

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

MARIA LUIZA BARCO CATTO KOSSAR

**EFEITO DA SUBSTITUIÇÃO DA PECTINA POR CASCA DE BANANA EM
CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DE GELEIA DE ABACAXI**

MEDIANEIRA

2022

MARIA LUIZA BARCO CATTO KOSSAR

**EFEITO DA SUBSTITUIÇÃO DA PECTINA POR CASCA DE BANANA EM
CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DE GELEIA DE ABACAXI**

**Effect of substitution of pectin by banana peel on technological characteristics of
pineapple jelly**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentada
como requisito para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia de Alimentos da Universidade Tecnológica
Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Profa. Dra. Carolina Castilho Garcia

Coorientadora: Profa. Dra. Gláucia Cristina Moreira

MEDIANEIRA

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

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.

MARIA LUIZA BARCO CATTO KOSSAR

**EFEITO DA SUBSTITUIÇÃO DA PECTINA POR CASCA DE BANANA EM
CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DE GELEIA DE ABACAXI**

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

Data de aprovação: 30/novembro/2022

Profa. Dra. Carolina Castilho Garcia
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Profa. Dra. Gláucia Cristina Moreira
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Profa. Dra. Daiane Cristina Lenhard
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Profa. Dra. Nádia Cristiane Steinmacher
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

MEDIANEIRA

2022

Dedico este trabalho à minha família e amigos,
em forma de agradecimento por todo apoio em momentos
de dificuldade e ausência.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus pela oportunidade e o privilégio de poder estudar e abranger meus conhecimentos, me dando sabedoria e comprometimento para atravessar esta jornada.

Aos meus pais Maria Rosvaine Barco Catto e Luiz Carlos Kossar, agradeço por todo o apoio e incentivo em sempre buscar conhecimento e senso crítico diante das situações, por acreditarem no meu potencial, serem meu maior refúgio de força, amor, carinho ao longo desses anos, com toda a certeza, nada disso seria possível sem vocês. Dedico tudo que sou e aprendi até hoje a vocês.

Agradeço meus amigos e meu namorado por nunca terem me abandonado e se mostrarem presentes e confiantes comigo, por me proporcionarem amor e conforto diante das situações, e por acreditarem em mim também. Principalmente à minha amiga Ana Lúcia que esteve e continua ao meu lado em todos os momentos.

Agradeço também aos meus professores, em especial à minha orientadora Carolina Castilho por toda a confiança, perseverança, apoio nesta jornada, sendo sempre uma inspiração para mim. À minha co-orientadora Gláucia e à professora Daiane, por toda paciência e dedicação com esse projeto e comigo, obrigada por toda ajuda.

Os autores agradecem à CEANMED – Central Analítica Multiusuário da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Medianeira, Paraná, Brasil, pelo uso de equipamentos.

A vocês, dedico com todo meu amor e carinho este trabalho.

Muito obrigada!

Da invenção, nasce o progresso. Da
reinvenção, nasce a liberdade.
(Anônimo).

RESUMO

Produzir geleia é um método de conservação de alimentos a partir do uso de calor e aumento da pressão osmótica, o que preserva suas características nutricionais e/ou sensoriais, elevando sua vida útil. Como alternativa para minimização de desperdícios e reutilização de alimentos é possível adicionar às geleias subprodutos oriundos de resíduos de frutos que podem conferir características nutricionais, sensoriais e/ou tecnológicas superiores aos produtos convencionais. A casca de banana é um subproduto nutritivo e rico em fibras alimentares, proteínas, minerais e pectina, que pode ser usado para enriquecer geleias, doces em massa ou de corte e contribuir a melhoria de sua qualidade. Com base nisso, este trabalho teve como objetivo a formulação de geleia de abacaxi com substituição da pectina por casca de banana. Foram elaboradas três formulações de geleia, uma formulação padrão com 50% da polpa do fruto, 50% de açúcar, 1% de pectina (referente a massa do açúcar) e 0,65% de ácido cítrico (referente a massa do açúcar); e formulações de geleia com 20% e 30% de casca de banana (referente à massa do açúcar) como substituição total da pectina. O processamento seguiu as Boas Práticas de Fabricação e o Padrão de Identidade e Qualidade de geleias. Para todas as formulações foram realizadas as seguintes análises em triplicata: teor de sólidos solúveis, acidez titulável, pH, cor e atividade de água. O teste de Tukey foi utilizado para avaliar a diferença significativa entre as médias dos resultados das análises. Ainda, foi avaliado o comportamento reológico das formulações, em um viscosímetro rotacional de cilindros concêntricos com taxa de deformação variando de 0 – 33 s⁻¹ para as curvas de subida (aumento da taxa de deformação no tempo) e descida (redução da taxa de deformação no tempo) de cada formulação. Os dados foram ajustados a quatro modelos matemáticos representativos do comportamento reológico de fluidos alimentícios: Lei da Potência, Plástico de Bingham, Herschel-Bulkley e Sisko e o ajuste avaliado por diferentes parâmetros estatísticos. O teor de sólidos solúveis apresentou valores entre 59,2 e 62,03%, sendo que não foi observada diferença significativa dentre as formulações. As geleias com adição de casca de banana apresentaram teores de sólidos solúveis menores do que os preconizados na legislação brasileira, possivelmente devido ao tempo insuficiente de cocção. Não foram verificadas diferenças significativas para a acidez titulável e para a atividade de água das diferentes formulações de geleias e os valores obtidos mostraram-se dentro do recomendado pela legislação. O pH das geleias com maior percentual de casca de banana mostrou-se significativamente maior que o das demais amostras, possivelmente em função da não completa dissolução dos ácidos orgânicos durante a análise. Esse fato está possivelmente relacionado à trituração das cascas de banana, contribuindo para que a dissolução dos ácidos orgânicos na fase aquosa não tenha sido completa durante a análise, enquanto a de outros compostos de maior pH sim, resultando nessa divergência. A medida instrumental de cor apontou que a geleia padrão, com pectina, foi significativamente mais clara que as demais e que as formulações com 30% de casca de banana e extra mostraram-se significativamente mais verde que a formulação com 20% de casca de banana. As geleias elaboradas apresentaram comportamento não newtoniano com características tixotrópicas, melhor representado pelo modelo de Bingham tanto para as curvas ascendentes quanto para as descendentes. Isso aponta afinamento das formulações durante o escoamento, o que pode resultar em economia de energia para a operação. Portanto, a casca da banana demonstrou potencial de aplicação na fabricação de geleia de abacaxi como substituinte da pectina, apontando viabilidade para o reaproveitamento do subproduto.

Palavras-chave: resíduo; reologia; modelos matemáticos.

ABSTRACT

To produce jelly is a method of preserving food using heat and increasing osmotic pressure, which keeps its nutritional or sensory characteristics, increasing its shelf life. As an alternative for minimizing waste and reusing food, it is possible to add by-products from fruit residues to jellies that can provide nutritional, sensory, and technological characteristics superior to conventional products. Banana peel is a nutritious by-product, rich in dietary fiber, proteins, minerals, and pectin, which enrich jellies, pastries, or sweets and improve their quality. Based on this, this work aimed to formulate pineapple jelly with the substitution of pectin for the banana peel. Three jelly formulations were prepared, a standard formulation with 50% of fruit pulp, 50% sugar, 1% pectin (referring to the sugar mass), and 0.65% citric acid (referring to the sugar mass); and jelly formulations with 20% and 30% of banana peel (referred to the mass of sugar) as a total replacement of pectin. Processing followed the Good Manufacturing Practices and the jellies Identity and Quality Standard. For all formulations, the following analyzes were performed in triplicate: soluble solids content, titratable acidity, pH, color, and water activity. Tukey's test was used to assess the significant difference between the means of the analysis results. Still, the rheological behavior of the formulations was evaluated in a rotational viscometer with concentric cylinders with strain rate varying from 0 - 33 s⁻¹ for the ascent curves (increase in the deformation rate over time) and descent (decrease in the deformation in time) of each formulation. Data were fitted to four mathematical models representing the rheological behavior of food fluids: Power Law, Bingham Plastic, Herschel-Bulkley, and Sisko, and the fit was evaluated using different statistical parameters. The soluble solids content presented values between 59.2 and 62.03%, and no significant difference was observed between the formulations. The jellies with the addition of banana peel had lower soluble solids than those recommended in Brazilian legislation, possibly due to insufficient cooking time. No significant differences were verified for the titratable acidity and the water activity of the different jelly formulations, and the values obtained were within the recommended by the legislation. The pH of the jellies with the highest percentage of banana peel was significantly higher than that of the other samples, possibly due to the incomplete dissolution of the organic acids during the analysis. The instrumental color measurement showed that the standard jelly, with pectin, was significantly lighter than the others and that the formulations with 30% banana peel and extra were significantly greener than the formulation with 20% banana peel. The prepared jellies showed non-Newtonian behavior with thixotropic characteristics, best represented by the Bingham model for both ascending and descending curves. This points to thinning of the formulations during the flow, which can result in energy savings for the operation. Therefore, the banana peel showed potential for application in the manufacture of pineapple jelly as a substitute for pectin, pointing to the feasibility of reusing the by-product.

Keywords: waste; rheology; mathematical models.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Banana (<i>Musa spp.</i>)	15
Figura 2 - Cultura do abacaxi	18
Figura 3 - Diagrama de Rauch para consistência das geleias	20
Figura 4 - Estrutura geral da pectina	21
Figura 5 - Classificação do comportamento reológico dos fluidos	24
Figura 6 - Curvas de escoamento para fluidos não newtonianos dependentes do tempo.....	25
Figura 7 - Diagrama reológico para fluidos não newtonianos independentes do tempo.....	26
Figura 8 - Viscosímetro rotacional de cilindros concêntricos	31
Figura 9 - Aspecto visual das três formulações de geleia.....	36
Figura 10 - Viscosidade (Pa s) <i>versus</i> taxa de deformação (s^{-1}) para a formulação F1 (geleia com substituição de 20% de casca de banana)	39
Figura 11 - Viscosidade (Pa s) <i>versus</i> taxa de deformação (s^{-1}) para a formulação F2 (geleia com substituição de 30% de casca de banana)	39
Figura 12 - Viscosidade (Pa s) <i>versus</i> taxa de deformação (s^{-1}) para a formulação F3 (geleia extra).....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição química média do abacaxi	19
Tabela 2 – Modelos matemáticos para o comportamento reológico de fluidos	27
Tabela 3 - Formulações das geleias produzidas	29
Tabela 4 - Parâmetros estatísticos para avaliação do ajuste dos dados experimentais aos modelos propostos.....	32
Tabela 5 - Características físico-químicas das formulações de geleia de abacaxi	33
Tabela 6 - Componentes colorimétricos das geleias de abacaxi elaboradas	35
Tabela 7 - Parâmetros do modelo de Bingham e Oswald de Wealle para as formulações de geleia e R^2 do ajuste dos dados experimentais aos modelos.....	41
Tabela 8 - Parâmetros estatísticos para verificação do ajuste dos dados experimentais aos modelos de Bingham e Oswald de Waelle	42

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	11
2.	OBJETIVO	13
2.1	Objetivo Geral.....	13
2.2	Objetivos Específicos	13
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1	Banana (<i>Musa spp.</i>).....	14
3.2	Subprodutos agroindustriais	15
3.3	Casca de banana	16
3.4	Abacaxi	17
3.5	Geleia	19
3.6	Pectina.....	20
3.6.1	Pectina na casca de banana	22
3.7	Comportamento reológico.....	22
3.8	Fluidos não newtonianos	24
3.8.1.	Fluidos não newtonianos dependentes do tempo.....	24
3.8.2.	Fluidos não newtonianos independentes do tempo	26
3.9	Modelos reológicos.....	27
4.	MATERIAL E MÉTODOS	28
4.1	Obtenção de matérias primas	28
4.2	Procedimentos metodológicos.....	28
4.2.1	Produção das geleias.....	28
4.3	Análises físico-químicas das geleias	29
4.4	Avaliação estatística das análises físico-químicas.....	30
4.5	Análises reológicas e modelagem matemática.....	30
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5.1	Análises físico-químicas	33
5.2	Comportamento reológico.....	36
6.	CONCLUSÃO	43
	REFERÊNCIAS	44

1. INTRODUÇÃO

A banana (*Musa spp.*) é uma das frutas mais consumidas no mundo, seja *in natura* ou processada. É uma importante fonte de alimento, rica em vitaminas A e C, fibras e potássio (SENA, 2011), além de ser um alimento rico em carboidratos (SIDHU; ZAFAR, 2018). A facilidade de propagação e manejo contribuem para que a banana seja a fruta mais comercializada no mundo, com um índice de exportação de 21 milhões de toneladas em 2019 (FAO, 2021). O mercado da banana tem relevância econômica e social, principalmente, na região dos trópicos (ORTEGA et al., 2012). O Brasil ocupa o quarto lugar no ranking de produção, chegando 6,6 milhões de toneladas produzidas em 455 mil hectares, e um rendimento de 14,5 t por hectare plantado (EMBRAPA, 2019). Em média, aproximadamente 25% da produção mundial total de bananas e frutas tropicais tem origem na América Latina e no Caribe, com um volume de produção anual de aproximadamente 54 milhões de toneladas entre 2016 e 2018 (média de três anos) (FAO, 2019^b).

A produção de banana se distribui pela grande maioria dos estados brasileiros, totalizando uma área colhida de aproximadamente 453 mil hectares (IBGE, 2021). As maiores áreas plantadas, em 2017, localizaram-se nos estados da Bahia com 73,1 mil hectares, São Paulo com 50,0 mil ha, Pará com 43,9 mil ha e Minas Gerais com 41,6 mil ha. Os estados que mais produziram e obtiveram os mais significativos valores de produção em 2017 foram São Paulo com 1.084,5 mil t e R\$ 1,7 bilhão, Bahia com 866,6 mil t e R\$ 931,8 milhões, Santa Catarina com 712,8 mil t e R\$ 742,7 milhões e Minas Gerais com 685,5 mil t e R\$ 731,5 milhões (BAPTISTELLA; COELHO; GHOBIL, 2019).

Os cultivares mais importantes produzidos em solos brasileiros são: cavendish (grupo que inclui nanica, nanição e grande naine), prata, maçã e ouro. Outras variedades também encontradas com certa frequência são: prata-anã, pacovan, branca e da terra (SEBRAE, 2008).

Estudos recentes da EMBRAPA, sugerem que o brasileiro consome, em média, 25 kg de banana ao ano, representando 0,87% das despesas de alimentação (LIMA; VILARINHOS, 2018). Cerca de 98% da produção é destinada ao consumo fresco, sendo o restante representado pela fruta processada (JORNAL DA FRUTA, 2022). Segundo a mesma instituição, excedentes de produção e frutos fora dos padrões de qualidade para consumo *in natura*, poderiam ser industrializados como forma de aproveitamento deste produto (LIMA; VILARINHOS, 2018). Desta industrialização, o principal resíduo é a casca, a qual segundo Ribeiro et al. (2010) corresponde a aproximadamente 45% da massa total deste fruto.

