de oxidação necessária para a síntese do ácido L-ascórbico que se dá partindo de moléculas de glicose. (MANELA-AZULAY et al, 2003).

Figura 2 - Molécula estrutural do Ácido Ascórbico



Fonte: COELHO (2015)

A dose recomendada para a manutenção do nível de saturação da vitamina C no organismo varia com algumas condições, em geral cerca de 100 mg por dia são suficientes, exceto em casos de gravidez, tabagismo e infecções que podem exigir uma carga maior desse biocomposto. Pode ser encontrada na natureza sob as formas reduzida e oxidada (ácido dehidroascórbico), embora ambas sejam igualmente ativas a forma oxidada é a menos difundida na natureza. A transformação de ácido ascórbico em ácido dehidroascórbico ocorre de maneira natural dentro do organismo humano e é reversível. Essa capacidade de interconversão opera como um sistema óxido-redutor auxiliando até mesmo no transporte de hidrogênios nos processos de respiração a nível celular. (MANELA-AZULAY et al, 2003).

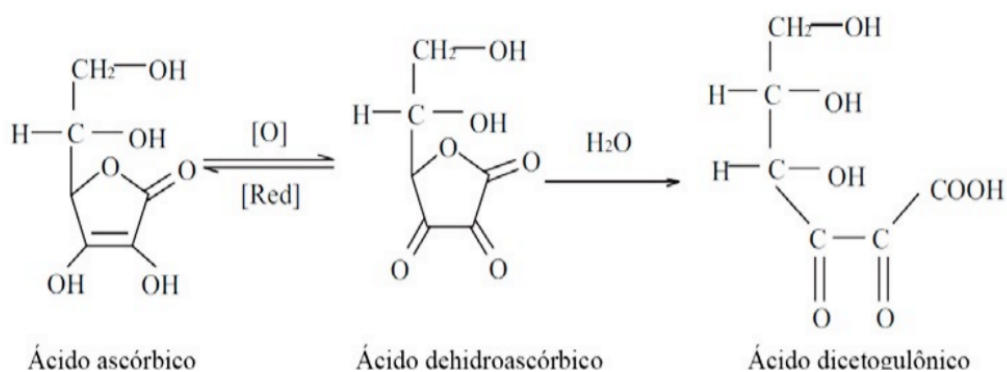
A vitamina C participa de maneira coadjuvante na formação de vários tecidos do corpo humano (derme, cartilagem e ossos), também é importante contra infecções e é fundamental na integridade das paredes dos vasos sanguíneos. (MANELA-AZULAY et al, 2003).

3.4 Métodos analíticos para determinação do teor de ácido ascórbico

Devido à alta sensibilidade da vitamina C ao processamento e condições de armazenamento é significativa a possibilidade de degradação nesses períodos. Portanto, a seleção do método analítico apropriado é de fundamental importância para a obtenção de resultados precisos. As técnicas mais tradicionais de determinação do teor de ácido ascórbico e suas variantes geralmente se baseiam na titulação de oxirredução da amostra. (HOEHNE; MARMITT, 2019).

O termo vitamina C é utilizado genericamente para descrever os compostos que possuem atividade biológica do ácido ascórbico, tendo como composto principal o ácido L-ascórbico que uma vez oxidado gera o ácido dehidroascórbico. (PENTEADO, 2003). Ambos possuem função fisiológica como já mencionado anteriormente, porém, mais uma oxidação do ácido dehidroascórbico resulta na formação de ácido dicetogulônico que acarreta na inativação irreversível da vitamina e sua consequente perda de atividade biológica. (HOEHNE; MARMITT, 2019).

Figura 3 - Oxidação do ácido ascórbico a ácido dehidroascórbico e ácido dicetogulônico



Fonte: HOEHNE; MARMITT, (2019)

A vitamina é um forte agente redutor e sofre oxidação com facilidade. A degradação desse biocomposto pode ser influenciada por inúmeros fatores entre eles: luz, oxigênio, catalisadores metálicos (cobre e ferro), temperatura, umidade ou atividade de água e pH. Além desses fatores ocorre um aumento na velocidade de

oxidação em meios mais alcalinos e apresenta uma razoável estabilidade em soluções com leves teores de acidez. (HOEHNE; MARMITT, 2019).

Há diversas técnicas no sentido de identificar e quantificar a vitamina C, atualmente as mais utilizadas são as físico-químicas. (COSTA, 2016). Dentre tais técnicas encontram-se as volumétricas e instrumentais, que geralmente levam em conta o alto poder de redução do ácido ascórbico como princípio para a execução da análise. (HOEHNE; MARMITT, 2019).

Devido à grande quantidade de composições, características, propriedades relacionadas a extração e purificação de cada amostra, nem sempre há a possibilidade de se utilizar o mesmo método para amostras de diferentes tipos. Além disso, não são todas as técnicas que possibilitam a quantificação de vitamina C total (ácido ascórbico e ácido dehidroascórbico) em virtude das suas distintas propriedades químicas, ópticas e eletroquímicas. Portanto, a escolha da metodologia precisa levar em conta os possíveis interferentes, recursos analíticos disponíveis e a matriz. (HOEHNE; MARMITT, 2019). Os principais métodos encontrados na literatura são os titulométricos. No presente trabalho optou-se pela escolha de um dos métodos titulométricos devido a facilidade de execução, precisão, disponibilidade de equipamentos e baixo custo de aplicação.

3.4.1 Métodos titulométricos

Titulações são basicamente procedimentos quantitativos que tem por base a medida da quantidade consumida de um reagente, de concentração conhecida, por um analito durante uma reação química ou eletroquímica. São métodos comuns com grande variedade de agentes oxidantes para a determinação de ácido ascórbico, a base de tais reações se sustenta no forte poder redutor da vitamina C. (HOEHNE; MARMITT, 2019).

3.4.1.2 Titulação com N-bromosuccinimida

Os agentes redutores que interferem com o método de Tillmans (sais de ferro), não apresentam interferência na reação com N-bromosuccinimida. Apenas compostos que tenham enxofre se oxidam antes do iodo, portanto, a presença de sulfito que costuma aparecer como conservante (metabissulfito) em sucos e polpas pode interferir. Mas há a possibilidade de se complexar o bissulfito antes da titulação por meio de acetona. (HOEHNE; MARMITT, 2019).

Assim, por apresentar menos desvantagens esse método foi o escolhido para a análise do teor de ácido ascórbico neste trabalho.

