

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DE VITÓRIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO

DAVI AUGUSTO SILVA DE MELO

**PRODUÇÃO DE GELATINA ALCOÓLICA A PARTIR DE LICOR PRODUZIDO
COM PITAYA: AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS**

Vitória de Santo Antão
2025

DAVI AUGUSTO SILVA DE MELO

**PRODUÇÃO DE GELATINA ALCOÓLICA A PARTIR DE LICOR PRODUZIDO
COM PITAYA: AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Graduação em Nutrição do Centro Acadêmico de Vitória da Universidade Federal de Pernambuco em cumprimento a requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Nutrição, sob orientação do Professor Dr. Leandro Finkler.

Vitória de Santo Antão

2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Melo, Davi Augusto Silva de .

Produção de gelatina alcoólica a partir de licor produzido com pitaya: avaliação de parâmetros físico-químicos / Davi Augusto Silva de Melo. - Vitória de Santo Antão, 2025.

47 p. : il., tab.

Orientador(a): Leandro Finkler

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, Nutrição - Bacharelado, 2025.

Inclui referências.

1. Licor. 2. Pitaya. 3. Gelatina . 4. Tecnologia de alimentos. 5. Caracterização físico-química. 6. Estabilidade. I. Finkler, Leandro . (Orientação). II. Título.

610 CDD (22.ed.)

DAVI AUGUSTO SILVA DE MELO

**PRODUÇÃO DE GELATINA ALCOÓLICA A PARTIR DE LICOR PRODUZIDO
COM PITAYA: AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DO
PRODUTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Colegiado do Curso de Graduação em Nutrição
da Universidade Federal de Pernambuco, Centro
Acadêmico de Vitória, como requisito para a
obtenção do grau de Bacharel em Nutrição.

Data: 10/04/2025

Banca Examinadora

Profa. Dr^a Renata Emmanuele Assunção Santos (Examinadora Interna)
Centro Acadêmico de Vitória - Universidade Federal de Pernambuco

Dr^o Gabriel Olivo Locatelli (Examinador Interno)
Centro Acadêmico de Vitória - Universidade Federal de Pernambuco

Profa. M.e. Anna Jullia Bezerra da Silva (Examinadora Interna)
Centro Acadêmico de Vitória - Universidade Federal de Pernambuco

Dedico este trabalho à minha mãe e minha avó, que, com todo o seu amor e esforço, me guiou e me protegeu em cada passo da jornada até aqui, sempre me oferecendo o apoio que eu precisava, mesmo nos momentos mais difíceis.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Leandro Finkler, expresso minha profunda gratidão e admiração por toda a orientação, paciência e incentivo ao longo dessa jornada. Seu conhecimento e dedicação foram fundamentais para a realização deste trabalho, e sua confiança em mim me motivou a superar desafios e aprimorar constantemente meu aprendizado.

À minha mãe, meu alicerce e maior inspiração, agradeço por todo o amor, apoio incondicional e incentivo em cada etapa da minha caminhada. Sua força e dedicação foram essenciais para que eu pudesse chegar até aqui, e este trabalho também é fruto do seu esforço e da sua crença em mim.

À minha namorada, pelo carinho, compreensão e por estar sempre ao meu lado, mesmo nos momentos mais difíceis. Obrigado por compartilhar comigo cada conquista, por me apoiar nos dias mais cansativos e por ser uma parte tão importante dessa trajetória.

Aos meus amigos Victor Gustavo, Douglas Eduardo, João Paulo, que sempre me ouviram, me apoiaram e comemoraram comigo cada pequena vitória. A amizade de vocês tornou essa caminhada mais leve, e sou muito grato por ter pessoas tão incríveis ao meu lado.

Aos meus amigos de curso, Aline Pereira, Tamires Nicole, Arthur Pontes, Débora Santos, Douglas Vinícius, Paulo Chaves, Gabriel Breckenfeld e Ana Beatriz, meu muito obrigado por todos os momentos compartilhados, pelas horas de estudo, pelas risadas e pelo apoio mútuo ao longo da graduação. A jornada acadêmica foi muito mais significativa porque tive vocês ao meu lado.

Aos colegas que viajaram comigo na van, agradeço pela companhia diária, pelas conversas, pelas risadas e pelo suporte mútuo durante as longas idas e vindas. Esses momentos fizeram parte da minha trajetória e tornaram os dias mais leves e agradáveis.

Aos meus professores do curso, sou imensamente grato por todo o conhecimento transmitido, pela dedicação ao ensino e pelo incentivo ao pensamento crítico. Cada aula foi essencial para minha formação e contribuiu significativamente para meu crescimento acadêmico e profissional.