A casca da banana é um resíduo proveniente da agroindústria. Trata-se de um material biodegradável, com baixo custo que apresenta afinidade por compostos orgânicos (MARTINS et al., 2015). Ainda, segundo Bello-Perez et al. (2012) e Pereira e Maraschin (2014), a polpa da banana utilizada para consumo humano, gera a casca como resíduo, a qual é descartada, ou utilizada como fertilizante orgânico, ou na alimentação animal.

Resíduos industriais são aqueles provenientes dos processos industriais, na forma sólida, líquida ou gasosa (BRASIL, 2011). As indústrias processadoras de matéria-prima agroindustrial geram grande quantidade de resíduos, provenientes do beneficiamento de diversas culturas. Os resíduos agroindustriais, em sua maioria, possuem alto valor nutritivo (fontes de proteínas, carboidratos, fibras e compostos bioativos) podendo ser reaproveitados pela indústria farmacêutica, alimentícia e química (SARAIVA et al., 2018).

A característica e quantidade de resíduos agroindustriais produzidos variam com o tempo (MATOS, 2006) e podem representar perda de biomassa e de nutrientes (ROSA et al., 2011). O aproveitamento de resíduos agroindustriais reduziria o desperdício de alimentos, e seu beneficiamento e processamento, representam grande oportunidade de desenvolvimento de novos subprodutos, agregando valor ao que seria perdido (COSTA FILHO et al., 2017).

Emaga et al. (2008^b) apontam em seus estudos que além de fonte de matéria orgânica, as fibras alimentares encontradas na casca de banana são fontes de pectina adequadas para a formação de géis, podendo ser amplamente utilizadas em formulações alimentícias como geleias, sendo, portanto, passíveis de recuperação e aproveitamento.

Com o intuito de aproveitar e agregar valor a um resíduo agroindustrial e minimizar desperdício de uma fonte potencial diferenciada de pectina, objetivou-se com esse trabalho desenvolver geleia de abacaxi com adição de casca de banana como substituinte da pectina.

2. OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

Avaliar o efeito da substituição da pectina por casca de banana em geleias de abacaxi, de forma a agregar valor a esse resíduo.

2.2 Objetivos específicos

- Produzir formulação padrão de geleia de abacaxi com pectina;
- Produzir formulação de geleia de abacaxi com substituição da pectina comercial por casca de banana, agregando valor ao resíduo agroindustrial;
- Caracterizar e comparar as formulações com relação a atividade de água, cor, acidez, pH e sólidos solúveis;
- Determinar o comportamento reológico das geleias, através da modelagem dos dados experimentais de tensão de cisalhamento em relação à taxa de deformação;
- Comparar o comportamento reológico das diferentes formulações de geleia.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Banana (*Musa spp.*)

A banana (*Musa spp.*), da família botânica *Musaceae*, é originária do extremo oriente. A planta é típica de clima tropical, e para o seu bom desenvolvimento e produção é necessário calor constante e precipitações bem distribuídas (NASCENTE; COSTA; COSTA, 2005). Frutos da bananeira resultam do desenvolvimento partenocárpico e reúnem-se em pencas, conhecidas como cachos (SOTO BALLESTERO; SANCHO, 1992).

É uma fruta climatérica cultivada em muitos países, principalmente nas regiões tropicais e subtropicais. Os principais produtores de banana são Índia, China, Indonésia e Brasil (BAPTISTELLA; COELHO; GHOBRIEL, 2019).

A banana é uma das frutas mais consumidas no mundo. Sua produção comercial em plantações da América Central e da América do Sul é de grande importância, sendo hoje a terceira fruta no mundo em volume de produção (FAO, 2019^b). Além do alto valor nutritivo, a banana tem alto significado socioeconômico, pois mobiliza grande contingente de mão-de-obra e permite retorno rápido ao produtor (GANGA, 2002). De acordo com FAO (2020), o Brasil ocupa o quarto lugar em produção de bananas, chegando a quase 7 milhões de toneladas/ano, sendo os cultivares mais importantes produzidos em solos brasileiros cavendish (grupo que inclui nanica, nanicão e grande naine), prata, maçã e ouro (SEBRAE, 2008).

Esta fruta, além de ser um alimento energético, é rica em minerais como: potássio, manganês, iodo e zinco e vitaminas do complexo B (B1, B2, B6 e niacina), vitamina C e ácido fólico. Os minerais estão em maior quantidade no fruto verde quando comparado ao maduro. A banana apresenta pequenas quantidades de proteínas como albumina e globulina (RANIERI; DELANI, 2014). A Figura 1 apresenta a ilustração da banana nanica (*Musa spp.*).

Figura 1 - Banana (*Musa spp.*)



Fonte: Floral Londrina (2022)

3.2 Subprodutos agroindustriais

Subprodutos industriais são aqueles provenientes dos processos industriais, na forma sólida, líquida ou gasosa ou combinação dessas, e que por suas características físicas, químicas ou microbiológicas não se assemelham aos resíduos domésticos (BRASIL, 2011). Os resíduos secundários, também conhecidos como resíduos agroindustriais, são produzidos durante o processamento da biomassa para a produção de alimentos ou para a produção da própria biomassa, como é o caso da casca de arroz (FAAIJ, 2006). Os coprodutos agroindustriais, em sua maioria, possuem alto valor nutritivo (fontes de proteínas, carboidratos, fibras e compostos bioativos) podendo ser reaproveitados pela indústria farmacêutica, alimentícia e química (SARAIVA et al., 2018).

É enorme a quantidade de resíduos produzidos nas indústrias de processamento de grãos, frutas e hortaliças (MATOS, 2006). A atividade agrícola e o processamento dos produtos agrícolas geram bilhões de toneladas de resíduos anualmente (SANTANA-MÉRIDAS; GONZÁLEZ-COLOMA; SÁNCHEZ-VIOQUE, 2012; CAPSON-TOJO et al., 2016), sendo que as indústrias de processamento de frutas contribuem com mais de 0,5 bilhão de toneladas de resíduos em todo o mundo (BANERJEE et al., 2017). Contudo, estes resíduos apresentam potencial para a geração de produtos com valor de mercado (SANTANA-MÉRIDAS; GONZÁLEZ-COLOMA; SÁNCHEZ-VIOQUE, 2012; RAVINDRAN; JAISWAL, 2016), ainda inexplorado.

O Brasil, por ser um país de grande atividade agrícola, é um dos que mais produz resíduos agroindustriais (INFANTE et al., 2013). De acordo com a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, 1/3 dos alimentos produzidos, cerca de 1,3 bilhões de toneladas por ano, são perdidos ou desperdiçados (FAO, 2019^a). Parte significativa dos subprodutos da produção de alimentos está associada ao desperdício e perdas ao longo do processo produtivo (RAVINDRAN; JAISWAL, 2016).

Existem resíduos considerados inevitáveis ao processo de produção, tais como as cascas, o bagaço e as sementes geradas durante o processamento de frutas (RAVINDRAN; JAISWAL, 2016). É notável que os coprodutos agroindustriais possuem um grande potencial para serem utilizados como matéria-prima na obtenção de compostos de grande valor (BANERJEE et al., 2017; MATHARU; MELO; HOUGHTON, 2016), tais como cascas, pó, bagaço, palha, serragem e espigas de milho (SANTANA-MÉRIDAS; GONZÁLEZ-COLOMA; SÁNCHEZ-VIOQUE, 2012). Para a utilização destes resíduos como fonte de compostos de alto valor agregado, é necessário que haja disponibilidade, fácil obtenção e bom rendimento para que os produtos obtidos sejam econômicos (GIROTTO; ALIBARDI; COSSU; 2015). Atenção especial tem sido voltada à minimização ou reuso de resíduos e ao estabelecimento de novos usos de produtos e subprodutos agropecuários em substituição aos recursos não renováveis (ROSA et al., 2011).

3.3 Casca de banana

A casca da banana é um resíduo agroindustrial rico em fibras alimentares, proteínas, minerais (PEREIRA, 2007), além de compostos bioativos com potencial antioxidante e com potencial para utilização no desenvolvimento de um novo produto (CARVALHO, 2015). Cascas de banana representam resíduos nutritivos e ricos em pectina, podendo enriquecer geleias, doces em massa ou de corte e contribuir para melhoria da qualidade dos mesmos (OLIVEIRA et al., 2009).

A casca da banana representa de 35 a 50% em massa da fruta madura, podendo ser utilizada, em escala reduzida, na forma direta, como em receitas, e na alimentação animal (TRAVAGLINI et al., 1993), mas é usualmente descartada. Considerando a porcentagem de 35% em peso da fruta madura, das aproximadamente 7 milhões de toneladas de banana produzidas, em 2012, no Brasil (IBGE, 2012), cerca de 2,5 milhões foram referentes à casca da banana (CARVALHO, 2015), acumulando-se como resíduo gerado pela agroindústria, sem

finalidade industrial, e causando sérios problemas ambientais (CHOOKLIN; MANEERAT; SAIMMARI, 2014).

Segundo Gondim et al. (2005), a casca de banana apresenta teores de nutrientes maiores do que suas respectivas partes comestíveis, além de serem ricas fontes de fibras. Besbes et al. (2009) afirmam que as fibras encontradas na casca de banana atuam na melhoria do trato gastrointestinal e, conseqüentemente, no controle de doenças crônicas degenerativas, dentre outros benefícios amplamente divulgados na literatura (BESBES et al., 2009; MIGUEL et al., 2008).

Em estudos relacionados à caracterização química de fibras dietéticas de cascas de banana, Emaga et al. (2008^a), ressaltam que as pectinas encontradas são adequadas para formação de géis, e conseqüentemente, servem para a utilização em geleias e outras formulações alimentícias e, junto às demais frações fibrosas, para o enriquecimento de produtos alimentícios (OLIVEIRA et al., 2009).

Dessa maneira, o reaproveitamento desse resíduo industrial apresenta evidências de agregação de valor nutritivo a alimentos (BESBES et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2009; EMAGA et al., 2008^a; MIGUEL et al., 2008; GONDIM et al., 2005), evitando o desperdício gerado com o descarte.

3.4 Abacaxi

Popularmente conhecido como abacaxi, o *Ananas comosus*, da família botânica *Bromeliaceae*, gênero *Ananas Mill* têm o continente americano como seu local de origem, especificamente no Brasil e no Paraguai (EMBRAPA, 2022). Atualmente, a Costa Rica ocupa a primeira posição no ranking mundial de produção do fruto, e o Brasil fica na terceira posição (EMBRAPA, 2021). Segundo dados do IBGE 2019, foram cultivados 67,2 mil hectares naquele ano. A maior região produtora fica no estado do Pará, a Floresta do Araguaia, tendo produzido 230 milhões de frutos em 2019, valor inferior à produção de 2018, com 336 milhões. Na Figura 2 é apresentado o abacaxizeiro, uma das culturas mais exigentes, por conta de os diversos cultivares existentes necessitarem de características climáticas e geográficas distintas, além do florescimento ser desuniforme, o que compromete a regularidade da produção e resulta em frutos fora do padrão comercial exigido (VAILLANT et al., 2001).

Figura 2 - Cultura do abacaxi



Fonte: EMBRAPA (2021)

Segundo Oettere, Regitano-D'Arce e Spoto (2006), a colheita geralmente é realizada quando o fruto apresenta 50% da casca verde e 50% amarela, diferenciando da indústria alimentícia que exige um fruto totalmente amarelo, de polpa translúcida e teor de sólidos solúveis superior a 10 °Brix.

O fruto é composto por caule curto e grosso, que na indústria de alimentos é utilizado como matéria-prima para a obtenção de álcool etílico (GRANADA; ZAMBIAZI; MENDONÇA, 2004). As folhas firmes ao redor, muitas das vezes, têm a ração animal como destino final. O seu fruto possui uma variedade muito grande de consumo, desde o produto *in natura*, até na produção de sorvetes, doces, sucos, bebidas e geleias (MOREIRA; WANDERLEY; CRUZ-BARRO, 2006; GRANADA; ZAMBIAZI; MENDONÇA, 2004).

A composição química do abacaxi varia muito de acordo com a época em que é produzido, sendo sua maior produção no período do verão, período em que gera frutos com maior teor de açúcares e menor acidez (GRANADA; ZAMBIAZI; MENDONÇA, 2004). Segundo Franco (1989), o abacaxi tem destaque em valor energético devido a sua alta composição de açúcares, e valor nutritivo pela presença de sais minerais (cálcio, fósforo, magnésio, potássio, sódio, cobre e iodo) e de vitaminas (C, A, B1, B2 e Niacina), como apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição química média do abacaxi

Componentes	Quantidade (por 100 gramas)
Glicídio	13,7 g
Proteínas	0,40 g
Lipídios	0,20 g
Cálcio	18,00 mg
Ferro	0,50 mg
Fósforo	8,00 mg
Fibras	0,95 g
Niacina	0,82 mg
Ácido ascórbico	27,20 mg
Tiamina	80,00 µg
Riboflavina	128,00 µg
Retinol	5,00 µg
Calorias	52,00 kcal

Fonte: Franco (1989)

Mesmo com baixo teor de pectina, o abacaxi é adequado para a fabricação de geleias devido à sua acidez (SENAI, 1990).

3.5 Geleia

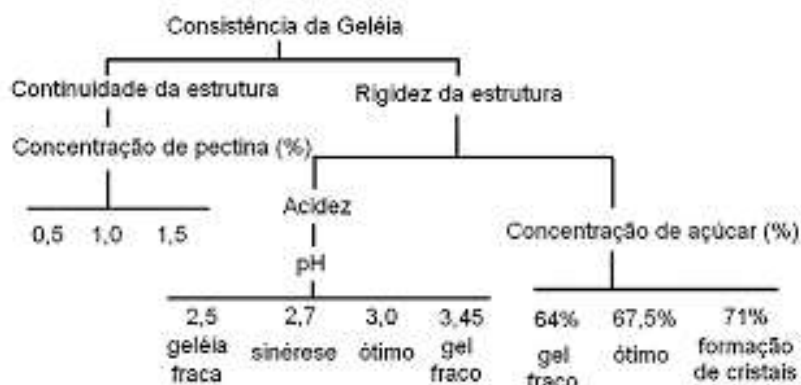
De acordo com Scolforo e Da Silva (2013), as geleias são produtos consumidos por boa parte da população brasileira, pois apresentam sabor adocicado e agradável ao paladar. Estes produtos agradam todas as faixas etárias, principalmente por serem provenientes de frutas.