3.5 Capacidade antioxidante

Os antioxidantes podem ser de grande valia na melhoria da qualidade de vida, isso se deve a sua atuação no sentido de proteger o corpo dos danos oriundos dos radicais livres. Essa ação característica desses biocompostos pode ajudar na prevenção e no adiamento do início de várias doenças. (OLIVEIRA, 2015).

A maioria dos métodos relacionados com a determinação dos compostos antioxidantes consiste na utilização de um radical livre sintético, avaliando assim a capacidade da amostra de eliminá-lo ou neutralizá-lo. Geralmente a monitorização deste processo é feita por meio de um espectrofotômetro UV/visível.

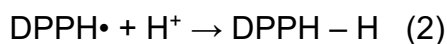
Segundo OLIVEIRA (2015) uma das técnicas mais utilizadas para a detecção de compostos antioxidantes se baseia na eliminação do radical livre 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH•), sintetizado na sua forma estável.

Figura 4 - Estrutura do radical livre DPPH



Fonte: OLIVEIRA (2015)

Há dois mecanismos básicos por meio dos quais acontecem tanto a redução quanto a neutralização do radical livre. Um deles se baseia na transferência de elétrons (TE, equação 1) enquanto o outro consiste na transferência de um átomo de hidrogênio (TAH, equação 2). (OLIVEIRA, 2015).



O mecanismo da equação 2 (TAH) acontece em menor quantidade se relacionado com o da equação 1 (TE), além disso a reação da transferência de hidrogênio é reversível (equação 3) ao contrário da reação de transferência de elétrons que ocorre por meio de transferência de elétron. (OLIVEIRA, 2015).



A alíquota do produto deve ser misturada ao etanol ou metanol junto com o radical livre DPPH, sua absorvância nesta situação fica entre 515 nm e 520 nm e apresenta coloração violeta escuro. Ao longo do experimento ocorre a transferência de elétrons e a neutralização ou redução do radical livre, logo a absorvância da amostra diminui e pode ser monitorada pelo espectrofotômetro UV/visível. Simultaneamente, também pode ser verificada uma mudança na coloração para violeta claro ou amarelo pálido. (OLIVEIRA, 2015).

3.6 Composição centesimal

No Brasil, as tabelas de composição de alimentos geralmente são obtidas por meio de compilados dos estudos realizados nas mais variadas regiões do país e até mesmo oriundos de tabelas com dados internacionais. Logo, não são levados em consideração fatores importantes na composição alimentícia como os de origem genética e os ambientais. (SOAVE; LACERDA, 2006).

O rótulo dos alimentos contém as informações que podem ser obtidas por meio de tais tabelas, mas a melhor maneira de se determinar esses dados é pela utilização dos métodos analíticos em laboratório. (SOAVE; LACERDA, 2006).

A composição química ou centesimal de um alimento é basicamente uma determinação do valor nutritivo e calórico do produto, considerando a porção de

consumo como 100 gramas, bem como a proporção em que certos componentes aparecem. (SOAVE; LACERDA, 2006).

Os componentes mais relevantes em termos alimentares são: proteínas, lipídios e carboidratos totais. Porém, há grande importância em se determinar também o teor de cinzas (resíduo inorgânico) e da umidade na amostra. (SOAVE; LACERDA, 2006).

3.7 Reologia

Reologia é a ciência que estuda o escoamento e também a deformação dos materiais bem como o fluxo de deslocamento de determinados materiais sob a influência de tensões. A matéria pode se encontrar no estado líquido, sólido e até mesmo gasoso. (BRETAS; D'ÁVILA, 2005).

Segundo LIMA (2017), as análises reológicas apresentam grande importância pois revelam informações sobre a maneira como determinado material se comporta uma vez que seja submetido a forças. Para a reologia, consideram-se dois materiais: o sólido elástico e o líquido viscoso. O primeiro é descrito pela lei de Hooke e o segundo pela lei de Newton (admitindo ambos com comportamento ideal).

Os sólidos ideais deformam-se elasticamente e para isso recebem uma quantidade de energia que é em grande parte devolvida uma vez cessada a tensão. Fluidos ideais, por outro lado, deformam-se de forma irreversível pois a energia absorvida se dissipa no fluido na forma de calor e mesmo cessando a tensão não há a recuperação dessa energia. (SHARAMM, 2006).

A propriedade de maior interesse na reologia de sólidos é a elasticidade e nos líquidos, a viscosidade. A ciência de alimentos aproveita muitos das análises da reologia, pois a maior parte das texturas (ou suas propriedades) observadas pelos humanos são, por excelência, reológicas na natureza: cremosidade, suculência, suavidade, dureza e maciez. (LIMA, 2017).

A medição de propriedades reológicas é de suma importância para os cálculos de engenharia de processos, controle da qualidade e determinação das propriedades inerentes a alguns ingredientes. Uma das aplicações industriais mais relevantes está na definição da condição ótima de manuseio e do transporte pelas tubulações evitando sedimentação das partículas, por exemplo. (CASTRO, 2004).

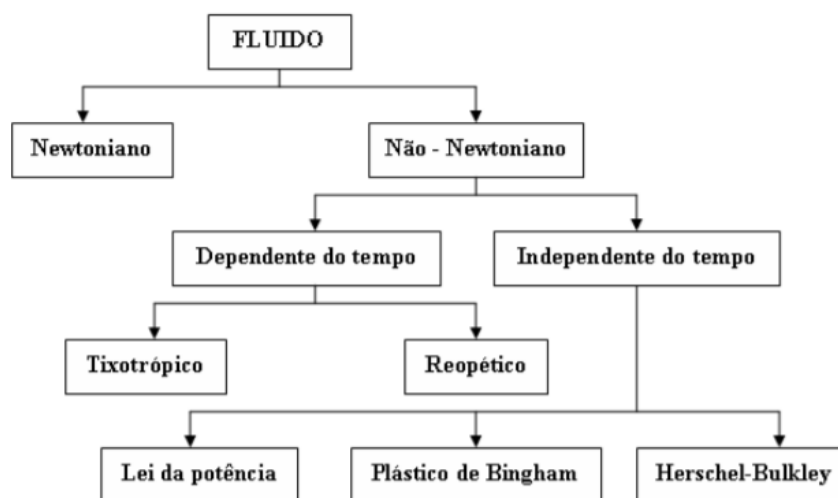
A viscosidade é uma propriedade avaliada em fluidos e representa a resistência interna apresentada pelo fluido contra uma deformação por cisalhamento. Portanto, diz-se que a viscosidade tem correlação direta com o atrito interno dos fluidos resultante, basicamente, das interações intermoleculares (têm forte relação com a temperatura). (LIMA, 2017).