Aos técnicos dos laboratórios, meu sincero agradecimento pelo apoio durante a realização deste trabalho. A disponibilidade e o conhecimento de vocês foram essenciais para que as etapas experimentais fossem conduzidas com precisão e qualidade.

À minha avó, tias e tios, que me apoiaram de diversas formas ao longo dessa trajetória, seja com palavras de incentivo, gestos de carinho ou oferecendo suporte nos

momentos mais desafiadores. A presença e o afeto de vocês foram fundamentais para que eu chegasse até aqui, e sou imensamente grato por ter uma família tão acolhedora e presente.

Por fim, dedico um agradecimento especial a Maria de Lourdes, cuja presença marcou minha vida de maneira inesquecível. Sua sabedoria e carinho me ensinaram a enxergar a beleza nos pequenos detalhes, a encontrar poesia até mesmo na chuva e a valorizar os momentos simples que dão sentido à vida. Embora sua ausência seja sentida, seu amor e ensinamentos permanecem vivos em mim, guiando meus passos e iluminando minha trajetória.

"Não é o mais forte que sobrevive, nem o mais inteligente, mas o que melhor se adapta às mudanças."

Charles Darwin

RESUMO

O licor de pitaya rosa, devido ao seu perfil sensorial e nutricional, tem se consolidado como uma alternativa promissora na indústria alimentícia, estimulando pesquisas voltadas à sua conservação, processamento e desenvolvimento de novos produtos com foco na qualidade e estabilidade. Produzir licor de pitaya e gelatina alcoólica, utilizando esse licor para dissolver a gelatina são os objetivos que culminaram com a avaliação de suas propriedades físico-químicas. Para isso foi utilizado um sistema onde as amostras de pitaya fresca, inicialmente ficaram imersas em vodka e, após serem retiradas, foi adicionada a calda de açúcar. Durante a elaboração dos produtos foram analisados os seguintes parâmetros: pH, teor de sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix), condutividade elétrica e atividade de água. A gelatina foi produzida em sete formulações distintas, conforme planejamento fatorial 2^2 , variando as proporções de licor de pitaya e de gelatina incolor. As análises estatísticas dos dados foram conduzidas utilizando o software Statistica®. Os resultados finais, para o licor de pitaya, indicaram um pH de 5,11, $^{\circ}$ Brix igual a 21, condutividade elétrica de 2.311 μ S/cm e atividade de água de 0,96, sugerindo acidez moderadamente elevada e considerável concentração de sólidos solúveis, fatores que exigem controle rigoroso do armazenamento. Na etapa seguinte, o licor foi incorporado para obter as formulações de gelatina alcoólica, cujas análises indicaram variações moderadas nos parâmetros físico-químicos: pH entre 5,34 e 5,42, $^{\circ}$ Brix de 22,1 a 25,0, condutividade entre 2.357 e 2.509 μ S/cm e atividade de água entre 0,94 e 0,96. Esses resultados demonstram que os ajustes processuais, sobretudo a redução do pH e o aumento da condutividade elétrica, foram fundamentais para garantir a estabilidade química e estrutural das gelatinas. Dessa forma, os protocolos adotados mostraram-se eficazes tanto na manutenção da qualidade do licor quanto na obtenção de uma gelatina alcoólica estável e sensorialmente viável. A condição mais favorável foi observada na amostra 4, que apresentou um pH de 5,42, condutividade elétrica de 2.411 μ S/cm, teor de sólidos solúveis de 25 $^{\circ}$ Brix e atividade de água (A_w) de 0,96. O estudo sugere um potencial significativo para aplicação comercial dessas formulações inovadoras, oferecendo novas possibilidades para o setor de alimentos e bebidas, especialmente no desenvolvimento de sobremesas alcoólicas diferenciadas.

Palavras-chave: licor de pitaya; pitaya; gelatina; caracterização físico-química; estabilidade; tecnologia de alimentos.