A Legislação Brasileira de Alimentos define as geleias de frutas como “produto obtido pela cocção de frutas inteiras ou em pedaços, polpas ou sucos de frutas, com açúcar e água, e concentrado até a consistência gelatinosa” (BRASIL, 1978) apresentando uma forma gelificada devido ao equilíbrio entre pectina, açúcares e ácidos adicionados ou naturalmente presentes na fruta (VENDRUSCOLO; MOREIRA; VENDRUSCOLO, 2009).

A classificação adotada também pela legislação determina que uma geleia pode ser comum quando apresentam 40% de frutas e 60% de açúcar, e extra sendo de 50% para 50% a relação fruta/açúcar (BRASIL, 1978). A mesma legislação ainda estabelece um valor mínimo para o teor de sólidos solúveis na geleia comum e extra que deve ser de, respectivamente, 62 e 65% (BRASIL, 1978).

A Figura 3 mostra a influência dos componentes básicos de uma geleia no grau de geleificação. O estado “gel” é considerado como sendo um estado próximo ao estado sólido, o que devido a sua organização permite manter a sua consistência (LICODIEDOFF, 2008). Segundo a RDC nº 65, de 4 de outubro de 2007 é permitido a adição de acidulantes e de pectina para compensar qualquer deficiência no conteúdo natural de pectina ou acidez da fruta (BRASIL, 2007). Segundo Jackix (1998), para se formar um gel ótimo, a concentração de pectina deve ser entre 0,5%, 1% e 1,5% dependendo do grau de metoxilação da pectina. Para formar um gel considerado ótimo, o pH deve estar em torno de 3,0, pois abaixo de 2,8 pode apresentar um gel fraco, e em pHs acima de 3,4, não ocorre a geleificação. A concentração ótima de açúcar é apresentada ao redor de 67,5% para a formação desse gel.

Figura 3 - Diagrama de Rauch para consistência das geleias



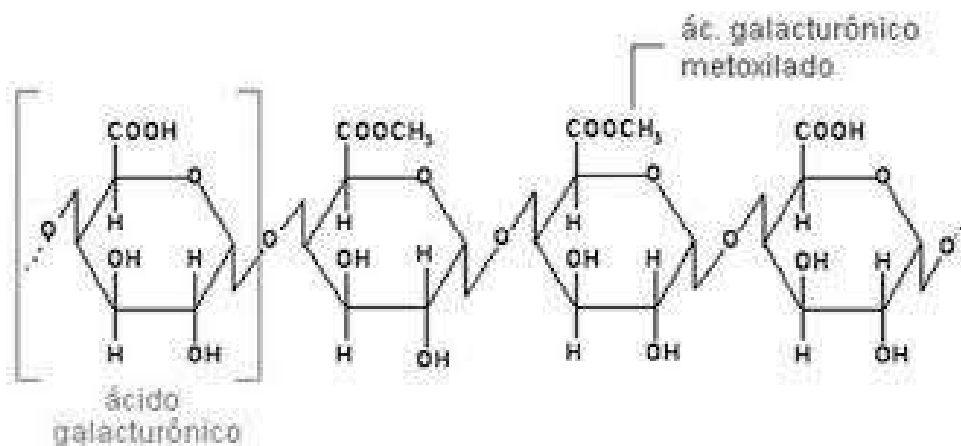
Fonte: Jackix (1988)

3.6 Pectina

As pectinas são um conjunto de polissacarídeos e oligossacarídeos com características comuns, mas diversificados em sua estrutura macromolecular, compostas principalmente de cadeias de ácido galacturônico α -1,4, como apresentado na Figura 4, localizadas na lamela média das paredes celulares vegetais (KONTOGIORGOS et al., 2012). O termo pectina designa

uma família de compostos, tais como ácido galacturônico e galacturonoglicano solúveis em água, que contém éster metílico e graus de neutralização variados, o qual forma géis (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

Figura 4 - Estrutura geral da pectina



Fonte: Souza e Neves (2004)

A pectina foi descoberta em 1790 por Nicolas Louis Vauquelin quando encontrou uma substância solúvel em frutas. Em 1824 foi caracterizada como composto das frutas responsável pela formação do gel pelo químico farmacêutico Henri Braconnot como continuidade do trabalho de Vauquelin. Essa substância era amplamente disponível em plantas, e continha propriedades gelificantes quando se adicionava ácido a sua solução, por consequência levando o nome de ácido péctico. Em 1908 durante a investigação da turbidez de suco, efetuou-se a primeira produção comercial de um extrato de pectina líquida na Alemanha. Em 1924, a pectina foi considerada um polímero de ácido galacturônico e, em 1937, Schneider e Bock estabeleceram, finalmente, a sua fórmula (CANTERI et al., 2012).

Para uso comercial, a pectina é obtida por extração aquosa, principalmente do bagaço de maçã (15%) e cascas de frutas cítricas, como limão e laranja (aproximadamente 30%). Todas as matérias-primas industriais são subprodutos de outros processos, seja suco de frutas ou produção de açúcar (WÜSTENBERG, 2015). Devido à grande variedade de matérias-primas existem também grandes diferenças no poder gelificante de preparações de pectina (SCHOLS, et al., 1995).

As pectinas são subdivididas de acordo com o número de grupos ácidos esterificados em relação ao número total dos grupos ácidos, denominados grau de esterificação (DE), ou metoxilação (DM) (ZHU et al., 2016; DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010). As

pectinas podem ser de alto ou baixo teor de metoxilação. As moléculas com grau de metoxilação superior a 50% são chamadas de pectinas com alto teor de metoxilação (MILANI; MALEKI, 2012; ATMODOJO; HAO; MOHEN, 2013) enquanto a pectina com grau inferior a 45% é considerada de baixa metoxilação (RALET et al., 2001). Essas diferenças no DE podem ser devido ao tratamento com ácidos fracos, no qual pode ocorrer despolimerização hidrolítica parcial e à hidrólise de éster metílico (KOUBALA et al., 2014; ADETUNJI et al., 2017) que desfaz a estrutura das pontes de hidrogênio formadas entre os grupamentos hidroxílicos dos açúcares e da pectina, formando o gel (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

3.6.1 Pectina na casca de banana

Segundo Assis (2017), grande quantidade de casca de banana é descartada na produção de polpas e doces, sendo que elas apresentam teores de nutrientes superiores às suas respectivas partes comestíveis, sendo rica fonte de fibras. Estudos realizados por Emaga et al. (2008^a) sobre a caracterização químicas de fibras alimentares na casca de banana apontam que as pectinas encontradas são adequadas para a formação de géis, podendo ser amplamente utilizadas em formulações alimentícias, como geleias.

Estudos acerca da extração de pectina da casca de banana ainda são de certa forma inexplorados, no entanto, Francis e Bell (1975) foram os pioneiros revisando a comercialização de pectina a partir da casca de banana. Madhave e Pushpalatha (2002) avaliaram os efeitos do estágio de maturação e variedade na composição química da pectina em diferentes resíduos agroindustriais, dentre eles a casca de banana.

Emaga et al. (2008^a) avaliaram os componentes de fibra dietética e as características químicas da pectina da casca de banana por extração ácida a quente durante o período de maturação, e foi constatado uma concentração de pectina com grande conteúdo de ácido galacturônico e grau de metilação. Os autores ainda utilizaram um desenho experimental para estudar a influência do pH, temperatura e tempo de extração, sendo encontrado que o pH foi o fator de maior influência sobre o rendimento e composição química da pectina, dos quais valores baixos de pH afetaram negativamente o conteúdo de ácido galacturônico da pectina (EMAGA et al., 2008^a).

3.7 Comportamento reológico

O termo reologia é definido como a ciência que estuda a deformação de objetos quando estes são submetidos a aplicação de forças. Foi proposto pelo professor Bingham em 1929, como “a ciência que descreve as relações entre a história da tensão e a história da deformação de diversos materiais, através de equações constitutivas” sendo, esta definição aceita no mesmo ano pela fundação *American Society of Rheology* (STEFFE, 1996).

A reologia permite analisar quantitativamente o comportamento de um fluido em interação com o processamento, através da formulação e resolução de equações que descrevem o processo (BARNES; HUTTON; WALTERS, 1989). Na indústria de alimentos, sua aplicação é utilizada, desde o processamento, dimensionamento de equipamentos e tubulações, determinação das formulações no desenvolvimento de novos produtos, controle de qualidade de produtos intermediários ou finais, até a avaliação do tempo de vida útil, avaliação da textura de alimentos, correlação com a avaliação sensorial, e determinação de funções materiais e constantes reológicas (LIMA; TOLEDO FILHO; GOMES, 2014).

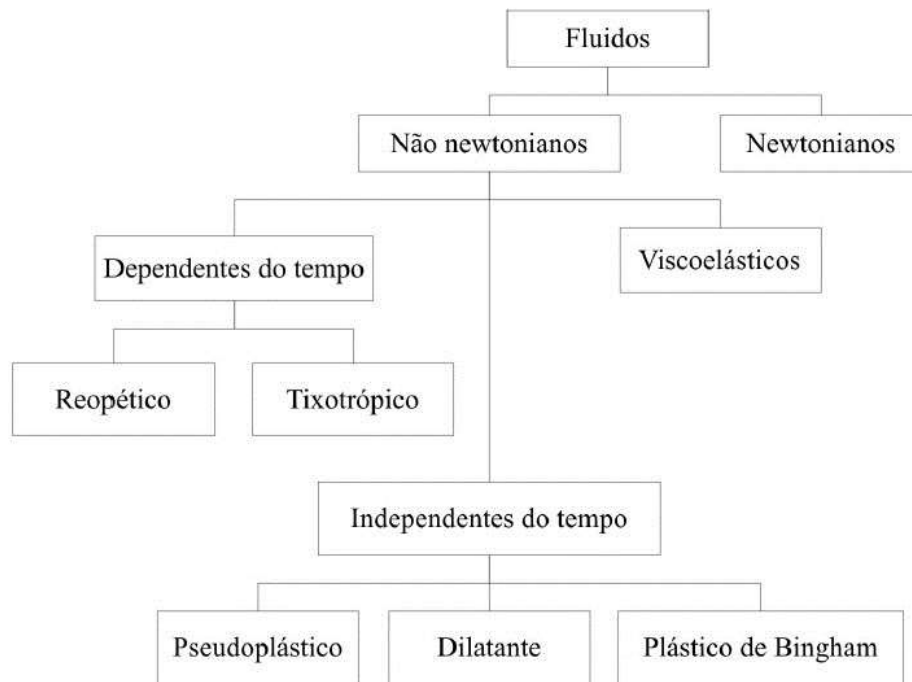
De maneira geral, pode-se classificar o comportamento reológico dos materiais através de dois extremos: sólidos perfeitos (hookeanos) e fluidos perfeitos (newtonianos). Quando sólidos ideais são deformados, a tensão gerada pela resistência à deformação é diretamente proporcional à magnitude da deformação, mas é independente da taxa em que ela é aplicada. No outro extremo, a resistência de um fluido newtoniano para o movimento imposto é diretamente proporcional à taxa de movimento, mas é independente da magnitude da deformação, isto é, o fluxo continua indefinidamente enquanto a tensão é mantida (PASQUEL, 1999).

O comportamento reológico de alimentos fluidos pode ser classificado em fluidos newtonianos e não newtonianos. A resistência que o fluido oferece ao escoamento é caracterizado por sua viscosidade newtoniana (μ), como mostra a Equação 1, em que: τ = Tensão de cisalhamento (Pa); μ = Viscosidade newtoniana (Pa s) e $\dot{\gamma}$ = Taxa de deformação (s^{-1}) (CHHABRA; RICHARDSON, 2008; FERGUSON et al. 1991).

$$\tau = \mu \dot{\gamma} \quad (1)$$

Quando esses fluidos têm a viscosidade dependente da taxa de deformação, eles são classificados como fluidos não newtonianos. Muitos fluidos alimentícios apresentam este tipo de comportamento (IBARZ; GONZÁLEZ; BARBOSA-CANÓVAS, 2004). A Figura 5 apresenta a classificação do comportamento reológico de fluidos.

Figura 5 - Classificação do comportamento reológico dos fluidos



Fonte: Chhabra e Richardson (2008)

3.8 Fluidos não newtonianos

Os fluidos não newtonianos que independem do tempo possuem condições de temperatura e composição constantes, e apresentam viscosidade aparente dependente somente da taxa de deformação ou da tensão de cisalhamento. Segundo Steffe (1996), uma das possíveis características de fluidos não newtonianos é a presença da tensão residual (τ_0), caracterizada por ser uma tensão finita necessária para que o fluido comece a escoar.

3.8.1. Fluidos não newtonianos dependentes do tempo

Fluidos em que a viscosidade aparente depende da taxa de deformação e da duração do cisalhamento são determinados como fluidos dependentes do tempo, e apresentam duas categorias: tixotrópicos e reopéticos.

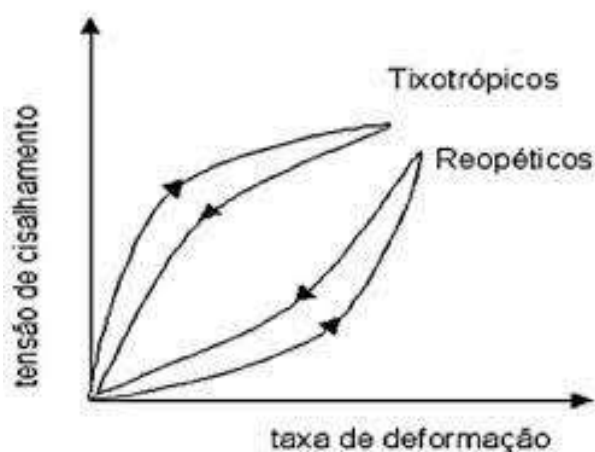
Os fluidos denominados tixotrópicos têm a diminuição da viscosidade em função do tempo a uma taxa de deformação fixa. O cisalhamento do material “desprende” partículas

ligadas, sucedendo à uma menor resistência do escoamento, e, assim, a viscosidade decresce com o tempo até um valor constante ser alcançado (MCCLEMENTS, 2005^a). A atribuição de tixotropismo pode ser dada pela presença de ligações de hidrogênio entre as micelas coloidais e que, rompidas pela agitação, voltam a se formar no sistema em repouso (SHARMA; MULVANEY; RIZVI, 2000). Como exemplos de alimentos com comportamento tixotrópico tem-se os géis de pectina, géis de alginato, gelatinas, cremes, manteigas e molhos para saladas (IZIDORO et al., 2007).