A determinação das propriedades reológicas de uma substância envolve medir a deformação que uma dada tensão provoca ou medir a tensão requerida a fim de se produzir uma certa deformação num tempo pré-determinado. (BISCO, 2009).

3.7.1 Classificação reológica dos fluidos

De forma geral a classificação dos fluidos considera o comportamento da razão entre a taxa de deformação e a tensão de cisalhamento e resulta basicamente em dois tipos: os materiais newtonianos e os não newtonianos. (LIMA, 2017).

Figura 5 - Classificação reológica dos fluidos



Fonte - (BRAGA, 2007)

Fluidos Newtonianos são aqueles cuja tensão de cisalhamento é linearmente proporcional à taxa de cisalhamento. Portanto, há uma constância no valor de viscosidade para esses fluidos sob uma tensão de cisalhamento variável. Logo, somente ocorre uma alteração no valor de viscosidade se há algum tipo de mudança na temperatura ou composição do fluido. (BRAGA, 2007; LIMA, 2017).

Fluidos não newtonianos, por outro lado, são todos os fluidos cuja relação entre tensão de cisalhamento e taxa de deformação não for linear, ou seja, cujos valores de viscosidade se alteram de acordo com os valores de taxa de cisalhamento. Outro fator que pode ou não influir na viscosidade desses fluidos tem relação com a sua dependência ou não do tempo. Quando há dependência, a viscosidade do material varia tanto com a taxa de deformação quanto com a duração da sua aplicação, e podem ser classificados como tixotrópicos (viscosidade aparente diminui) ou reopéticos (viscosidade aparente aumenta). A maior parte dos alimentos que se apresentam na forma fluida tem comportamento tixotrópico, por exemplo: ketchup, mostarda e pastas de frutas e vegetais. (LIMA, 2017).

No caso dos fluidos não newtonianos independentes de tempo os únicos fatores que influem na variação da viscosidade são a magnitude de tensão de cisalhamento ou taxa de deformação. Exemplos importantes desses materiais são os fluidos pseudoplásticos ou shear thinning, dilatantes ou shear thickening e plásticos de Bingham ou viscoplásticos. (BRAGA, 2007; LIMA, 2017).

Segundo LIMA (2017), os fluidos classificados como pseudoplásticos tem grande importância para a indústria alimentícia, pois representam a maior parte dos molhos (mostarda, maionese), purê de frutas e vegetais, os sucos de frutas e soluções de gomas concentrados, chocolate fundido, iogurtes e purês de frutas (geleias por exemplo). O modelo matemático mais utilizado para descrever o comportamento dos fluidos é a Lei da Potência. Embora, o modelo mais simples seja o modelo newtoniano a maioria dos fluidos não apresenta esse tipo de comportamento, logo se fazem necessários modelos mais complexos para a sua caracterização.

3.7.1.1 Modelo lei da potência

É o modelo mais utilizado para alimentos, pois descreve bem o comportamento pseudoplástico apresentado por grande parte dos produtos alimentícios. Esse modelo apresenta vantagens no sentido da aplicabilidade pois é simples e amplo. Ele considera o índice do comportamento do fluido (n) como uma grandeza adimensional que indica o afastamento do fluido que é utilizado no modelo newtoniano e o índice de consistência (K) para indicar o grau de resistência do fluido

diante do escoamento. Logo, quanto maior o valor de K, mais consistência apresenta o fluido. (LIMA, 2017).

A equação 4 representa essa Lei e serve para fluidos newtonianos e não newtonianos, sendo o K o coeficiente de consistência, n é o índice de comportamento do fluxo, que também é uma medida da pseudoplasticidade do fluido em questão. (BRETAS; D'ÁVILA, 2005).

$$\tau = K \cdot \dot{\gamma}^n \quad (4)$$

Onde:

$\dot{\gamma}$ = taxa de cisalhamento (s^{-1})

τ = Tensão de cisalhamento (Pa)

K = Índice de consistência (Pa.s)

n = Índice de comportamento do escoamento (adimensional)

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Materiais

A Tabela 1 mostra os principais materiais e reagentes utilizados neste trabalho e a Tabela 2 mostra os principais equipamentos utilizados neste trabalho.

Tabela 1 – Descrição dos materiais e reagentes utilizados nesse trabalho bem como fornecedores dos mesmos.

Materiais/Reagentes	Fornecedores
Pimenta dedo – de – moça	Supermercado da cidade de Ponta Grossa
Maçã Gala	Supermercado da cidade de Ponta Grossa
Açúcar Cristal	Marca União
Limão Taiti	Supermercado da cidade de Ponta Grossa
Sal	Supermercado da cidade de Ponta Grossa
Água Filtrada	Sanepar
Metanol	Química Moderna – 99,8%
Reagente de Folin-Ciocalteu	Supelco
Água destilada	Destilador Laboratório UTFPR
Solução aquosa de carbonato de sódio 7,5%	Dinamica
Solução DPPH 0,1mM	Sigma
Ácido Clorídrico	Dinamica
Ácido Gálico	Vetec, Química Fina
Éter de petróleo	Química Moderna
Ácido sulfúrico	Synth
Dióxido de titânio	Dinamica
Sulfato de cobre Anidro	Química Moderna
Sulfato de Potássio anidro	Synth
Indicador fenolftaleína	Synth
Zinco em pó	Dinamica
Indicador vermelho de metila	Synth
Hidróxido de sódio	Nacional
Cadinho	Synth
Papel seda	Moopel
Béquer	Synth
Papel indicador de pH	Supelco
Papel filtro	Química Moderna
Vidro de relógio	Synth

Fonte: Autoria Própria

Tabela 2- Principais Equipamentos utilizados nesse trabalho e suas marcas e modelos

Equipamento	Marca/Modelo
1. Espectrofotômetro	Espectrofotômetro UV-Vis Evolution One/One Plus
2. Reômetro	Brookfield modelo DV-III Ultra
3. Mufla	Forno térmico Select-Horn-TFT series
4. Balança analítica	AG200
5. Extrator de Soxhlet	Vidrolabor
6. Colorímetro	UltraSan PRO D65 – HunterLab
7. Refratômetro de Abbé	Biosystems
8. Estufa	Fanem
9. Dessecador	Shoot
10. Chapa de Aquecimento	Prolab

Fonte: Autoria Própria

4.2 Métodos

4.2.1 Produção da geleia

A geleia foi produzida no laboratório de alimentos da UTFPR – Ponta Grossa utilizando como base a maçã gala, a pimenta dedo-de-moça (*Capsicum baccatum*) e açúcar cristal. A massa dos ingredientes utilizados para formulação da geleia leva em consideração o peso da fruta presente em maior quantidade (maçã) e exclui a água, limão e sal do cálculo. Os demais ingredientes adicionados a receita estão relacionados em percentagem no Quadro 1.