ABSTRACT

Pink pitaya liqueur, due to its distinctive sensory and nutritional profile, has established itself as a promising alternative in the food industry, encouraging research focused on its preservation, processing, and the development of new products aimed at enhancing quality and stability. The objectives of producing pitaya liqueur and alcoholic gelatin—using this liqueur to dissolve the gelatin—led to the evaluation of their physicochemical properties. For this purpose, a system was employed in which fresh pitaya samples were initially immersed in vodka, followed by the addition of sugar syrup after removal. During product preparation, the following parameters were analyzed: pH, total soluble solids content (°Brix), electrical conductivity, and water activity (A_w). The gelatin was produced in seven distinct formulations based on a 2^2 factorial design, varying the proportions of pitaya liqueur and colorless gelatin. Statistical analyses of the data were performed using Statistica® software. The final results for the pitaya liqueur indicated a pH of 5.11, °Brix of 21, electrical conductivity of 2,311 $\mu\text{S}/\text{cm}$, and water activity of 0.96, suggesting moderately high acidity and a considerable concentration of soluble solids—factors that require strict storage control. In the next stage, the liqueur was incorporated to obtain the alcoholic gelatin formulations, whose analyses showed moderate variations in physicochemical parameters: pH ranging from 5.34 to 5.42, °Brix from 22.1 to 25.0, electrical conductivity between 2,357 and 2,509 $\mu\text{S}/\text{cm}$, and water activity ranging from 0.94 to 0.96. These results demonstrate that process adjustments, particularly the reduction in pH and the increase in electrical conductivity, were crucial to ensure the chemical and structural stability of the gelatins. Thus, the protocols adopted proved effective both in maintaining the quality of the liqueur and in obtaining a stable and sensorially viable alcoholic gelatin. The most favorable condition was observed in sample 4, which presented a pH of 5.42, electrical conductivity of 2,411 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 25 °Brix, and water activity (A_w) of 0.96. The study suggests significant potential for the commercial application of these innovative formulations, offering new possibilities for the food and beverage sector, particularly in the development of differentiated alcoholic desserts.

Keywords: pitaya liqueur; pitaya; gelatin; physicochemical characterization; microbiological stability; food technology.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Etapas de processamento do licor de pitaya.	19
Figura 2 - Etapas de processamento da gelatina.	21
Figura 3 - Amostras de gelatinas, preparadas com solução de vodka e calda de açúcar, enumeradas para identificação das preparações conforme planejamento experimental.	25
Figura 4 - Amostras de gelatina com licor enumeradas para identificação conforme planejamento de experimentos, fatorial 2 ² .	30
Quadro 1 - Etapas da produção de licor de pitaya.	22
Quadro 2 - Etapas da produção da gelatina com licor de pitaya.	28
Quadro 3 - Comparação entre os resultados dos ensaios preliminares e os resultados da gelatina de licor de pitaya, através de gráficos de pareto.	33
Gráfico 1 - Representação gráfica dos resultados obtidos do pH das amostras dos ensaios preliminares.	26
Gráfico 2 - Representação gráfica dos resultados obtidos da condutividade das amostras dos ensaios preliminares.	26
Gráfico 3 - Representação gráfica dos resultados obtidos do °Brix das amostras dos ensaios preliminares.	27
Gráfico 4 - Representação gráfica dos resultados obtidos da atividade de água das amostras dos ensaios preliminares.	27
Gráfico 5 - Representação gráfica dos resultados obtidos do pH das amostras de gelatina.	30
Gráfico 6 - Representação gráfica dos resultados obtidos referentes à condutividade das amostras de gelatina.	31
Gráfico 7 - Representação gráfica dos resultados obtidos referentes ao °Brix das amostras de gelatina.	31
Gráfico 8 - Representação gráfica dos resultados obtidos referentes à AW das amostras de gelatina.	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Planejamento experimental, fatorial 22 , com repetição no ponto central para os ensaios referentes à produção de gelatina.	20
Tabela 2 - Resultados das aferições de pH, Condutividade, °Brix e Aw do licor de pitaya.	23
Tabela 3 - Planejamento experimental, fatorial 22 , com repetição no ponto central para os ensaios preliminares referentes a produção de gelatina utilizando como solução alcoólica o preparado de vodka com calda de açúcar.	24
Tabela 4 - Tabela referente aos resultados das aferições de pH, Condutividade, °Brix e Aw dos ensaios preliminares.	25
Tabela 5 - Tabela referente ao planejamento e a concentração de licor e de gelatina em cada amostra do experimento.	29
Tabela 6 - Tabela referente aos resultados das aferições de pH, Condutividade, °Brix e Aw da gelatina.	29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CAV – Centro Acadêmico de Vitória de Santo Antão

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

UFPE – Universidade Federal de Pernambuco

LISTA DE SÍMBOLOS

pH – Potencial hidrogeniônico

Eh ($\mu\text{S}/\text{cm}$) – Potencial de oxirredução em microsiemens por centímetro