Fluidos reopéticos, ao contrário dos fluidos tixotrópicos, apresentam um aumento da resistência da estrutura durante a fase em que há tensão aplicada, e a consequente recuperação dessa viscosidade após a cessão da tensão aplicada (MACHADO, 2012). Dentre as razões para este comportamento, a mais relevante é que o cisalhamento acresce com a frequência das colisões entre as moléculas ou partículas dos fluidos, que pode levar à um aumento de agregados e consequentemente um aumento na viscosidade aparente (MCCLEMENTS, 2005^b). Este efeito não é comum em alimentos, mas pode ser encontrado em soluções de amido altamente concentradas (SHARMA; MULVANEY; RIZVI, 2000).

Na Figura 6 é representado o comportamento reológico de fluidos não newtonianos dependentes do tempo, sendo possível observar os fenômenos de tixotropia e reopetia.

Figura 6 - Curvas de escoamento para fluidos não newtonianos dependentes do tempo

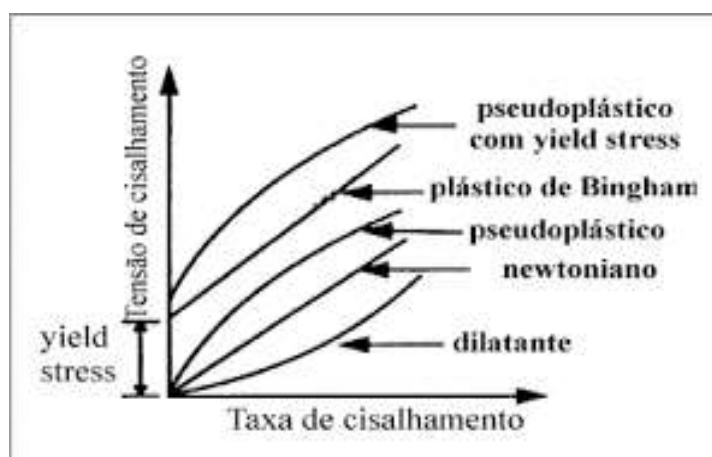


Fonte: Freire (2012)

3.8.2. Fluidos não newtonianos independentes do tempo

Fluidos não-newtonianos podem ainda ser classificados de acordo com a maneira com que a viscosidade aparente varia com a taxa de deformação, ou seja, se ela aumenta ou diminui com o aumento da taxa de deformação (TONELI; MURR; PARK, 2005). Essa classificação divide-se em três grupos principais: fluido de Bingham, pseudoplástico e dilatante (SHARMA; MULVANEY; RISVI, 2000). Na Figura 7 é apresentada a variação da tensão de cisalhamento com a taxa de deformação para fluidos não newtonianos com comportamento independente do tempo.

Figura 7 - Diagrama reológico para fluidos não newtonianos independentes do tempo



Fonte: Sharma; Mulvaney; Rizvi (2000)

Os fluidos pseudoplásticos têm como característica a diminuição da viscosidade aparente com o aumento da tensão de cisalhamento independentemente do tempo de aplicação da força; o fluido volta a ter seu valor de viscosidade inicial quando a força é cessada (MELO et al., 2014). Esses fluidos apresentam um estado desordenado quando em repouso, e, ao aplicar uma tensão de cisalhamento, suas moléculas tendem a se orientar na direção da força aplicada. Quanto maior a tensão aplicada, maior será a ordenação e, conseqüentemente, a viscosidade aparente será menor (HOLDSWORTH, 1971).

Os fluidos plásticos de Bingham necessitam de uma tensão de cisalhamento inicial para que haja um fluxo ou movimentação do material pois apresentam resistência inicial ao escoamento. Uma vez atingida essa tensão, o fluido passa a apresentar um comportamento newtoniano. Abaixo do ponto de escoamento, o fluido apresenta propriedades elásticas se comportando como um sólido (CHHABRA; RICHARDSON, 2008).

Já os fluidos dilatantes, têm seu comportamento dado quando a viscosidade aparente do fluido aumenta à medida que se eleva a taxa e/ou a tensão de cisalhamento. Sua reação é líquida em baixas tensões de cisalhamento, mas podem se tornar tão rígidos quanto um sólido quando submetidos a tensões de cisalhamento elevadas (CHHABRA; RICHARDSON, 2008).

3.9 Modelos reológicos

A descrição do comportamento reológico dos materiais é feita através de modelos que relacionam como a tensão de cisalhamento varia com a taxa de deformação. Os modelos reológicos podem relacionar propriedades reológicas de um fluido com grandezas práticas como concentração, temperatura, pH e índice de maturação. Dentre os modelos matemáticos existentes, alguns dos mais aplicados para alimentos são: Ostwald-De-Waele (Lei da Potência), representado pela Equação 3, Herschel-Bulkley, representado pela Equação 4, Sisko, representado pela Equação 5 e Plástico de Bingham, representado pela Equação 6 (TONELI; MURR; PARK, 2005), como apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Modelos matemáticos para o comportamento reológico de fluidos

Modelo matemático		
Ostwald de Waele ou Lei da Potência	$\tau = K\dot{\gamma}^n$	3
Herschel-Bulkley	$\tau = \tau_0 + K\dot{\gamma}^n$	4
Sisko	$\eta_a = \eta_a + \eta_\infty + K\dot{\gamma}^{n_s-1}$	5
Bingham	$\tau = \tau_0 + \mu_B\dot{\gamma}$	6

Em que: τ é a tensão de cisalhamento, em Pa; τ_0 é a tensão de cisalhamento inicial, em Pa; $\dot{\gamma}$ é a taxa de deformação, em s^{-1} ; μ é a viscosidade, em Pa·s; μ_B é a viscosidade de Bingham, em Pa·s. η_a é a viscosidade aparente, em Pa·s; η_∞ é a viscosidade a uma taxa de deformação infinita, em Pa·s; K , n , n_s são as constantes reológicas (índices de comportamento e consistência dos fluidos).

Fonte: Autoria própria (2022)

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Obtenção de matérias primas

As bananas, os abacaxis e o açúcar foram adquiridos em comércio local de Foz do Iguaçu – PR em agosto de 2022. O ácido cítrico e a pectina de alto teor de metoxilação foram fornecidos pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Medianeira.

4.2 Procedimentos metodológicos

4.2.1 Produção das geleias

Os frutos adquiridos foram selecionados e lavados em água corrente com detergente neutro, sendo em seguida imersos durante 5 minutos em água com 200 mg L⁻¹ de hipoclorito de sódio (pH 6,5), a fim de remover resíduos da colheita e microrganismos aderidos à superfície dos frutos. Em seguida, as frutas foram enxaguadas em água corrente e secas com papel absorvente.

Após o processo de sanitização, as frutas foram descascadas e pesadas nas proporções de 800 g de abacaxi para 800 g de açúcar. As cascas de banana foram cozidas por 20 minutos na proporção de 10 L de água para cada kg de casca. Em seguida foram escorridas e pesou-se a quantidade adequada para cada formulação.

Foram desenvolvidas três formulações de geleias, como apresentado na Tabela 3: F1 (geleia com 20% de casca de banana), F2 (geleia com 30% de casa de banana) e F3 (geleia extra).

O tempo de cozimento das cascas foi definido em testes preliminares, tendo sido selecionado aquele em que a trituração no liquidificador foi facilitada quando do preparo das geleias. As porcentagens de adição de casca de banana nas geleias de abacaxi também foram definidas em testes preliminares, sendo selecionadas as formulações em que não foi verificada alteração visual sensível nas características sensoriais da geleia de abacaxi, tais como cor, sabor e aroma e em sua espalhabilidade.

Tabela 3 - Formulações das geleias produzidas

Formulações	Pectina	Casca de banana	Polpa de abacaxi	Açúcar	Ácido cítrico
F1	-	20%	50%	50%	0,65%
F2	-	30%	50%	50%	0,65%
F3	1%	-	50%	50%	0,65%

Fonte: Autoria própria (2022)

Na geleia extra foram adicionados 8 g de pectina (1% p/p sobre a massa do açúcar) e para as geleias com substituição da pectina por casca de banana, utilizou-se 160 g de casca para proporção de 20% (p/p sobre a massa de açúcar) e 240 g de casca para 30% (p/p sobre a massa de açúcar). O abacaxi foi triturado em liquidificador industrial juntamente com a casca de banana. Na produção da geleia extra com 1% (p/p sobre a massa de açúcar) de pectina, apenas o abacaxi foi triturado.

Os ingredientes das três formulações foram levados à cocção até levantar fervura. Adicionou-se 5,2 g de ácido cítrico (0,65% p/p sobre a massa de açúcar) às formulações ao final do processo de cocção. A pectina da formulação da geleia extra foi adicionada na mistura após a dissolução no açúcar.

A cocção das geleias foi realizada até atingirem 62 °Brix, medidos com refratômetro portátil (RT – 280, Instrutherm, Brasil), sendo em seguida acondicionadas em potes de vidro de 250 mL, previamente esterelizados.

4.3 Análises físico-químicas das geleias

As análises físico-químicas foram realizadas em triplicata para as três formulações, sendo estas: pH, acidez titulável e teor de sólidos solúveis, seguindo as normas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), e atividade de água (a_w) e cor instrumental.

O pH foi determinado em pH-metro digital (PHS 3, Bel Engineering, Itália). Para determinar a acidez titulável, 5 g de amostra foram homogeneizados em 50 mL de água em um erlenmeyer, ao qual se adicionou 4 gotas de fenolftaleína e em seguida, a solução foi titulada com hidróxido de sódio a 0,1 M. O teor de sólidos solúveis (°Brix) foi analisado com refratômetro de bancada HI96803 (Hanna Instruments, Itália) calibrado.

As análises de atividade de água foram realizadas com auxílio do equipamento medidor de atividade de água AquaLab 4TE (Decagon Devices, EUA) a 25 °C.

A medição da cor foi realizada em colorímetro Minolta (Chroma meter CR-300, Konica Minolta, Japão) usando o sistema L^* , a^* , b^* . Os parâmetros de cor avaliados foram: luminosidade L^* (100 para branco e 0 para preto); e coordenadas de cromaticidade do sistema CIE/LAB: a^* , (-) para verde e (+) para vermelho; b^* , (-) para azul e (+) para amarelo; com iluminante D65 e 10° de ângulo de leitura.

4.4 Avaliação estatística das análises físico-químicas

Os resultados das análises físico-químicas foram expressos como média \pm desvio padrão e a diferença estatística entre as médias obtidas foi verificada utilizando ANOVA e teste de Tukey ao nível de 5% de significância utilizando o *software* LibreOffice.

4.5 Análises reológicas e modelagem matemática

As análises reológicas foram conduzidas em um viscosímetro rotacional de cilindros concêntricos da marca Brookfield (Middleboro – MA, USA; Figura 8), modelo LVDV – III ULTRA. Foi utilizado o spindle SCA – 25 para a determinação da viscosidade das amostras de geleia com variação da velocidade de rotação.

Os dados da tensão de cisalhamento em função da taxa de cisalhamento foram modelados utilizando os modelos apresentados na Tabela 2, permitindo prever o comportamento reológico das geleias.

O viscosímetro foi calibrado para permitir a variação da tensão de cisalhamento e taxa de cisalhamento com a variação da velocidade de subida e logo após de descida, sendo escolhido um passo de 30 segundos entre uma leitura e outra. As medidas foram feitas na temperatura de 25 °C usando-se banho termostático Bio Termo 10 (7 Lab, Brasil) com circulação de água para seu controle.

Para cada taxa de deformação, as curvas crescentes e decrescentes tiveram duração de 2 minutos, sendo coletados 4 valores de tensão de cisalhamento. Utilizou-se variação da taxa de deformação de 0 a 33 s⁻¹. Para cada curva obtiveram-se 38 pontos de tensão de cisalhamento, cujas médias foram calculadas para cada valor de taxa.

Figura 8 - Viscosímetro rotacional de cilindros concêntricos



Fonte: Brookfield (2022)

Os dados experimentais foram ajustados de acordo com os modelos reológicos apresentados, previamente na Tabela 2, sendo eles: Ostwald de Waelle ou Lei da Potência, Herschel-Bulkley, Sisko, e Bingham, para representar o comportamento reológico das suspensões das geleias.

Os parâmetros reológicos foram obtidos por meio de regressão não-linear, com auxílio do software STATISTICA 7.0 que utiliza o método dos quadrados mínimos (Levenberg-Marquadt) para ajustar os dados experimentais aos modelos propostos, utilizando-se critério de convergência de $1 \cdot 10^{-6}$.

O ajuste dos dados experimentais aos modelos foi avaliado com base nos parâmetros reológicos: tensão inicial (σ_0), índice de comportamento (n) e coeficiente de consistência (K) dos fluidos; e nos parâmetros estatísticos apresentados na Tabela 4: erro médio relativo (P , Equação 7), *Bias factor* (B_f , Equação 8) e erro padrão da média (SE , Equação 9).

O *bias factor* (B_f) avalia o acordo global entre os valores observados e preditos, verificando se tais predições encontram-se acima ou abaixo da linha de equivalência e seu valor deve ser próximo de zero (BETTS; WALKER; STEELE, 2004). O erro médio relativo indica o erro relativo das predições e valores abaixo de 10% são indicativos de um ajuste razoável para fins práticos (KROKIDA; MARINOS-KOURIS, 2003). De acordo com Rudy et al. (2015),

valores baixos de $RMSE$ e R^2 próximo a 1,0 denotam um bom ajuste dos dados experimentais aos modelos.

Tabela 4 - Parâmetros estatísticos para avaliação do ajuste dos dados experimentais aos modelos propostos

Parâmetros estatísticos		
P	$\frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{ y_m - y_c }{y_m}$	7
B_f	$10 \left \frac{\sum \log \frac{y_c}{y_m}}{n} \right $	8
SE	$\left(\frac{\sum (y_m - y_c)^2}{n - 1} \right)^{1/2}$	9

Em que: y_m é o valor experimental, y_c é o valor predito pelo modelo; n é o número de observações experimentais.

Fonte: Autoria própria (2022)

Os parâmetros estatísticos para verificação do ajuste dos modelos reológicos aos dados experimentais foram calculados utilizando o LibreOffice.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análises Físico-Químicas

Na Tabela 5 encontram-se os resultados das análises físico-químicas para as três formulações de geleia de abacaxi produzidas.