Quadro 1: Formulação de geleia de maçã e pimenta dedo-de-moça

Ingredientes	Quantidade (g)	%
Pimenta	10,5	10% (peso da fruta)
Açúcar	52,5	50% (peso da fruta)
Maçã Gala	105	100% (peso da fruta)
Sal	5	4,76%
Limão	10,5	10%
Água	105	--

Fonte: Autoria Própria

A geleia foi elaborada seguindo as etapas de higienização das frutas, pesagem, despoldamento, nova pesagem, trituração dos ingredientes, mistura dos ingredientes, cocção e armazenada em vidros esterilizados. Esse processo está representado no fluxograma da figura 6.

Figura 6 - Fluxograma de etapas para produção da geleia



Fonte: Autoria Própria

4.2.2 Determinação da capacidade antioxidante

A atividade antioxidante foi avaliada pelo método fotocolorimétrico do radical livre estável DPPH (1,1-difenil – 2- picrilidrazila). Para esse método, será utilizado 3,9mL de solução do radical livre DPPH (0,1mM) em metanol e 0,1 mL dos extratos diluídos em metanol com diferentes concentrações. No controle será utilizado 3,9 mL de DPPH (0,1mM) em metanol e 0,1 mL dos padrões de metanol. No branco será utilizado 3,9mL de DPPH (0,1 mM) em metanol e 0,1 mL de metanol. Após adicionar os extratos, os tubos serão agitados vigorosamente e deixados por 90 minutos em local escuro que permite uma mínima interação dos componentes das soluções com a luz que pode desestabilizar os compostos. Após esse período, a atividade antioxidante será medida em um espectrofotômetro previamente calibrado com metanol. O índice DPPH será calculado através da equação 5:

$$I(\%) = \frac{(Abs0 - Abs1)}{Abs0} (5)$$

Onde, Abs0 é a absorvância do branco e Abs1 é a absorvância da amostra. Todas as análises serão realizadas em triplicata.

4.2.3 Determinação de fenóis totais

A determinação de compostos fenólicos totais da geleia e das pimentas *in natura* foram realizados pela técnica baseada na reação de oxido-redução do extrato com o reagente de Folin-Ciocalteu (SINGLETON, et al., 1999).

Realizaram-se as seguintes etapas: uma alíquota de 500 µL de amostra foi adicionada a 2,5 mL de reagente Folin-Ciocalteu, (Dinâmica, Química Contemporânea Ltda) diluído 10X em água destilada, em tubo de ensaio. Após agitação aguardou-se 5 minutos e adicionou-se 2 mL de solução de carbonato de sódio 7,5% (m/v), agitou-se novamente. Os tubos foram deixados por duas horas à temperatura ambiente para reagir, após este período foi medida a absorvância, em comprimento de onda de 760 nm.

Toda a execução do procedimento foi realizada em ambientes em ausência de luz. Foi utilizado ácido gálico como padrão de comparação e os resultados foram expressos em equivalente de ácido gálico (mg E.A.G./g de amostra).

4.2.4 Composição centesimal

Umidade

A umidade foi calculada pelo método de secagem em estufa (IAL, 2008). Em uma cápsula de porcelana previamente tarada, foi pesado 3g de amostra homogeneizada, logo após as cápsulas com as amostras foram colocadas em uma estufa a 105 °C até a temperatura permanecer constante. Após isso, as cápsulas foram colocadas em um dessecador até atingir temperatura ambiente e novamente pesadas. O teor de umidade foi quantificado, em porcentagem, pela equação 6:

$$\text{Teor de Umidade} = (100 \cdot N) / P \quad (6)$$

Onde, N é o número de gramas de umidade (perda de massa em gramas) e P é o número da amostra seca. Todas as análises serão realizadas em triplicata.

Cinzas

Para determinar as cinzas, pretende-se utilizar a incineração em forno mufla, segundo a metodologia proposta pelo Instituto Adolf Lutz, foi pesado 5g da amostra em um cadinho previamente tarado. As amostras serão carbonizadas em um forno mufla a 550 °C por aproximadamente 4h ou até o peso permanecer constante. Após isso, os cadinhos serão colocados em um dessecador para esfriar até atingir uma temperatura ambiente e então será pesado. A quantidade de cinzas foi calculada por meio da equação 7

$$\text{Cinzas} = (100 \cdot N) / P \quad (7)$$

Onde, N é o número de gramas de cinzas e P é o número de gramas da amostra.

4.2.5 Análise Reológica

O comportamento do fluido será determinado a partir de análise por meio do reômetro Brookfield. Esse aparelho dispõe de dois cilindros coaxiais e um spindle (conectado a uma mola calibrada) imerso na amostra do fluido teste. A medição é

obtida com base no torque necessário para a rotação do spindle dentro do fluido observado. Com esse equipamento é possível medir a viscosidade (m.Pa.s), o torque (%), tensão de cisalhamento ($N.m^{-2}$) e a taxa de deformação (s^{-1}).

Com esses dados será possível plotar um gráfico que relaciona a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação, a partir disso serão comparados os dados obtidos com a literatura para a determinação do comportamento do fluido. Além disso, o software embutido no equipamento já apresentará os dados tabelados para o desenvolvimento dos gráficos visuais.

A viscosidade será avaliada durante o aquecimento da amostra que segundo o manual de preparo de geleias da Embrapa e a legislação CNMPA nº 12 de 1978 (BRASIL, 1978) deve decrescer como consequência ao aumento de temperatura.

4.2.6 Teor de sólidos solúveis

O índice de refração de substâncias puras é constante se mantidas a mesmas condições de temperatura e pressão. Mesmo quando se trata de substâncias que não são puras em sentido estrito como em óleos e gorduras não se percebe uma variação significativa no valor supramencionado. No caso da água o índice de refração é de 1,33 a 20 graus Celsius, o aparelho geralmente é calibrado com base nesses dados.

Para a presente análise o método a ser empregado será o que utiliza um refratômetro de Abbé (figura 7), esse equipamento determina o teor de sólidos solúveis comparando os valores referência da tabela demonstrada na figura 8 provenientes do Instituto Adolf Lutz (IAL) para soluções que contêm sacarose. A medida geralmente utilizada é a de graus Brix.