°Brix – Teor de sólidos solúveis

A_w – Atividade de água

g – grama

g/L - grama por litro

°C – graus Celsius

mL - mililitro

mg – miligrama

% - percentual

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 OBJETIVOS.....	13
2.1. Objetivo geral.....	13
2.2 Objetivos Específicos:.....	13
3 JUSTIFICATIVA.....	14
4 REVISÃO DA LITERATURA.....	15
4.1 Licor: Definição, História e Produção.....	15
4.2 Pitaya: Características e Aplicações.....	15
4.3 Licor de Pitaya: Processamento e Qualidade Físico-Química.....	16
4.4 Gelatina e Parâmetros Físico-Químicos.....	17
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	18
5.1 Materiais.....	18
5.2 Elaboração do licor.....	18
5.3 Análises físico-químicas do licor.....	19
5.4 Elaboração da gelatina e análises físico-químicas.....	20
5.5 Análise comparativa entre o licor, as gelatinas e os ensaios preliminares.....	21
5.6. Análise estatística dos dados.....	21
6 RESULTADOS.....	22
6.1 Produção do licor de pitaya.....	22
6.2 Avaliação físico-química do licor de pitaya.....	23
6.3 Produção da gelatina.....	24
6.3.1. Ensaios preliminares: gelatina com solução de vodka e açúcar.....	24
6.3.2 Produção da gelatina com licor de pitaya.....	28
7 DISCUSSÃO.....	35
7.1 Avaliação físico-química do licor de pitaya.....	35
7.2 Avaliação físico-química da gelatina.....	36
7.3 Análise comparativa entre o licor, as gelatinas e os ensaios preliminares.....	40
8 CONCLUSÕES.....	44
REFERÊNCIAS.....	45

1 INTRODUÇÃO

A pitaya (*Hylocereus costaricensis*), pertencente à família Cactaceae, tem se consolidado como uma das frutas tropicais mais valorizadas na indústria alimentícia contemporânea. Seu notável apelo visual — fruto da coloração vibrante da polpa e casca — aliado ao perfil nutricional rico em compostos bioativos como betalaínas, flavonoides, fibras e minerais, impulsionou sua popularização tanto no consumo in natura quanto em produtos processados. A estabilidade térmica dos pigmentos naturais, seu potencial antioxidante e a baixa acidez também a tornam atrativa para o desenvolvimento de novos alimentos e bebidas funcionais com alto valor agregado. Diante desse cenário, há uma crescente mobilização científica em torno de sua aplicação tecnológica, buscando explorar sua versatilidade sensorial e funcional como diferencial competitivo em formulações inovadoras (Freitas e Mitcham, 2013; Dadhaneeya *et al.*, 2023).

Neste contexto, o licor de pitaya surge como uma alternativa promissora, combinando o valor nutricional da fruta com a complexidade sensorial típica de bebidas alcoólicas compostas. A elaboração do licor baseia-se em processos de extração hidroalcoólica e posterior adição de açúcar, resultando em um produto de elevado teor de sólidos solúveis e propriedades físico-químicas sensíveis às condições de processamento. O potencial desse licor transcende seu consumo direto, permitindo sua aplicação como ingrediente em formulações diversas, como sobremesas gelificadas, produtos de panificação e, mais recentemente, em gelatinas alcoólicas — uma categoria emergente de produtos que alia inovação tecnológica, praticidade e apelo estético à experiência de consumo.

As gelatinas alcoólicas, conhecidas internacionalmente como jello shots, têm ganhado destaque no cenário contemporâneo como uma tendência de consumo recreativo entre o público jovem, especialmente em eventos sociais e ambientes festivos. Estas formulações consistem em matrizes proteicas obtidas a partir de gelatina insípida, associadas a soluções alcoólicas adocicadas, criando uma textura firme e de fácil ingestão, sem eliminar o teor etílico da preparação. Embora amplamente difundidas na cultura norte-americana, sua inserção no mercado brasileiro ainda é incipiente e carece de regulamentação e padronização tecnológica. Tal lacuna científica e normativa limita a expansão segura e controlada desse segmento, justificando a necessidade de estudos aplicados que avaliem suas propriedades físico-químicas, estabilidade e potencial sensorial (Śliwińska *et al.*, 2015; Tabaszewska *et al.*, 2022).

Considerando essa tendência mercadológica e a escassez de pesquisas

técnico-científicas sobre gelatinas alcoólicas, o desenvolvimento de um produto com base no licor de pitaya apresenta-se como proposta inovadora, reunindo atributos de funcionalidade, originalidade e estética. No entanto, a ausência de parâmetros específicos para esse tipo de matriz alimentar, bem como a necessidade de compreender as interações entre os compostos do licor e os constituintes da gelatina, configura uma problemática central para a formulação segura e reprodutível desse tipo de produto. Frente a isso, justifica-se a condução deste estudo, que visa à produção e caracterização físico-química de um licor de pitaya e à sua incorporação em gelatinas alcoólicas. A análise de parâmetros como pH, grau Brix, condutividade elétrica e atividade de água busca fornecer subsídios científicos que contribuam para o estabelecimento de padrões tecnológicos adequados, assegurando a estabilidade e qualidade desses produtos inovadores.