Tabela 5 - Características físico-químicas das formulações de geleia de abacaxi

Formulações	Teor de sólidos solúveis (°Brix)	Acidez titulável (g de ácido cítrico 100 g ⁻¹ polpa)	Atividade de água (<i>aw</i>)	pH
F1	59,2 ^a ± 0,2	0,57 ^a ± 0,07	0,88 ^a ± 0,009	3,27 ^{a, b} ± 0,05
F2	59,67 ^a ± 1,7	0,63 ^a ± 0,2	0,88 ^a ± 0,004	3,44 ^a ± 0,1
F3	62,03 ^a ± 1,5	0,58 ^a ± 0,05	0,87 ^a ± 0,01	3,01 ^b ± 0,05

F1 – formulação com substituição da pectina por 20% de casca de banana (sobre a massa de açúcar); F2 – formulação com substituição da pectina por 30% de casca de banana (sobre a massa de açúcar); F3 – geleia extra, com 1% de pectina (sobre a massa de açúcar). Médias marcadas com letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente entre si ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

Fonte: Autoria própria (2022)

Segundo a Resolução nº 12, de 1978 da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos (BRASIL, 1978), o teor mínimo de sólidos solúveis em geleias extras deve ser de 65% p/p. Estatisticamente, não houve diferença significativa no teor de sólidos solúveis das formulações, porém os valores encontrados foram inferiores aos estabelecidos pela legislação brasileira (BRASIL, 1978). Esse fato está possivelmente relacionado ao tempo reduzido de cocção da geleia, sendo necessário apontar que durante a cocção a medida do teor de sólidos solúveis foi realizada com refratômetro portátil, cujas leituras revelaram-se incorretas após o esfriamento das formulações e leitura do teor de sólidos solúveis em refratômetro de bancada. No presente trabalho, os teores de sólidos solúveis das geleias inferiores ao preconizado na legislação resultaram de falha no equipamento de acompanhamento da cocção.

Em trabalho realizado por Barros et al. (2019), os autores encontraram uma variação de 67 a 71 °Brix ao avaliar formulações de geleia de abacaxi com canela produzidas com diferentes variedades de açúcares. Ruaro (2015) elaborou geleia de abacaxi com mucilagem de chia e obteve teores de sólidos solúveis entre 67,8 a 70,2. Segundo Gava, Silva e Frias (2008),

a geleia com teor de sólidos solúveis na faixa de 67,5 apresenta uma rigidez ótima. A partir dos valores de sólidos solúveis encontrados para as formulações padrão e com adição de casca de banana, é possível inferir que as geleias ficaram mais fluidas (menos rígidas) se comparadas com a literatura.

Para a acidez titulável também não houve diferença estatística dentre as formulações, variando de 0,57 a 0,63. Jackix (1988) recomenda que a acidez não ultrapasse 0,8% e Albuquerque (1997) afirma que, em geral, geleias podem apresentar acidez entre 0,3 e 0,6%. Em trabalho realizado por Pereira et al. (2015), foi encontrado em geleia de abacaxi tipo pérola 0,24% de acidez. Silva et al. (2019), encontraram valores de até 0,82% em geleia de abacaxi enriquecida com diferentes concentrações de hibisco. Com isso, é possível notar que não houve influência da adição de diferentes concentrações de casca de banana em relação aos valores de acidez da geleia, que poderia resultar em seu aumento devido ao teor de ácidos orgânicos presentes na casca de banana (NERIS et al., 2018; RANIERI; DELANI, 2014).

É possível observar a partir dos dados da Tabela 5 que a formulação com maior concentração de casca de banana apresentou pH significativamente maior que as demais. No fruto, os valores de pH tendem a diminuir com o amadurecimento, devido às reações enzimáticas e/ou químicas que podem ocorrer na casca da banana (NERIS et al., 2018). O aumento do pH nas amostras divergiu do esperado, já que a casca da banana contém ácidos orgânicos (NERIS et al., 2018; RANIERI; DELANI, 2014) que resultariam em redução do pH das amostras com o aumento da adição do resíduo na formulação. Possivelmente, como as cascas de banana foram trituradas para sua utilização, a dissolução dos ácidos orgânicos na fase aquosa não foi completa durante a análise, enquanto a de outros compostos de menor acidez, sim, resultando nessa divergência. No entanto, os pHs encontrados estão dentro do padrão estabelecido pela RDC nº 272 (BRASIL, 2005) que permite valores de pH até 4,5 para geleias de frutas. Albuquerque (1997) afirma que o pH ideal para geleias deve estar entre 3,0 e 4,0 e que quando o pH for maior poderá ocorrer a sinérese. Ferdous e Alim (2018) obtiveram pH médios de 4,21 para geleias de abacaxi, superiores aos encontrados no presente trabalho, mesmo para a formulação sem a substituição da pectina por casca de banana. Conforme Oliveira et al. (2009), valores de pH acima ou abaixo daqueles considerados excelentes (3,0 e 3,2) tendem à diminuição da consistência devido a reações hidrolíticas de carboidratos.

Os valores encontrados para a atividade de água (a_w) tiveram uma variação mínima de 0,87 (geleia extra) a 0,88 (geleias com substituição da pectina por 20% e 30% de casca de banana), sendo considerados satisfatórios e dentro do limite permitido, que deve ser menor que

0,95 para geleias (PIMENTEL; FILGUEIRAS; ALVES, 2002). Assis et al. (2007) e Reis et al. (2009) encontraram valores inferiores ao do presente trabalho ao estudarem geleias de caju e de pimenta, respectivamente, com atividade de água abaixo de 0,8. Este fator pode ser associado ao teor de sólidos solúveis totais, uma vez os autores obtiveram valores de 70 e 74 °Brix, respectivamente, e os valores encontrados no trabalho foram inferiores a 62%, o que significa maior concentração de água disponível no produto.

Os parâmetros de cor das geleias elaboradas estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Componentes colorimétricos das geleias de abacaxi elaboradas

Formulações	L*	a*	b*
F1	28,4 ^b ±0,27	0,23 ^a ±0,83	7,97 ^b ±0,72
F2	25,77 ^c ±0,14	-1,27 ^b ±0,41	9,86 ^a ±0,36
F3	36,44 ^a ±0,29	-3,23 ^c ±0,41	6,78 ^c ± 0,4

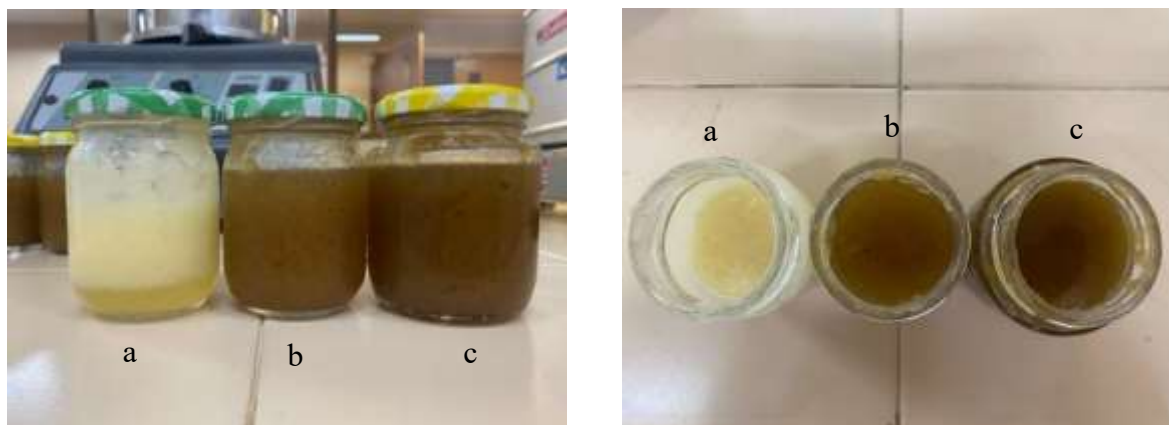
F1 – formulação com substituição da pectina por 20% de casca de banana (sobre a massa de açúcar); F2 – formulação com substituição da pectina por 30% de casca de banana (sobre a massa de açúcar); F3 – geleia extra, com 1% de pectina (sobre a massa de açúcar). Médias marcadas com letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente entre si ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

Fonte: A autoria própria (2022)

A Tabela 6 mostra que houve variação significativa na cor das amostras para todos os componentes colorimétricos. A luminosidade varia de 0 (preto) a 100 (branco). Os valores encontrados nas formulações variaram de 25,77 a 36,55, sendo que F2 apresentou L* significativamente menor que das demais amostras (25,77± 0,14), podendo ser considerada a mais escura; enquanto F3, geleia extra, foi a mais clara, com L* = 36,44 ± 0,29.

Valores de a* mais positivos indicam tendência à coloração vermelha e mais negativos, à coloração verde. É possível afirmar que F3 (-3,23 ± 0,41) e F2 (-1,27± 0,41) são menos vermelhas (ou mais verdes) que F1 (0,23 ± 0,83). Já os valores de b* mais positivos expressam maior intensidade de amarelo e mais negativos, maior intensidade de azul. As geleias apresentaram valores positivos de b*, com coloração amarela. Essas considerações podem ser corroboradas visivelmente a partir da Figura 9.

Figura 9 - Aspecto visual das três formulações de geleia



a – formulação extra, com 1% de pectina (sobre massa de açúcar); b - formulação com substituição da pectina por 20% de casca de banana (sobre a massa de açúcar); c - formulação com substituição da pectina por 30% de casca de banana (sobre a massa de açúcar).

Fonte: Autoria própria (2022)

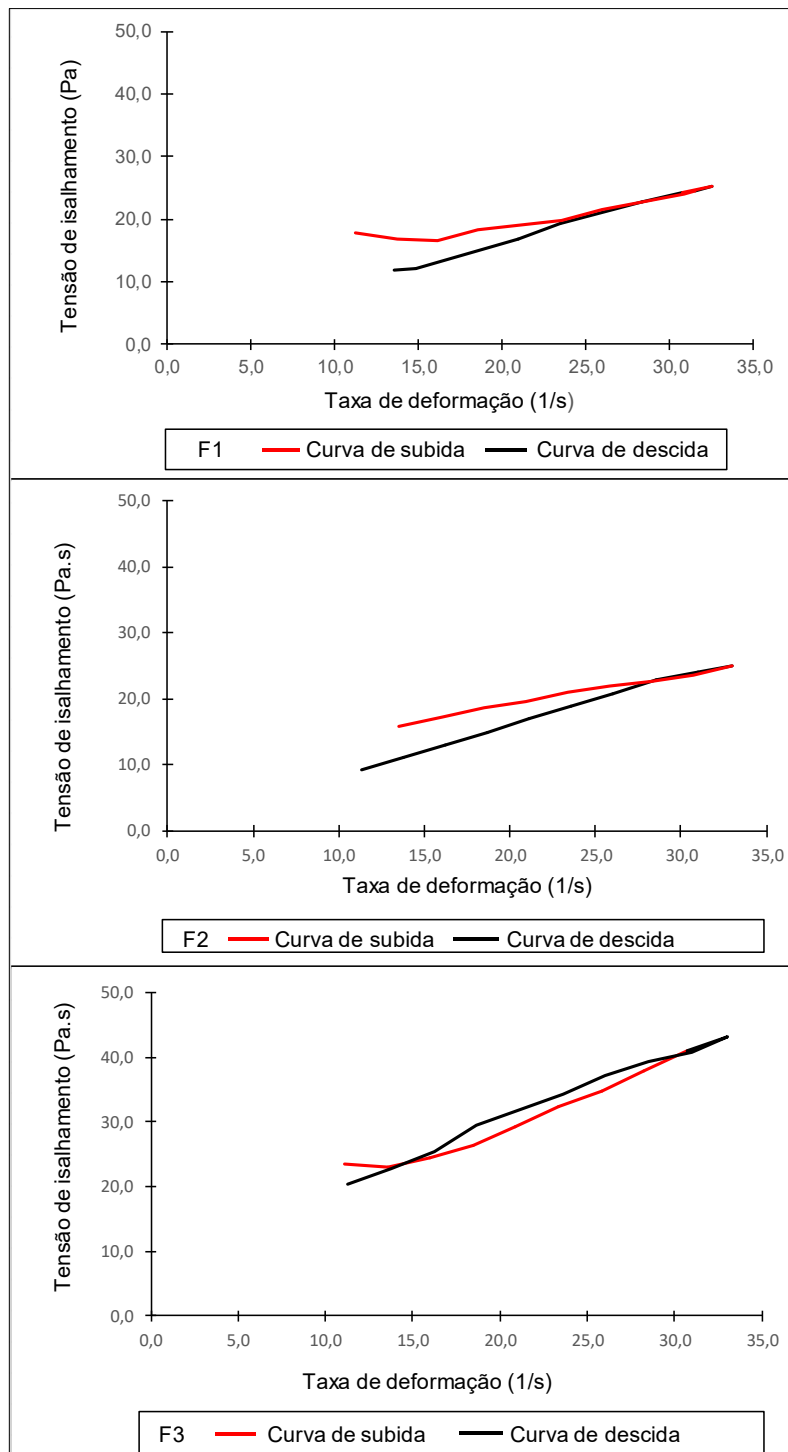
5.2 Comportamento reológico

Estão apresentadas na Figura 10 as curvas da variação da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para cada formulação: F1 (20% de casca de banana), F2 (30% de casca de banana) e F3 (geleia extra).

Não foi observada diferença entre os resultados das triplicatas das curvas crescentes (taxa de cisalhamento de $0 - 33\text{s}^{-1}$) e decrescentes (taxa de cisalhamento de $33 - 0\text{s}^{-1}$) para cada formulação, sendo considerados e apresentados na Figura 10 os valores das médias de subida e descida.

Nota-se que, independentemente do uso da pectina ou da casca de banana como agente gelificante, todas as amostras de geleia analisadas apresentaram comportamento de fluidos não newtoniano, uma vez que tensão de cisalhamento inicial é verificada e, ainda, não foi observada relação linear para as curvas de tensão de cisalhamento *versus* taxa de deformação das amostras, tanto na subida quanto na descida (Figura 10).

Figura 10 - Reogramas para as formulações de geleia de abacaxi



F1 - formulação com substituição da pectina por 20% de casca de banana (sobre a massa de açúcar); F2 - formulação com substituição da pectina por 30% de casca de banana (sobre a massa de açúcar); F3 - formulação extra, com 1% de pectina (sobre massa de açúcar).