A medida será realizada em triplicata uma vez que a geleia tenha atingido o ponto de concentração ideal e esteja resfriada a 20 graus Celsius.

Figura 7 - Refratômetro de Abbé



Fonte: Byosistemas

Figura 8 - Índices de refração de soluções de sacarose a 20°C (% peso no ar)

Índice de refração	0	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
1,33	-	-	-	0,000	0,697	1,393	2,085	2,774	3,459	4,140
1,34	4,818	5,492	6,163	6,831	7,495	8,155	8,812	9,466	10,117	10,765
1,35	11,409	12,050	12,687	13,322	13,953	14,582	15,207	15,830	16,449	17,065
1,36	17,679	18,289	18,897	19,502	20,104	20,704	21,300	21,894	22,485	23,074
1,37	23,660	24,243	24,824	25,407	25,987	26,565	27,140	27,713	28,282	28,849
1,38	29,413	29,975	30,534	31,090	31,644	32,195	32,743	33,289	33,832	34,373
1,39	34,912	35,448	35,982	36,513	37,042	37,568	38,092	38,614	39,134	39,651
1,40	40,166	40,679	41,190	41,698	42,204	42,708	43,210	43,710	44,208	44,704
1,41	45,197	45,688	46,176	46,663	47,147	47,630	48,110	48,588	49,064	49,539
1,42	50,011	50,481	50,949	51,416	51,880	52,343	52,804	53,263	53,720	54,176
1,43	54,629	55,091	55,550	56,008	56,464	56,918	57,371	57,822	58,271	58,719
1,44	59,165	59,609	60,051	60,493	60,932	61,370	61,807	62,241	62,675	63,107
1,45	63,537	63,966	64,394	64,820	65,245	65,669	66,091	66,512	66,931	67,349
1,46	67,766	68,182	68,596	69,009	69,421	69,832	70,242	70,650	71,058	71,464
1,47	71,869	72,273	72,676	73,078	73,479	73,879	74,278	74,675	75,072	75,469
1,48	75,864	76,258	76,651	77,044	77,435	77,826	78,216	78,605	78,994	79,381
1,49	79,768	80,154	80,540	80,925	-	-	-	-	-	-

Fonte: IAL (2008)

4.2.7 Acidez titulável

A determinação da acidez foi realizada com base no método de titulação de uma amostra com uma solução alcalina padrão que após os cálculos fornecerá um valor expresso em volume de solução gasta ou em gramas de componente ácido principal como preconizado pelo Instituto Adolf Lutz (IAL).

Foram pesados 5 gramas da amostra em balança de precisão e adicionado a um Erlenmeyer de 125ml que receberá também 50 ml de água destilada e 2 a 4 gotas de solução de fenolftaleína. Então foi realizada a titulação com solução de 0,1 M de hidróxido de sódio padronizada até que atingisse a coloração rósea.

A equação 8 para determinação do valor final será a seguinte:

$$\frac{V*f*100}{P*c} = \text{acidez em solução molar por cento (v/m)} \quad (8)$$

Na qual V representa o volume de solução básica gasta na titulação em mL, f é o fator da solução de hidróxido de sódio 0,1 M, P é a massa em gramas da amostra e c consiste na correção para solução de concentração 0,1 M que é da ordem de 10.

4.2.8 Determinação de pH

A medição do pH foi realizada pelo método eletrométrico segundo o Instituto Adolf Lutz que consiste num potenciômetro chamado de peagâmetro, esse aparelho apresenta medições rápidas e precisas oriundas de leituras dos seus eletrodos. O equipamento foi previamente calibrado com as soluções padrão do fabricante que tem pH tabelado de 4,7 e 10.

As análises foram feitas em triplicata para obter uma média aritmética simples do valor final de pH da geleia em temperatura de 20 graus Celsius.

4.2.9 Análise de Cor

A análise de cor foi conduzida no aparelho UltraSan PRO D65. Uma amostra de 5 gramas da geleia foi pesada e sua absorbância medida pelo equipamento. Nesta análise, as cores identificadas foram comparadas com a legislação CNMPA nº 12 de 1978 (BRASIL, 1978) e trabalhos de geleias com pimentas de composição semelhante a do nosso preparo para um melhor entendimento do comprimento de onda correspondente a cor obtida.

4.2.10 Determinação do teor de ácido ascórbico

Consiste na oxidação do ácido ascórbico a dehidroascórbico pela N-bromosuccinimida. A amostra deve ser estabilizada com solução de ácido tricloroacético e então iodeto de potássio, também se adicionam ácido acético e indicador de amido. Tem princípio semelhante ao método anterior, pois uma vez que toda a vitamina é oxidada o reagente libera o iodo do iodeto de potássio que será detectado pelo amido presente na solução. Vale ressaltar que o iodo é formado antes de outros redutores reagirem com a N-bromosuccinimida.

5 RESULTADOS

A geleia obtida atingiu os parâmetros estabelecidos pela legislação brasileira na Resolução CNMPA nº 12 de 1978 (BRASIL, 1978). A aparência se compara em cor e textura com as marcas A e B que foram escolhidas por estarem disponíveis em supermercados locais da região de Ponta Grossa – Paraná.

Essa primeira análise foi visual e comparativa de amostras da geleia desenvolvida e de duas marcas B e C. O parâmetro inicial de observação foi a cor amarela com pequenos pontos de cor vermelha derivadas da pimenta. Percebeu-se na geleia obtida uma cor muito parecida com as concorrentes em termos gerais.

Com relação a textura o gel da geleia obtida parecia mais estável do que as marcas B e C, pois em ambas se concluiu que havia ocorrido uma perda de força do gel com alguma perda de água. Já na geleia produzida neste trabalho o gel se manteve forte e a textura se manteve coesa.

Fotografia 1 - Geleias de maçã e pimenta, Marca A, Marca B e Marca C (respectivamente).



Fonte: Autoria Própria.

Segundo as classificações da resolução CNMPA nº 12 de 1978 (BRASIL, 1978) a concentração de açúcar na receita desenvolvida configura-se como geleia do tipo extra, ou seja, foi adicionado 50% de açúcar em relação ao peso dos frutos (somando maçã e pimenta).

5.1 Determinação de fenóis totais

Para a geleia produzida o teor de compostos fenólicos totais reduziu quase pela metade entre a pimenta *in natura* e o valor encontrado na geleia. A quantidade de fenóis totais inicialmente no fruto *in natura* foi de 44,30 mg.100g⁻¹ e ao fim do processamento, uma amostra da geleia apresentou valor de 28,82 mg.100g⁻¹.