Fonte: Autoria própria, 2022

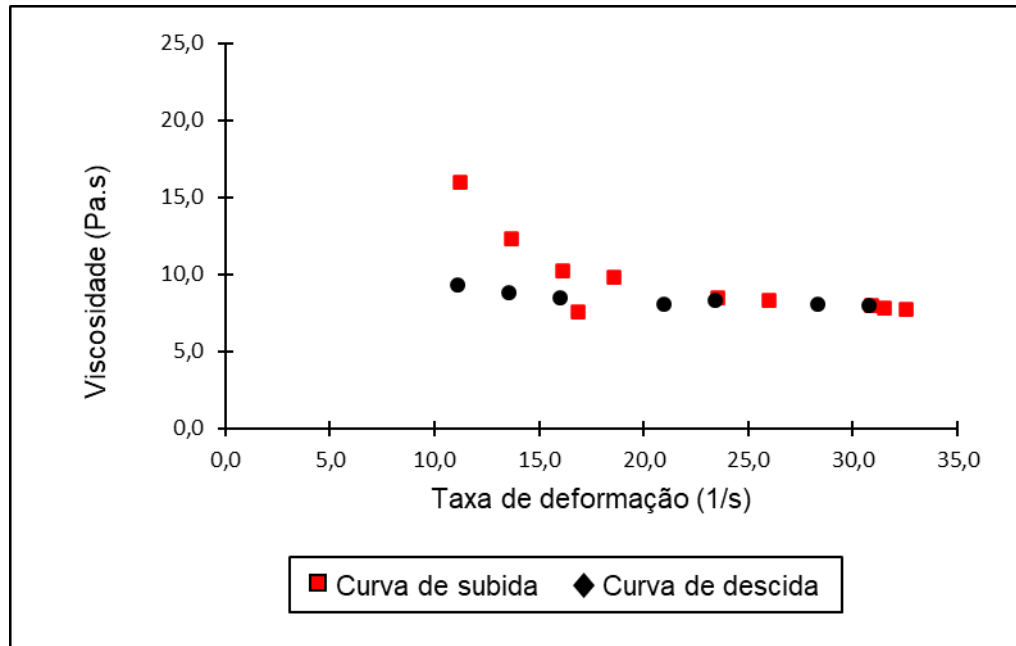
A classificação de fluidos não newtonianos pode ser corroborada pelas Figuras 11, 12 e 13, que apresentam a diminuição da viscosidade em função do aumento da taxa de

cisalhamento (SCHRAMM, 2006). Porém, após atingirem o valor da tensão de cisalhamento inicial o fluido se comporta como fluido newtoniano, é notável uma variação significativa das viscosidades no início do escoamento, mas torna-se constante conforme o fluxo do fluido. Os maiores valores para a viscosidade foram encontrados em F3 (extra) para a rampa de subida, e os menores valores em F1 (20% de casca de banana) para a rampa de subida. Alpaslan e Hayta (2002) asseguram que o decréscimo na viscosidade aparente com a taxa de deformação é dado pela mudança estrutural da amostra devido a forças hidrodinâmicas geradas e ao maior alinhamento das moléculas na direção da tensão aplicada.

As Figuras 10, 11, 12 e 13 também demonstram que as curvas de subida são diferentes das curvas de descida, indicando que as formulações de geleia possuem um comportamento tixotrópico, já que a viscosidade das formulações diminuiu com a taxa de deformação, indicando afinamento conforme cisalhadas. Segundo Toneli, Murr e Park (2005) se a viscosidade aparente muda com o tempo, as curvas de ida e volta não seguem o mesmo caminho, resultando em histerese, como observado nas Figuras 10, 11, 12 e 13. Em parâmetros sensoriais, a influência da tixotropia pode ser avaliada como uma textura mais firme passando para fluida conforme sofrem cisalhamento (agitadas/misturadas). Considerando o transporte das formulações em tubulações, esse afinamento resultante do cisalhamento pode resultar em economia energética para essa operação.

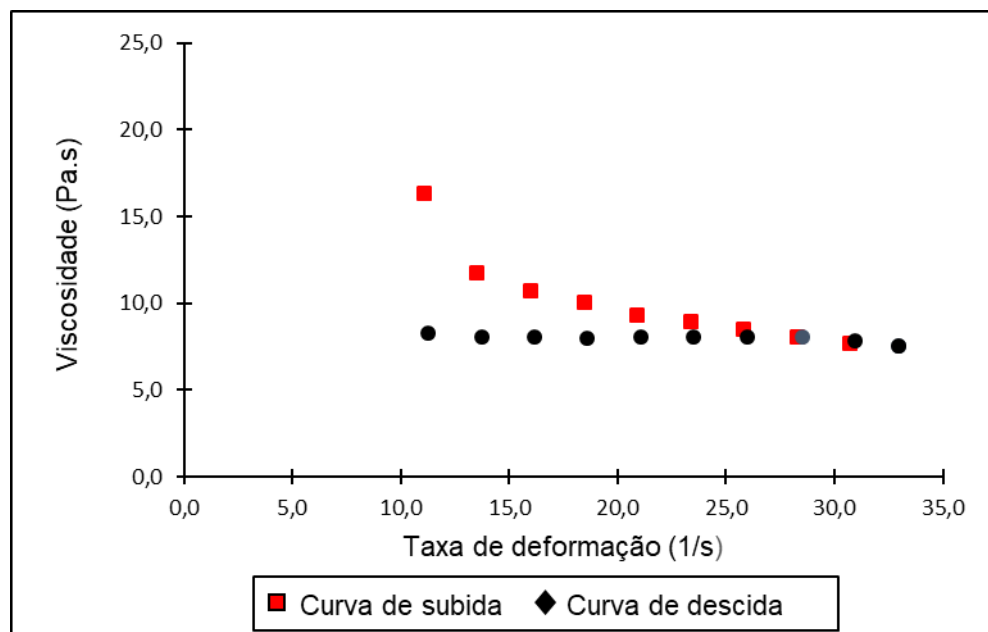
Tabilo-Munizaga e Barbosa-Cánovas (2005) descrevem o comportamento tixotrópico dos fluidos como a redução da resistência da estrutura dos alimentos durante o período em que uma tensão é aplicada, sendo a estrutura recuperada quando não há mais tensão aplicada ao fluido. Autores encontraram comportamento tixotrópico em fluidos como maionese (TIU; BHATTACHARYYA, 1974), ketchup (STEFFE, 1996) e leite condensado (PRENTICE, 1992). Sugai, Tadini e Tribess (2004) encontraram comportamento tixotrópico em purês de manga em elevadas temperaturas, e De Moura et al. (2008) descreveram a presença de tixotropia ao avaliarem o comportamento reológico de geleias e doces em massa *light* com adição de diferentes tipos de hidrocoloides.

Figura 11 - Viscosidade (Pa s) versus taxa de deformação (s^{-1}) para a formulação F1 (geleia com substituição de 20% de casca de banana)



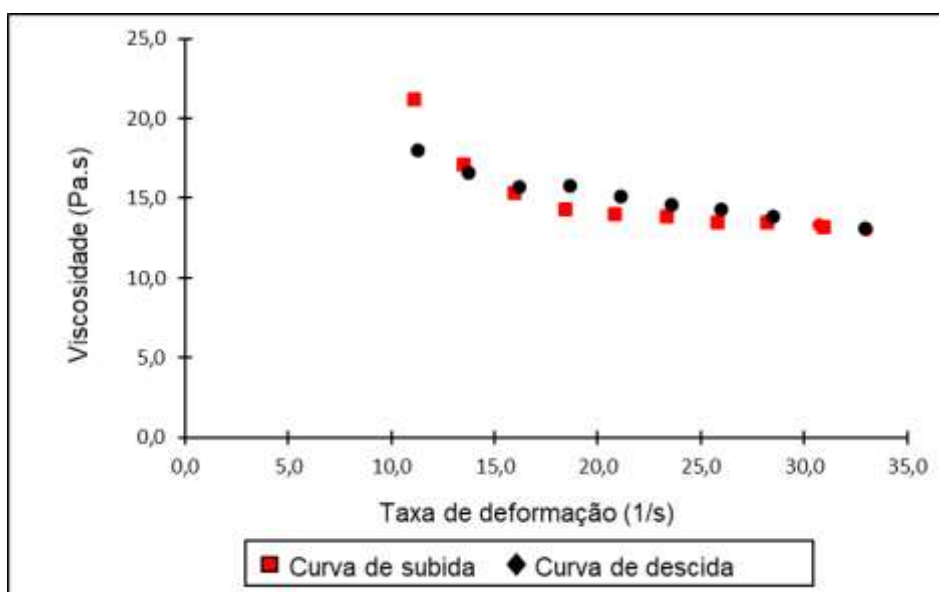
Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 12 - Viscosidade (Pa s) versus taxa de deformação (s^{-1}) para a formulação F2 (geleia com substituição de 30% de casca de banana)



Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 13 - Viscosidade (Pa s) versus taxa de deformação (s^{-1}) para a formulação F3 (geleia extra)



Fonte: Autoria própria (2022)

O comportamento reológico das geleias tanto na subida quanto na descida foi obtido a partir de regressão não-linear para quatro modelos reológicos, apresentados na Tabela 2, sendo que os que mais se ajustaram aos dados experimentais foram os modelos de Bingham e de Ostwald de Waelle (Lei da Potência) por terem apresentado maiores valores de R^2 . O modelo Plástico de Bingham descreve o comportamento de fluidos que só iniciam o processo de escoamento quando a tensão de cisalhamento aplicada supera uma tensão inicial, que é própria do material (VIDAL; GASPRETO; GRANDIN, 2000). O modelo de Ostwald de Waelle (Lei da Potência), segundo Branco (2001), é um modelo simples e de ampla aplicação tecnológica, geralmente utilizado para descrever o comportamento reológico de alimentos.

A Tabela 7 apresenta os valores dos parâmetros dos modelos e os valores de R^2 . Verifica-se na Tabela 7 que os ajustes para o modelo de Bingham mostraram-se mais satisfatórios tanto para subida quanto para descida, em que $\tau_0 \neq 0$. Na prática, isto significa que o fluido não escoar logo que a força é aplicada, sendo necessária uma força de certa magnitude para que o fluido comece a escoar (ARNEY et al., 1993). A Tabela 7 também apresenta os valores dos parâmetros do modelo de Ostwald de Wealle (Lei da Potência), em que é notável nas curvas de descida para as três formulações valores satisfatórios para R^2 , sendo superiores aos encontrados para o modelo de Bingham.

Tabela 7 - Parâmetros do modelo de Bingham e Oswald de Waelle para as formulações de geleia e R^2 do ajuste dos dados experimentais aos modelos

Modelo	Formulação		Parâmetros		
			μ	τ_0	R^2
Bingham	F1	1	4,246	106,580	0,894
		2	7,259	18,596	0,993
	F2	1	3,813	118,370	0,916
		2	7,475	10,010	0,995
	F3	1	9,862	97,354	0,971
		2	10,606	87,426	0,993
Oswald de Waelle	F1		K	n	R^2
		1	56,362	0,414	0,799
	2	12,261	0,867	0,990	
	F2	1	64,800	0,372	0,850
		2	9,275	0,950	0,998
	F3	1	46,169	0,624	0,932
2		35,093	0,719	0,997	

F1 – formulação com substituição da pectina por 20% de casca de banana (sobre a massa de açúcar); F2 – formulação com substituição da pectina por 30% de casca de banana (sobre a massa de açúcar); F3 – geleia extra, com 1% de pectina (sobre a massa de açúcar). 1 – representa rampa de subida; 2 – representa a rampa de descida.

Fonte: Autoria própria (2022)

Para verificação do ajuste dos dados experimentais aos modelos reológicos de Bingham e Ostwald de Waelle foram calculados outros parâmetros estatísticos: erro médio padrão (SE), erro médio relativo (P) e *Bias fator* (B_f), apresentados na Tabela 8.

Ao comparar os resultados, é possível observar que o modelo de Bingham foi o que melhor representou os dados experimentais do comportamento reológico das formulações de geleia, já que SE apresenta valores próximos a 1, B_f próximo a 0 e $P < 10\%$. Os melhores ajustes foram observados para a rampa de descida de F2 ($SE = 1,88$; $P = 1,33$; $B_f = 0,014$) e de F3 ($SE = 1,09$; $P = 1,90$; $B_f = 0,007$), sendo que os valores dos parâmetros do modelo corroboraram a tixotropia encontrada nas curvas de viscosidade *versus* taxa de deformação, Figuras 11, 12 e 13. Bourne (1982) retratou que alimentos como purê de batata, mostarda e catchup apresentaram comportamento binghamiano.

Para o modelo de Oswald de Waelle os valores dos parâmetros estatísticos extrapolaram a recomendação para ajuste, apontando que o referido modelo não representou adequadamente os dados experimentais.

Tabela 8 - Parâmetros estatísticos para verificação do ajuste dos dados experimentais aos modelos de Bingham e Oswald de Waelle

Modelo	Formulação		Parâmetros		
			<i>SE</i>	<i>P</i>	<i>B_f</i>
Bingham	F1	1	3,91	5,04	0,004
		2	4,38	1,97	0,038
	F2	1	1,20	3,17	-0,003
		2	1,88	1,36	0,014
	F3	1	1,43	3,42	-0,006
		2	1,09	1,90	0,007
Oswald de Waelle	F1	1	633,72	100,00	-4,488
		2	528,70	100,00	-44,158
	F2	1	641,24	100,00	-49,195
		2	557,88	100,19	-27,366
	F3	1	997,39	100,0	-39,763
		2	1025,24	99,99	-39,948

F1 – formulação com substituição da pectina por 20% de casca de banana (sobre a massa de açúcar); F2 – formulação com substituição da pectina por 30% de casca de banana (sobre a massa de açúcar); F3 – geleia extra, com 1% de pectina (sobre a massa de açúcar). 1 – Representa rampa de subida; 2 – Representa a rampa de descida.

Fonte: Aatoria própria (2022)

6. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos demonstraram que, nas condições estudadas, a casca de banana apresenta potencial para substituir a pectina em geleias de abacaxi, uma vez que a sua substituição não resultou em diferença significativa para acidez e atividade de água cujos valores apresentaram-se dentro de limites estabelecidos. O pH das formulações com maior percentual de casca de banana foi significativamente maior que o das demais amostras, comportamento não usual, já que esse subproduto apresenta ácidos orgânicos. No entanto, esses valores encontram-se dentro do estabelecido pela legislação vigente. O tempo de cocção das geleias foi insuficiente para que elas atingissem o teor de sólidos solúveis preconizado pela legislação.

A avaliação do comportamento reológico das geleias comprovou características de fluido não newtoniano e tixotropia para todas as formulações, indicando que a substituição da pectina por casca de banana não alterou essa característica tecnológica dos produtos. A tixotropia é indicativo de que durante o escoamento das geleias ocorre afinamento.

Dentre os avaliados, o modelo de plástico de Bingham foi o que melhor representou o comportamento reológico das geleias, indicando que uma força inicial deve ser vencida para que as amostras iniciem seu escoamento, sendo que, uma vez superado esse valor as geleias escoam como fluidos newtonianos.

A partir dos resultados, conclui-se que a casca de banana apresenta potencial para substituição da pectina em geleias, podendo melhorá-las nutricionalmente, devido ao alto teor de fibras e presença de compostos bioativos nesse resíduo agroindustrial.

Para trabalhos futuros, sugere-se a produção de formulações com maior concentração de casca de banana e avaliação do teor de fibras e de compostos bioativos das formulações, assim como a realização de análise sensorial.