Esses resultados podem ter algumas interpretações diferentes. Inicialmente pode-se atribuir a alteração na quantidade de fenóis a outros componentes da receita como a maçã, limão e açúcar, todos compostos com valores próprios para esse componente observado. Esses compostos fenólicos geralmente estão mais presente nas cascas dos alimentos, portanto como a maçã foi descascada antes do processamento é menos provável a sua interferência nos dados finais.

Para os outros ingredientes há uma quantidade de fenóis totais muito menor e são adicionados em quantidades menores, o que também não permitiria uma interferência tão substancial no teor final do produto.

Logo, há a possibilidade de que o próprio processo de cocção da geleia tenha causado uma diminuição no teor de fenóis, pois eles são sensíveis a alterações de temperatura que ocorram em intervalos de tempo maiores.

5.2 Teor de minerais

O teor de cinzas também é de grande relevância no contexto de identificação do alimento, pois diz respeito ao conteúdo de minerais ou material inorgânico da amostra em questão. O teor de materiais inorgânicos em alimentos é de suma importância, demonstra que o alimento pode ter uma durabilidade maior a depender dessa quantidade encontrada. Na geleia preparada encontrou-se o valor de 0,33% que é o ideal com base na legislação CNMPA nº 12 de 1978 (BRASIL, 1978).

5.3 Ácido ascórbico

Houve perdas consideráveis para os teores de vitamina C (L-ascórbico). Em frutos de pimenta dedo de moça *in natura* o teor do ácido L-ascórbico era de 98,06 e passou a 18,02 mg.100g⁻¹ na amostra de geleia considerada, uma redução de 81,62%.

Essa perda significativa de vitamina C se dá em função das trocas de calor intensas durante o cozimento do produto que degradam o composto que se perde durante todo o processamento.

Essa perda é normal e esperada para o biocomposto em questão, também não há uma literatura que diga o valor possível a ser esperado ao fim do processamento. Apenas se sabe que o ácido ascórbico é altamente sensível a temperaturas mais elevadas.

5.4 Determinação de pH

Para o valor de pH obteve-se 3,45 em medição direta com equipamento próprio e realizado em triplicata o que também é recomendável para uma geleia. Valores de pH menores que 2,5 tendem a favorecer o efeito de sinérese e a estabilidade da geleia fica comprometida, enquanto que valores acima de 3,4 resultam em uma formação de gel mais fraco. Mesmo assim, a geleia obtida mostrou-se estável e não houve sinais de sinérese. Nessas condições também há uma reduzida probabilidade de desenvolvimento de micro-organismos devido ao ambiente ácido, resultando, portanto, em uma vida de prateleira (shelf-life) mais longa (BRASIL, 1978).

5.5 Acidez titulável

A acidez titulável resultou em 0,65% e esse valor tem relação direta com a medição do pH, quanto mais ácida a medição maior o valor encontrado na titulação. A geleia deve apresentar acidez de no mínimo 0,3% e no máximo 0,8% (JACKIX, 1988).

Segundo a Resolução CNMPA nº 12 de 1978, os valores de umidade estão relacionados com o tipo de geleia tendo como máximo o valor de 38% para o tipo comum e 35% para o tipo extra. O valor obtido no presente trabalho foi de 32,76% enquadrando-se, portanto, no que foi preconizado pela legislação.

Os valores de umidade são muito relevantes e relação a vida de prateleira do produto em questão. Ambientes úmidos demais permitem a proliferação de micro-organismos que podem encurtar a validade de uma geleia. Mas em contrapartida não é adequado um produto seco que não será apreciado pelo cliente final que espera uma textura de gel que derrete na boca e não algo seco e insosso.

5.6 Teor de sólidos solúveis

A concentração de sólidos solúveis totais (SST) encontrada foi de 67,60% também em conformidade com a legislação e a partir da utilização do mesmo método para obtenção do teor de SST das outras duas marcas encontrou-se valor discrepante para a marca A e valor em conformidade para a marca B. Esses valores são indicados na legislação, pois um Brix abaixo de 65 resulta num gel fraco portanto, em uma geleia menos consistente, de maneira relativa, um valor acima de 70 acaba por cristalizar o açúcar arruinando o produto final em textura e podendo inclusive alterar o sabor e aparência final. (JACKIX, 1988).

5.7 Análise reológica

A geleia de maçã e pimenta dedo-de-moça apresentou comportamento pseudoplástico, evidenciando pelo Quadro 2, em que estão dispostos os valores dos parâmetros advindos do modelo de Lei de Potência e os parâmetros estatísticos: coeficiente de determinação (R^2), soma dos quadrados dos resíduos (SSR) e qui-quadrado (χ^2). Logo, o modelo empírico do comportamento reológico forneceu um ótimo ajuste considerando os dados experimentais na faixa de temperatura de 20° e 70°C.

Os valores do índice de fluxo (n) se mantiveram inferiores a 1 ($n < 1$) em todas as temperaturas.

Segundo STEFFE (1996), uma vez que o valor de K (índice de consistência do fluido) é superior a zero e, também o valor de n está compreendido entre $0 < n < 1$, pode-se considerar o fluido como sendo do tipo não-newtoniano e pseudoplástico.

O modelo de Lei da Potência forneceu uma boa interpretação dos dados reológicos independentemente da temperatura considerada.

Os valores obtidos do qui-quadrado (χ^2) foram superiores a 11,61 e os coeficientes de determinação (R^2) foram superiores a 0,980. No presente estudo,

os valores relacionados ao índice de fluxo de comportamento (n) foram de 0,19 à 0,37 e os valores de coeficiente de consistência (K) ficaram entre de 229,35 à 263,50 Pa.sn. Observou-se uma queda brusca nos valores do índice de fluxo (n), no limite de significância estatística: $p \leq 0,05$. Estes resultados estão de acordo com o que Krokida et al. (2001) encontrou para geleias e compotas de frutas.

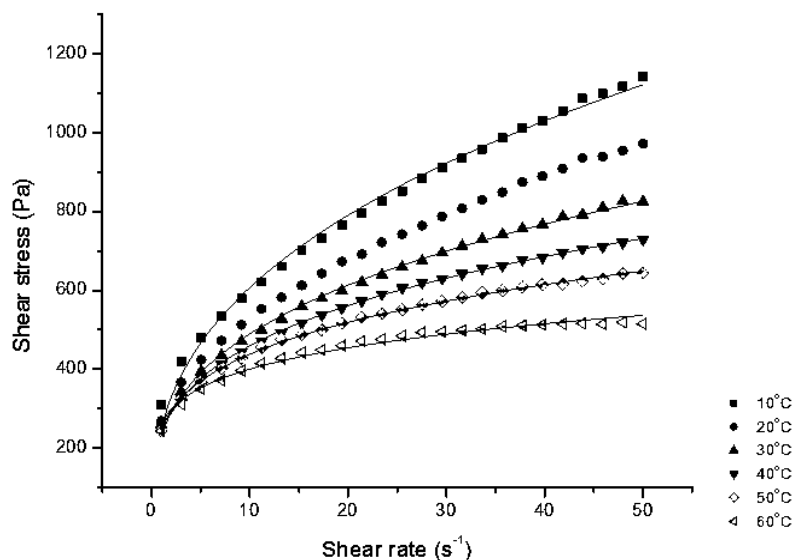
Quadro 2: Resultados obtidos pela Análise Reológica

Temperatura °C	Coeficiente de consistência K (Pa.s ⁿ)	Índice de Fluxo de Comportamento n (adimensional)	SSR	R ²	χ ²
10	253,19	0,37	7766,56	0,993	337,67
20	231,55	0,35	3543,90	0,997	154,08
30	229,35	0,30	1602,14	0,994	69,65
40	242,77	0,28	267,08	0,997	11,61
50	246,88	0,27	371,96	0,999	16,17
70	263,50	0,19	2345,01	0,983	101,95

Fonte: Autoria Propria

A figura 9 a seguir demonstra a curva de fluxo derivada do modelo de lei de potência para a geleia desenvolvida, relacionando o efeito da temperatura na viscosidade aparente da amostra em questão.

Figura 9 - Curva de fluxo derivada do modelo de Lei de potência



Fonte: Autoria Própria

Considerando uma taxa de cisalhamento constante, o efeito da temperatura na viscosidade aparente pode ser modelada por meio da equação de Arrhenius. Percebe-se que a viscosidade aparente $n(ap)$ diminui em uma função exponencial de acordo com a temperatura de acordo com a Equação 9.

$$\ln k = \ln A - \frac{Ea}{R} \left(\frac{1}{T}\right) \quad (9)$$

A geleia de maçã e pimenta dedo de moça teve seus dados adequadamente ajustados ao modelo de Lei de Potência. Confirmando-se, afinal, que a geleia analisada apresentou comportamento não-newtoniano, com característica pseudoplástica.

A geleia indentificada como pseudoplástica terá exatamente a textura que o consumidor final espera. Dentro do recipiente ela é quase sólida e quando extraída também. Mas ao ser ingerida o gel se desfaz lentamente e ela então se espalha permitindo uma melhor apreciação do produto.

Verifica-se, a partir dos resultados obtidos, que a tensão de cisalhamento inicial decresceu com o aumento da temperatura. Como pode ser observado na figura 14, que representa a tensão de cisalhamento (shear stress) pela taxa de deformação (shear rate).

Nesse arranjo de temperatura e viscosidade durante os testes em temperaturas mais altas houve uma diminuição da viscosidade. Essa diminuição era esperada, pois fluidos pseudoplásticos tem um comportamento similar a quando aquecidos sendo o iogurte (se aquecido fica líquido) um bom exemplo.

5.8 Análise de cor

A cor relacionada às amostras da geleia desenvolvida foi mensurada em triplicata e obteve-se os valores para as constantes de $L = 39,05 \pm 3,95$ (luminosidade), $a = -2,55 \pm 0,75$ (vermelho-verde) e $b = 20,55 \pm 1,74$ (amarelo-azul).

O valor de L vai de 0 a 100, sendo o valor máximo correspondente ao ponto branco e o valor mínimo relacionado ao ponto preto. A luminosidade pode ser influenciada pela mudança de coloração pela qual os frutos passam durante o processamento e pela perda de massa ao longo da maturação.

O valor de L encontrado foi satisfatório, pois ele é relacionado a translucidez do produto. No caso da geleia a luz deve passar por ela, mas não totalmente. Nessa faixa de luminosidade ocorre exatamente isso, o produto não é opaco, mas também não é totalmente transparente como água limpa seria.

O parâmetro “a” que no caso observado foi negativo, o que indica ausência de vermelho na amostra geral e pouca tendência ao azul. Esses dados podem ter encontrado valores que estavam abaixo do limite de detecção do aparelho, ou seja, os pontos de vermelho na amostra são os pequenos pedaços da pimenta restantes da cocção. Logo, é natural que o vermelho seja pouco detectado. O parâmetro “b” por outro lado indica tendência ao amarelo o que é verificado em concordância pelo controle visual executado pelos autores. O gel formado é mais amarelado e portanto foi encontrado com maior facilidade pelo sensor do equipamento.

A cor também foi aferida por Soethe et al. (2016) e por Cabral et al. (2010) em alimentos de composição semelhante a geleias de frutas com alta concentração de pectina como é o caso da maçã. Os resultados obtidos no presente trabalho estão em consonância com o que foi preconizado pelos autores em suas análises.

6 CONCLUSÃO

A geleia obtida alcançou os parâmetros preconizados na Resolução CNNPA nº 12 de 1978 e nos manuais de boas práticas da Embrapa (textura de gel, cor da fruta natural, doce ou semiácido), que são aplicáveis a esse tipo de produto. Todos os valores obtidos nas análises ficaram dentro do espectro aceitável quanto a acidez, cinzas, umidade, textura, cor (tendente ao amarelo) e aparência quando comparados a amostras de duas marcas comerciais, de composição semelhante a geleia desenvolvida, obtidas em supermercados da região. O Teor de fenóis totais encontrado foi $28,82 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ e o de ácido ascórbico $18,02 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$. Também houve consonância com as legislações em vigor para geleias e compotas. Quanto ao comportamento reológico também ficou evidenciado que a amostra apresentou comportamento pseudoplástico e viscosidade reduzida quando submetida a aumentos de temperatura, como previsto em trabalhos semelhantes conduzidos em condições similares as do presente trabalho.