REFERÊNCIAS

- ADETUNJI, L. R.; ADEKUNLE, A.; ORSAT, V.; RAGHAVAN, V. Advances in the pectin production process using novel extraction techniques: A review. **Food Hydrocolloids**, v. 62, p. 239-250, 2017.
- ALBUQUERQUE, J. P. Fatores que influem no processamento de geléias e geleadas de frutas. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 31, n. 1, p. 62-67, 1997.
- ALMEIDA, R. L. J.; SANTOS, N. C.; PEREIRA, T. S.; SILVA, V. M. A.; CAVALCANTE, J. D. A.; PINHEIRO, W. S.; RIBEIRO, V. H. D. A.; SANTOS, I. A. S.; BARROS, E. R.; MUNIZ, C. E. D. S. Composição centesimal e comportamento reológico do extrato de aveia (*Avena sativa*). **Research, Society and Development**, v. 9, n. 3, p. e31932329-e31932329, 2020.
- ALPASLAN, M.; HAYTA, MEHMET. Rheological and sensory properties of pekmez (grape molasses)/tahin (sesame paste) blends. **Journal of Food Engineering**, v. 54, n. 1, p. 89-93, 2002.
- ARNEY, M. S.; BAI, R.; GUEVARA, E.; JOSEPH, D. D.; LIU, K. Friction factor and holdup studies for lubricated pipelining—I. Experiments and correlations. **International Journal of Multiphase Flow**, v. 19, n. 6, p. 1061-1076, 1993.
- ASSIS, M. M. M.; MAIA, G. A.; FIGUEIREDO, E. A. T.; FIGUEIREDO, R. W.; MONTEIRO, J. C. S. Processamento e estabilidade de geleia de caju. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 38, n. 1, p. 46-51, 2007.
- ASSIS, S. T. G. **Exclusão de pessoas com deficiência no mercado de trabalho no estado do Pará**. 313p. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2017.
- ATMODJO, M. A.; HAO, Z.; MOHEN, D. Evolving views of pectin biosynthesis. **Annual Review of Plant Biology**, v. 64, n. 1, p. 747-779, 2013.
- BANERJEE, J.; SINGH, R.; VIJAYARAGHAVAN, R.; MACFARLANE, D.; PATTI, A. F.; ARORA, A. Bioactives from fruit processing wastes: Green approaches to valuable chemicals. **Food Chemistry**, v. 225, p. 10–22, 2017.
- BAPTISTELLA, C.S.L.; COELHO, P.J.; GHOBIL, C.N. **A Bananicultura no Estado de São Paulo: 2014 a 2018**. Instituto de Economia Agrícola (IEA). 2019. Disponível em: <<http://www.iea.agricultura.sp.gov.br/out/LerTexto.php?codTexto=14716>>. Acesso em: 15 set. 2022.

- BARNES, H. A.; HUTTON, J. F.; WALTERS, K. **An introduction to rheology**. Amsterdã: Elsevier, 1989.
- BARROS, S. L.; SILVA, W. P.; ARAÚJO, T. J.; SANTOS, N. C.; GOMES, J. P. Efeito da adição de diferentes tipos de açúcar sobre a qualidade físico-química de geleias elaboradas com abacaxi e canela. **Revista Principia**, v. 1, n. 45, p. 150-157, 2019
- BELLO-PEREZ, L.A.; AHMED, J.; LOBO, M.G. Chapter 8: Banana. In: SIDDIQ, M. (Ed.). **Tropical and Subtropical Fruits: Postharvest Physiology, Processing and Packaging**. New York: John Wiley & Sons, Inc, p. 135-157, 2012.
- BESBES, S.; DRIDA, L.; BLECKER, C.; DEROANNE, C.; ATTIA, H. Adding value to hard date (*Phoenix dactylifera* L.): compositional, functional and sensory characteristics of date jam. **Food Chemistry**, v. 112, p. 406-411, 2009.
- BETTS, G. D.; WALKER, S. J.; STEELE, R. Verification and validation of food spoilage models. In: STEELE, R (Org.). 1. ed. **Understanding and measuring the shelf-life of food**, v. 1, p. 184-217, 2004.
- BOURNE, M.C. **Food texture and viscosity: concept and measurement**. New York: Academic Press, p. 325, 1982.
- BRANCO, I. G. **Estudo do comportamento reológico de misturas ternárias com sucos de manga, laranja e cenoura**. 140p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.
- BRASIL, Ministério da Saúde. Resolução nº 12 de 24 de julho de 1978. **Normas Técnicas Especiais – Geleia de Frutas**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 24 de julho de 1978. Disponível em:
<https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cnmpa/1978/res0012_30_03_1978.html> Acesso em: 03 out. 2022.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução - RDC ANVISA/MS nº 65, de 04 de outubro de 2007. **Atribuição de aditivos alimentares, suas funções e seus limites máximos para geleias de frutas, vegetais, baixa caloria e mocotó**. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 4 out. 2007. Seção 1. Disponível em:
<https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2007/rdc0065_04_10_2007.html> Acesso em: 03 out. 2022.
- BRASIL. Ministério do Trabalho. **Norma Regulamentadora nº 25 (NR-25) - Resíduos industriais, 2011** (Área: Normas Regulamentadoras (NR) do Portal Valor Consulting).

Disponível em: <<https://www.valor.srv.br/artigo.php?id=948&titulo=norma-regulamentadora-25-nr25-residuos-industriais>>. Acesso em: 15 set. 2022.

BRASIL. Resolução RDC nº 272 de 22 de setembro de 2005. **Aprova o regulamento técnico para produtos de vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2005. Disponível em: <https://bvsmis.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0272_22_09_2005.html> Acesso em: 03 out. 2022.

BRAVERMAN, J. B. S.; BERK, Z. **Introduction to the Biochemistry of Foods**, Nova Iorque: Elsevier, 1976.

BROOKFIELD – Brookfield Engineering. **Laboratory Viscosimeters**. Middleborough, 2022. Disponível em: <<https://www.brookfieldengineering.com/products/viscometers/laboratory-viscometers>>. Acesso em: 03 de out. 2022.

CANTERI, M. H. G.; MORENO, L.; WOSIACKI, G.; SCHEER, A. de P. Pectina: da matéria-prima ao produto final. **Polímeros**, v. 22, p. 149-157, 2012.

CAPSON-TOJO, G.; ROUEZ, M.; CREST, M.; STEYER, J. P.; DELGENÈS, J. P.; ESCUDIÉ, R.; Dry Anaerobic digestion of food waste and cardboard at different substrate loads, solid contents and co-digestion proportions. **Environmental Science Biotechnology**, v. 15, p. 499–547, 2016.

CARVALHO, V. S. **Aproveitamento da casca de banana na elaboração de barras de cereais: avaliação dos compostos bioativos, características físicas e sensoriais**. 2015. 116 f. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, 2015.

CHHABRA, R.P.; RICHARDSON, J.F. Nonnewtonian Flow and Applied Rheology. **Engineering Applications**. Editora Butterworth-Heinemann/IChemE v. 2, p 517, 2008.

CHOOKLIN, C. S.; MANEERAT, S.; SAIMMAI, A. Utilization of banana peel as a novel substrate for biosurfactant production by Halobacteriaceae archaeon AS65. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 173, p. 624-645, 2014.

COSTA FILHO, D. V.; SILVA, A. J.; SILVA, P. A. P.; SOUSA, F. C. Aproveitamento de resíduos agroindustriais na elaboração de subprodutos. In: II Congresso Internacional das Ciências Agrárias COINTER-PDVAgro, 8., 2017. João Pessoa. **Anais eletrônicos...** João Pessoa: Instituto Internacional Despertando Vocações, 2017. Disponível em <<https://cointer-pdvagro.com.br/wp-content/uploads/2018/02/APROVEITAMENTO-DE->

[RES%C3%8DDUOS-AGROINDUSTRIAIS-NA-ELABORA%C3%87%C3%83O-DE-SUBPRODUTOS.pdf](#)>. Acesso em: 03 out. 2022.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L.; FENNEMA, O.R. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Dados eletrônicos. Porto Alegre: Editora Artmed, 900p., 2010.

DE MOURA, S. C.; VISSOTO, F. Z.; DE ALMEIDA, M. E. M.; FEFIM, D. A.

Comportamento reológico de soluções modelo de geleias e doces em massa *light*. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 2, n. 2, p. 165-174, 2008.

EMAGA, T. H.; ROBERT, C.; RONKART, S.B.; WATHELET, B.; PAQUOT, M. Dietary fibre components and pectin chemical features of peels during ripening in banana and plantain varieties. **Bioresource Technology**, v. 99, p. 4346-4354, 2008^a.

EMAGA, T.H. RONKART, S.N.; ROBERT, C.; WATHELET, B.; PAQUOT, M.

Characterization of pectins extracted from banana peels (*Musa spp*) under different conditions using a experimental design. **Food Chemistry**, v. 108, p. 463-471, 2008^b.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária. **Abacaxi em sistema orgânico registra produtividade superior ao convencional**. Cruz das Almas: EMBRAPA, 2021.

Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/61111785/abacaxi-em-sistema-organico-registra-produtividade-superior-ao-convencional>>. Acesso em: 25 set. 2022.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária. **Abacaxi**. Brasília:

EMBRAPA, 2022. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura/cultivos/abacaxi>>. Acesso em: 25 set. 2022.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária. **Banana**. Brasília:

EMBRAPA, 2019. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura/cultivos/banana>> Acesso em: 25 set. 2022.

FAAIJ, A.P.C. Bio-energy in Europe: Changing technology choices .In: **Energy Policy**.

London: University of Greenwich, 2006. v. 34. cap. 3. p. 322-342. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421504002435>>. Acesso em: 29 set. 2022.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT**. Roma: FAO, 2021. Disponível em: <<https://www.fao.org/markets-and-trade/commodities/bananas/en/>>.

Acesso em: 25 set. 2022.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT**. Brasil: FAO, 2019^a. Disponível em: <<https://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/1205347/>>.

Acesso em: 23 set. 2022.

- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT**. Roma: FAO, 2020. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 25 set. 2022.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT**. Roma: FAO, 2018. Disponível em: <<https://www.fao.org/economic/est/est-commodities/oilcrops/bananas/bananafacts/en/#.Y3ZzJXbMLIU>>. Acesso em: 20 set. 2022.
- FAO – Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação. **FAO prevê fortes perspectivas de crescimento para produção global e comércio de frutas tropicais**. Brasília: FAO, 2019^b. Disponível em: <<https://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/es/c/1193684/>>. Acesso em: 25 set. 2022.
- FERDOUS, M. J.; ALIM, M. A. Physico-chemical properties of mixed jam from pineapple and sweet gourd. **Journal of the Bangladesh Agricultural University**, v. 16, n. 2, p. 309-314, 2018.
- FERGUSON, J., KEMBLOWSKI, Z. **Applied Fluid Rheology**. Editora Springer, 1991, 340pp.
- FLORAL Londrina. Muda banana nanica. 2022. Disponível em: <<https://www.floralondrina.com.br/muda-de-banana-nanica-musa-ssp/>>. Acesso em: 23 set. 2022.
- FRANCIS, B. J.; BELL, J. K. Commercial pectin: a review. **Tropical Science**, v. 17, n. 1, p. 25-44, 1975.
- FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 8.ed. Rio de Janeiro: Livraria Atheneu, 1989. 230 p.
- FREIRE, I. S. **Reologia escoamento e deformação da matéria**. Brasília: Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico – CDT/UnB. p 10, 2012.
- GANGA, R.M.D. Resultados parciais sobre o comportamento de seis cultivares de banana (*Musa spp.*) em Jaboticabal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17, 2002, Belém. **Anais...** Belém Embrapa/DDT, 2002.
- GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B.; FRIAS, J. R. G. **Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações**. São Paulo: Nobel, 505 p., 2008.
- GIROTTO, F.; ALIBARDI, L.; COSSU, R. Food waste generation and industrial uses: A review. **Waste Management**, v. 45, p. 32-41, 2015.
- GONDIM, J. A. M.; MOURA, M. F. V.; DANTAS, A. S.; MEDEIROS, R. L. S.; SANTOS, K. M. Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. **Food Science and Technology**, v. 25, p. 825-827, 2005.

GRANADA, G. G.; ZAMBLIAZI, R. C.; MENDONÇA, C. R. B. Abacaxi: produção, mercado e subprodutos. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 22, n. 2, p. 422, 2004.

HOLDSWORTH, S. D. Applicability of rheological models to the interpretation of flow and processing behaviour of fluid food products. **Journal of Texture Studies**, v. 2, n. 4, p. 393-418, 1971.

IBARZ, A.; GONZÁLEZ, C.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Kinetic models for water adsorption and cooking time in chickpea soaked and treated by high pressure. **Journal of Food Engineering**, v. 63, n. 4, p. 467-472, 2004.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal (PAM)**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em:

<<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=766>>

Acesso em: set. 2022.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção de banana no Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/banana/br>>. Acesso em: 15 set. 2022.

IBGE. - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Banco de Dados Agregados 2012, Pesquisas, Produção Agrícola Municipal**. Disponível em:

<<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?=&t=destaques>>. Acesso em:

25 set. 2022.

INFANTE, J.; SELANI, M. M.; TOLEDO, N. M. V.; SILVEIRA-DINIZ, M. F.; ALENCAR, S. M.; SPOTO, M. H. F. Atividade antioxidante de resíduos agroindustriais de frutas tropicais. **Brazilian Journal Food Nutrition**, v.24, n.1, p.7-91, 2013.

IZIDORO, D.; SIERAKOWSKI, M. R.; WASZCZYNSKYJ, N.; HAMINIUK, C. W. I.; SCHEER, A. P. Sensory evaluation and rheological behavior of commercial mayonnaise. **International Journal of Food Engineering**, v. 3, n. 1, p. 2 - 4, 2007.

JACKIX, M. H. **Doces, Geléias e Frutas em Caldas: Teórico e Prático**. Campinas: Editora da UNICAMP; São Paulo: Icone, 1988. 172 p.

JORNAL DA FRUTA. **Projeto mapeia produção de cachos de banana no Brasil em 2018**. Santa Catarina: Revista da Fruta, 2018. Disponível em:

<<https://revistadafruta.com.br/eventos/projeto-mapeia-producao-de-cachos-de-banana-no-brasil-em-2018,364460.jhtml>>. Acesso em: 15 set. 2022.

- KERTESZ, Z. I. **The pectic substances**. New York: Interscience Publishers, 1951.
- KONTOGIORGOS, V.; MARGELOU, I.; GEORGIADIS, N.; RITZZOULIS, C. Rheological characterization of okra pectins. **Food Hydrocolloids**, v. 29, n. 2, p. 356-362, 2012.
- KOUBALA, B. B.; CHRISTIAENS, S.; KANSCI, G.; LOEY, A. M. V.; HENDRICKX, M. E. Isolation and structural characterisation of papaya peel pectin. **Food Research International**, v. 55, p. 215-221, 2014.
- KROKIDA, M. K.; MARINOS-KOURIS, D. Rehydration kinetics of dehydrated products. **Journal of Food Engineering**, v. 57, n. 1, p. 1-7, 2003.
- LICODIEDOFF, S. **Influência do teor de pectinas comerciais nas características físico-químicas e sensoriais da geléia de abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merrill)**. 2008. 119 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – UFPR, Curitiba, 2008.
- LIMA, M. B.; VILARINHOS, A. D. **Importância econômica e social**. Agência de Informações Embrapa, Brasília, 2018. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia40/AG01/arvore/AG01_28_41020068055.html> Acesso em: 15 set. 2022.
- LIMA, P. R. L.; TOLEDO FILHO, R. D.; GOMES, O. da F. M. Influence of recycled aggregate on the rheological behavior of cement mortar. **Key Engineering Materials**, v. 600, p. 297-307, 2014.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL). **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos Físico-químicos para Análises de Alimentos**. 4ª ed. (1ª Edição digital), 2008. 1020 p.
- MACHADO, C. D. **Análise reológica de doce de manga enriquecido com resíduos provenientes do processamento da polpa**. 2012. 31 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Escola de Engenharia, Porto Alegre, 2012.
- MADHAV, A.; PUSHPALATHA, P. B. Characterization of pectin extracted from different fruit wastes. **Journal of Tropical Agriculture**, v. 40, p. 53-55, 2006.
- MARTINS, W. A.; OLIVEIRA, A. M. B. M.; MORAIS, C. E. P.; COELHO, L. F. O.; MEDEIROS, J. F. Reaproveitamento de resíduos agroindustriais de casca banana para tratamento de efluentes. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 1, p. 15, 2015.
- MATHARU, A. S.; MELO, E. M.; HOUGHTON, J. A. Opportunity for high value-added chemicals from food supply chain wastes. **Bioresource Technology**, v. 215, p. 123–130, 2016.

- MATOS, A. T. **Tratamento e aproveitamento agrícola de resíduos sólidos**. 1. ed. Viçosa: AEAMG, 2006. 120 p. (Caderno didático, 37).
- MCCLEMENTS, D. J. Theoretical analysis of factors affecting the formation and stability of multilayered colloidal dispersions. **Langmuir**, v. 21, n. 21, p. 9777-9785, 2005^a.
- MCCLEMENTS, J. **Food biopolymers and colloids research laboratory**. University of Massachusetts, Amherst. v. 3, p. 12, 2005^b.
- MELO, J. P.; AGUILAR, A. S.; OLIVARES, F. H. Rheological properties of aerated cement pastes with fly ash, metakaolin and sepiolite additions. **Construction and Building Materials**, v. 65, p. 566-573, 2014.
- MIGUEL, A. C. A.; ALBERTINI, S.; BEGIATO, G. F.; DIAS, J. P. S.; SPOTO, M. H. F. Aproveitamento agroindustrial de resíduos sólidos provenientes do melão minimamente processado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 3, p. 733-737, 2008.
- MILANI, J.; MALEKI, G. Hydrocolloids in food industry. **Food industrial processes—Methods and equipment**, v. 2, p. 2-37, 2012.
- MOREIRA, B. A.; WANDERLEY, M. D. G. L.; CRUZ-BARRO, M. A. V. da. **Bromélias: importância ecológica e diversidade. Taxonomia e morfologia**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2006. 11 p.
- NASCENTE, A. S.; COSTA, J. N. M.; COSTA, R. S. C. **Cultivo da Banana em Rondônia**. Embrapa Rondônia, 2005 (Sistemas de Produção 2). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/164523/1/26273.pdf>>. Acesso em: 29 set. 2022.
- NERIS, T. S.; SILVA, S. S.; LOSS, R. A.; CARVALHO, J. W. P.; GUEDES, S. F. Avaliação físico-química da casca da banana (*Musa spp.*) *in natura* e desidratada em diferentes estádios de maturação. **Ciência e Sustentabilidade**, v. 4, n. 1, p. 5-21, 2018.
- OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M. P. B.; SPOTO, M. H. F. **Fundamentos de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Barueri, SP: Editora Manole, 2006.
- OLIVEIRA, L. F.; BORES, S. V.; NASCIMENTO, J. CUNHA, A. C.; JESUS, T. B.; PEREIRA, P. A. P.; PEREIRA, A. G. T.; FIGUEIREDO, L. P.; VALENTE, W. A. Utilização de casca de banana na fabricação de doces de banana em massa – avaliação da qualidade. **Alimentos e Nutrição**, v. 20, n. 4, p. 581-589, 2009.
- ORTEGA, Z. MONZÓN, M. D.; GUINEA, I.; SUÁREZ, L.; HERNÁNDEZ, P. M. Use of banana fiber in injection-Moulded parts for the automotive sector. In: ECCM 2012-Composites at Venice. **Proceedings of the 15th European Conference on Composite Materials**. 2012.

- PASQUEL, A. Gomas: Utilização e aspectos reológicos. **Boletim Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 33, n. 1, p. 86-97, 1999.
- PEREIRA, A.; MARASCHIN, M. Banana (*Musa spp.*) from peel to pulp: Ethnopharmacology, source of bioactive compounds and its relevance for Human health. **Journal of Ethnopharmacology**, v.160, n. 3, p. 149-163, 2014.
- PEREIRA, E. M.; FILHO, M. T. L.; SANTOS, Y. M. G.; PEREIRA, B. B. .M; MARACAJÁ, P. B. Elaboração e qualidade de geleia e compota de abacaxi “pérola”. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 1, p. 23, 2015.
- PEREIRA, M. C. A. **Efeito das farinhas da polpa e da casca de banana e do fermento de quefir nos níveis glicêmicos e lipidêmicos de ratos**. 132p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.
- PIMENTEL, C. R. M.; FILGUEIRAS, H. A. C.; ALVES, R. E. (2002). Mercado: situação atual e perspectivas. Caju: pós-colheita. **Embrapa Informação Tecnológica**, p. 9-13, 2002. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/132485/mercado-situacao-atual-e-perspectivas>>. Acesso em: 29 set. 2022.
- PRENTICE, J. H. **Dairy rheology: a concise guide**. Weinhein: VCH Publishers, 1992.
- RALET, M. C.; CREPAU, M. J.; BUCHHOLT, H. C.; THIBAUT, J. F. Polyelectrolyte behaviour and calcium binding properties of sugar beet pectins differing in their degrees of methylation and acetylation. **Biochemical Engineering Journal**. v. 16, p. 191-201, 2003.
- RANIERI, L. M; DELANI, T. C. O. Banana verde (*Musa spp.*): obtenção da biomassa e ações fisiológicas do amido resistente: Review. **Revista Uningá**, v. 20, n. 3, p. 43 – 49, 2014.
- RAVINDRAN, R.; JAISWAL, A. K. Exploitation of food industry waste for high-value products. **Trends in Biotechnology**, v. 34, n. 1, p. 58-69, 2016.
- REIS, F. R.; DEMCZUK JÚNIOR, B.; MACARI, S. M.; MASSON, M. L. The processing and characterization of red chili pepper jam. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 11, n. 2, p. 137- 142, 2009.
- RIBEIRO, W. S.; COSTA, L.C.; ALMEIDA, E.I.B. CARNEIRO, G.G.; BARBOSA, J.A. Procedência, qualidade e perdas pós-colheita de banana Pacovan no mercado atacadista da Empasa de Campina Grande, PB. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.4, n.3, p.33-42, 2010.
- ROSA, M. F.; SOUZA FILHO, M. S. M.; FIGUEIREDO, M. C. B.; MORAIS, J. P. S.; SANTAELLA, S. T.; LEITÃO, R. C. Valorização de resíduos da agroindústria. In: II

- Simpósio internacional sobre gerenciamento de resíduos agropecuários e agroindustriais, 8., 2011, Foz do Iguaçu. **Palestras...** Foz do Iguaçu: SIGERA, 2011. v. 1, p. 98-105.
- RUARO, T. T. **Elaboração de geleia de abacaxi com adição de mucilagem de chia (*Salvia hispanica*)**. 2015. 36p. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2016.
- RUDY, S.; DZIKI, D.; KRZYKOWSKI, A.; GAWLIK-DZIKI, U.; POLAK, R.; RÓZYLO, R.; KULIG, R. Influence of pre-treatments and freeze-drying temperature on the process kinetics and selected physico-chemical properties of cranberries (*Vaccinium macrocarpon* Ait.). **LWT-Food Science and Technology**, v. 63, n.1, p. 497-503, 2015.
- SANTANA-MÉRIDAS, O.; GONZÁLEZ-COLOMA, A.; SÁNCHEZ-VIOQUE, R. Agricultural residues as a source of bioactive natural products. **Phytochemistry**, v. 11, p. 447–466, 2012.
- SARAIVA, B. R.; CAROLINA. A.; ANJO, F. A.; CESARO, E.; MATUMOT-PINTRO, P. T. Valorização de resíduos agroindustriais: fontes de nutrientes e compostos bioativos para a alimentação humana. **Pubsaúde**, v. 1, n. 1, p. 1-10, 2018.
- SCHOLS, H. A.; BAKS, E. J.; VORAGEN, A. G. J.; SCHIPPER, J. A xylogalacturonan subunit present in the modified hairy regions of apple pectin. **Carbohydrate Research**, v. 279, p. 265-279, 1995.
- SCHRAMM, G. **Reologia e reometria: fundamentos teóricos e práticos**. São Paulo: Artliber Ed., 2006.
- SCOLFORO, C. Z.; DA SILVA, E. M. M. Elaboração de Geleia de Maçã Enriquecida com Fruto-Oligossacarídeo. **Brazilian Journal of Food & Nutrition/Alimentos e Nutrição**, v. 24, n. 1, p. 125, 2013.
- SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Banana – Estudos de mercado Sebrae/ESPM 2008**. Brasília 2008. Disponível em: <<https://bibliotecas.sebrae.com>>. Acesso em: 15 set. 2022.
- SENA, J.V.C. Aspectos da Produção e Mercado da Banana no Nordeste. **Informe Rural ETENE**, Fortaleza, v.5, n.10, 2011. Disponível em: <https://g20mais20.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/970/1/2011_IRE_10.pdf> Acesso em: 07 dez. 2022.
- SENAI-RS. Alimentação. Fabricação de geléias e geleadas. Porto Alegre, **SENAI-RS**, 1990. 61 p.
- SHARMA, S. K.; MULVANEY, S.J.; RIZVI, S. S. H. **Food processing engineering theory and laboratory experiments**. New Jersey: Wiley-Interscience, 2000, 348p.

- SIDHU, J. S.; ZAFAR, T. A. Bioactive compounds in banana fruits and their health benefits. **Food Quality and Safety**, v. 2, n. 4, p. 183-188, 2018.
- SILVA, A. C. P.; SARTORI, G. V.; OLIVEIRA, A. L. Composição nutricional do coração da bananeira e sua utilização como um alimento alternativo. **Sabios-Revista de Saúde e Biologia**, v. 9, n. 2, p. 40-45, 2014.
- SILVA, E. T.; MOURA, H. V.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; MOREIRA, I. S. Production and characterization of mixed pineapple and hibiscus jam. **Revista Agroambiente On-line**, v. 13, p. 155-163, 2019.
- SILVA, S. O.; AMORIM, E. P.; SANTOS-SEREJO, J. A.; BORGES, A. L. Cultivares In: FERREIRA, C. F.; SILVA, S. O.; AMORIM, E. P.; SANTOS-SEREJO, J. A. (Orgs.) **O Agronegócio da Banana**. Brasília, DF: Embrapa, 2016. p. 137-170.
- SOTO BALLESTERO, M.; SANCHO, H. Ecología del banana. In: SOTO BALLESTERO, M.S. **Bananos: Cultivo y comercialización**. Costa Rica: Litografic e Imprenta LIC, 1992 cap.5, p.211-265.
- SOUZA, K. A. F. D.; NEVES, V. A. **Polissacarídeos**. Experimentos de Bioquímica, 2004. Disponível em:
<http://www.fcfar.unesp.br/alimentos/bioquimica/introducao_carboidratos/polissacarideos.htm>. Acesso em: 29 set. 2022.
- STEFFE, J. F. **Rheological methods in food process engineering**: By James F. Steffe, 1996.
- SUGAI, A. Y.; TADINI, C. C.; TRIBESS, T. B. Influência da temperatura do tratamento térmico sobre os parâmetros reológicos do purê de manga (*Mangifera indica* L.) variedade Haden. In: Congresso Brasileiro De Ciência E Tecnologia De Alimentos, 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: CBCTA, 2002.
- TABILO-MUNIZAGA, G.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Rheology for the food industry. **Journal of Food Engineering**, v. 67, n. 1-2, p. 147-156, 2005.
- TIU, C.; BHATTACHARYYA, S. Developing and fully developed velocity profiles for inelastic power law fluids in an annulus. **AIChE Journal**, v. 20, n. 6, p. 1140-1144, 1974.
- TONELI, J. T. C. L.; MURR, F. E. X.; PARK, K. J. Estudo da reologia de polissacarídeos utilizados na indústria de alimentos. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 7, n. 2, p. 181-204, 2005.

- TRAVAGLINI, D.A.; NETO, M.P.; BLEINROTH, E.W.; LEITÃO, M.F. **Banana-passa:** princípios de secagem, conservação e produção industrial. Campinas: ITAL/Rede de Núcleos de Informação Tecnológica, 1993. 73 p. (Manual Técnico 12).
- VAILLANT, F.; MILLAN, A.; DORNIER, M.; DECLoux, M.; REYNES, M. Strategy for economical optimization of the clarification of pulpy fruit juices using crossflow microfiltration. **Journal of Food Engineering**, v.48, p.83-90, 2001.
- VENDRUSCOLO, C. T.; MOREIRA, A. S.; VENDRUSCOLO, J. L. S. **Tecnologia de frutas e hortaliças: geleias, doces cremosos e em massa.** Ed. Universitária UFPel, Pelotas-RS, 2009. 78p.
- VIDAL, J.R.M.B.; GASPRETTO, C. A.; GRANDIN, A. Efeito da temperatura no comportamento reológico da polpa de manga. **Revista de Ciências Exatas e Naturais.** v. 1, n. 2, p. 69- 76, 2000.
- WÜSTENBERG, T. General overview of food hydrocolloids. In: WÜSTENBERG, Tanja. (Org.). **Cellulose and Cellulose Derivatives in the Food industry: Fundamentals and Applications**-, Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2015. p. 1-68.
- ZHU, Z. Y.; LUO, Y.; DONG, G. L.; REN, Y. Y.; CHEN, L. R.; GUO, M. Z.; WANG, X. T.; YANG, X. Y.; ZHANG, Y. Effects of the ultra-high pressure on structure and α -glucosidase inhibition of polysaccharide from Astragalus. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 87, p. 570–576, 2016.