REFERÊNCIAS

- BISCO, A. P. R., **A influência de algumas variáveis sobre a reologia de polpas minerais**. 2009. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte
- BRAGA, Adriano Cesar Calandrini. **INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E DO TAMANHO DE PARTÍCULAS NO COMPORTAMENTO REOLÓGICO DO SUCO DE ABACAXI “PÉROLA”** (Ananas comosus (L.) Merr.). Orientador: Prof. Dr. Antonio Manoel da Cruz Rodrigues. 2007. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Centro Tecnológico - Universidade Federal do Pará, Belém, 2007.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. **Resolução-RDC nº 272, de 22 de setembro de 2005**. REGULAMENTO TÉCNICO PARA PRODUTOS DE VEGETAIS, PRODUTOS DE FRUTAS E COGUMELOS COMESTÍVEIS. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 23 set. 2005.
- BRETAS, R. E. S.; D'ÁVILA, M. A. **Reologia de polímeros fundidos**. 2 ed. São Carlos: EdUFSCar, 2005.
- CARVALHO, S. I. C. de; BIANCHETTI, L. de B.; RIBEIRO, C. S. da C.; LOPES, C. A. **Pimentas do gênero Capsicum no Brasil**. 1 ed. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2006. 26p.
- CARVALHO, S. I. C. de; BIANCHETTI, L. de B.; BUSTAMANTE, P. G.; SILVA, D. B. da. **Catálogo de germoplasma de pimentas e pimentões (Capsicum spp.) da Embrapa Hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2003. 49 p. (Embrapa Hortaliças. Documentos, 49).
- CASTRO, A. G. **A Química e a Reologia no Processamento dos Alimentos**. Instituto Piaget, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2004. P.32-57.
- COELHO, Pedro. **Ácido Ascórbico – A popular Vitamina C**. ENGQUIMICASANTOSSP – Blog de Engenharia Química. 2015. Disponível em <<https://www.engquimicasantosp.com.br/2015/04/acido-ascorbico-popular-vitamina-c.html>>. Acesso em 08 set 2020.
- COSTA, Juliana de Oliveira. **Determinação do teor de vitamina C em polpas de frutas congeladas por Iodimetria**: Uma opção para o controle de qualidade? Orientador: Prof. Dra. Zelyta Pinheiro de Faro. 2016. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Nutrição) - Núcleo de Nutrição, Vitória de Santo Antão, 2016.
- FONSECA, Reinaldo Malveira. **CARACTERIZAÇÃO MORFOAGRONOMICA DE GERAÇÕES DE CAPSICUM ANNUUM X CAPSICUM CHINESE**. Orientador: Dr. Francisco Célio Maia Chaves. 2016. 142 f. TESE (Doutorado em Agronomia

Tropical) - Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2016.

HOEHNE, Lucélia; MARMITT, Luana Gabriela. **Métodos para a determinação de vitamina C em diferentes amostras**. Destaques Acadêmicos, Lajeado, v. 11, ed. 4, p. 36-55, 2019.

LICODIEDOFF, S. **Influencia do teor de pectinas comerciais nas características físico-químicas e sensoriais da geleia de abacaxi (*Ana comosus* (L.) Merrill)**. 2008. 119f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

LIMA, Michele Barbosa. **ELABORAÇÃO E AVALIAÇÃO DE GELEIAS DE LARANJA DE BAIXO VALOR CALÓRICO**. Orientador: Prof. Dra. Patrícia Aparecida Pimenta Pereira. 2017. 166 f. Dissertação (Mestrado em Saúde e Nutrição) - ESCOLA DE NUTRIÇÃO - UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO, Ouro Preto, 2017.

LOPES, R. L. T. **Fabricação de Geleias**: Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais CETEC. Minas Gerais, 2007.

MANELA-AZULAY, Mônica et al. **Vitamina C**. An. Bras. Dermatol., Rio de Janeiro, v. 78, n. 3, p. 265-272, Jun 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-05962003000300002&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 07 Set. 2020

OLIVEIRA, Emanuel Neto Alves de; FEITOSA, Bruno Fonsêca; SOUZA, Rosane Liége Alves de. **Tecnologia e processamento de frutas**: Doces, geleias e compotas. Natal: Editora IFRN, 2018. 316 p. v. 1. ISBN 978-85-94137-48-7. Disponível em: <https://memoria.ifrn.edu.br/bitstream/handle/1044/1664/Tec.%20e%20Proc.%20de%20Fruta%20s%20-%20E-Book.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 31 ago. 2020.

OLIVEIRA, G.L.S.. **Determinação da capacidade antioxidante de produtos naturais in vitro pelo método do DPPH**: estudo de revisão. Rev. bras. plantas med., Botucatu , v. 17, n. 1, p. 36-44, Mar. 2015 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-05722015000100036&lng=en&nrm=iso>. access on 31 Ago. 2020. http://dx.doi.org/10.1590/1983-084X/12_165

PENTEADO, Marilene de Vuono Camargo. **Vitaminas**: aspectos nutricionais, bioquímicos, clínicos e analíticos. 1 ed. São Paulo: Manole, 2003

PIEIDADE, Maria Beatriz Segatti. **Caracterização dos frutos e das sementes de pimenta, em função da variação dos teores da capsaicina**. Orientador: Dra. Ana Dionisia da Luz Coelho Novembre. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciências - Fitotecnia) - Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2018.

População mundial deve chegar a 9,7 bilhões de pessoas em 2050, diz relatório da ONU. Nações Unidas Brasil, 2019. Disponível em: <[ROMERO, Valéria et al. Creme tópico de capsaicina \(8%\) para o tratamento da síndrome da dor miofascial. Rev. Bras. Anestesiol., Campinas, v. 69, n. 5, p. 432-438, Out. 2019. Disponível em <\[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-70942019000500432&lng=en&nrm=iso\]\(http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-70942019000500432&lng=en&nrm=iso\)>. Acesso em 27 ago 2020](https://nacoesunidas.org/populacao-mundial-deve-chegar-a-97-bilhoes-de-pessoas-em-2050-diz-relatorio-da-onu/#:~:text=Close%20the%20sidebar,Popula%C3%A7%C3%A3o%20mundial%20deve%20chegar%20a%209%2C7%20bilh%C3%B5es%20de%20pessoas,2050%2C%20diz%20relat%C3%B3rio%20da%20ONU&text=A%20popula%C3%A7%C3%A3o%20mundial%20deve%20crescer,segunda%2Dfeira%20(17).> Acesso em: 19 de ago. de 2020.</p></div><div data-bbox=)

SCHRAMM, G. **Reologia e reometria**: fundamentos teóricos e práticos. São Paulo: Artliber, 2006

SOAVE, P. B.; LACERDA, T. H. M. **Avaliação da Composição Centesimal de Preparações Fortificadas com Ferro Destinadas a Alimentação Escolar**. 2006.

TORREZAN, R. **Manual para a produção de geleias de frutas em escala industrial**. Rio de Janeiro: EMBRAPA - CTAA, 1998. 27 p.

TORREZAN, Renata. **Elaboração de geleias de pimentas**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, ano 267, v. 33, p. 63-71, 1 mar. 2012.