Dessa forma, este estudo tem como objetivo produzir licor de pitaya e utilizá-lo na produção de gelatina alcoólica, avaliando as suas propriedades físico-químicas.

2 OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Produzir licor de pitaya e desenvolver gelatina alcoólica utilizando licor de pitaya como ingrediente principal, avaliando suas propriedades físico-químicas.

2.2 Objetivos Específicos:

- Produzir o licor de pitaya;
- Medir e avaliar o grau Brix, pH, condutividade elétrica e atividade de água (Aw) do licor de pitaya;
- Produzir gelatina alcoólica com licor de pitaya;
- Medir e avaliar os parâmetros grau Brix, pH, condutividade elétrica e atividade de água (aw) da gelatina alcoólica de pitaya considerando um planejamento fatorial 2x2;
- Comparar os resultados obtidos para o licor de pitaya e para as gelatinas a partir dos valores obtidos para os parâmetros físico-químicos.

3 JUSTIFICATIVA

A crescente popularização das gelatinas alcoólicas, também conhecidas como *alcoholic jellies* ou *jello shots*, reflete uma mudança nos hábitos de consumo de bebidas alcoólicas, sobretudo entre jovens adultos que buscam experiências sensoriais diferenciadas, aliadas à praticidade, inovação e apelo visual. Essa tendência, amplamente disseminada em países anglófonos, têm conquistado espaço no cenário brasileiro, ainda que de forma incipiente. Contudo, observa-se uma lacuna significativa na literatura científica quanto à padronização e caracterização tecnológica dessas formulações, especialmente quando associadas ao uso de ingredientes naturais com propriedades funcionais. A ausência de parâmetros físico-químicos consolidados, métodos de estabilização e diretrizes regulatórias específicas para esse tipo de matriz alimentar impõe desafios à sua consolidação comercial e à garantia de segurança e qualidade dos produtos ofertados.

Nesse contexto, a utilização da pitaya (*Hylocereus costaricensis*) como ingrediente base para a elaboração de gelatinas alcoólicas apresenta-se como proposta inovadora e estrategicamente promissora. A fruta, reconhecida por seu elevado valor nutricional e por seu conteúdo expressivo de compostos fenólicos — como betalainas, flavonoides e outros antioxidantes naturais —, demonstra propriedades anti-inflamatórias, hepatoprotetoras e reguladoras do metabolismo, além de conferirem coloração vibrante e atratividade sensorial às formulações. O desenvolvimento de produtos a partir da pitaya permite, portanto, a incorporação de atributos funcionais às gelatinas alcoólicas, agregando valor nutricional e tecnológico ao produto final e respondendo à demanda crescente por alimentos e bebidas diferenciados, naturais e com apelo estético marcante.

4 REVISÃO DA LITERATURA

4.1 Licor: Definição, História e Produção

O licor é uma bebida alcoólica caracterizada por seu alto teor de açúcar e adição de ingredientes aromáticos, como frutas, ervas e especiarias. Sua produção pode ocorrer de forma artesanal ou industrial, desde que siga processos que garantam a qualidade e segurança do produto (Teixeira *et al.*, 2011). De acordo com a legislação brasileira, o licor deve apresentar um teor alcoólico entre 15% e 54% e conter no mínimo 30 g/L de açúcar (Brasil, 2009).

A origem do licor remonta à Idade Média, quando alquimistas e monges desenvolveram misturas à base de álcool e extratos naturais com propósitos medicinais (Nevine, 2021). Com o tempo, a bebida evoluiu para diferentes estilos e sabores, tornando-se um componente tradicional em diversas culturas e ocasiões festivas. Durante o Renascimento, os processos de destilação foram aprimorados, permitindo a produção de licores mais sofisticados, incorporando ingredientes exóticos como frutas tropicais e especiarias (Mulas *et al.*, 2012).

O processo de produção do licor pode variar conforme a matéria-prima e o método de extração dos compostos aromáticos. Em geral, a produção envolve a seleção da fruta, maceração ou infusão em álcool, adição de açúcares e envelhecimento para aprimoramento sensorial (Domínguez De Barros, 2016). A estabilidade do licor durante o armazenamento é um aspecto fundamental, sendo influenciada por fatores como pH, grau Brix, condutividade elétrica e atividade de água (A_w), que impactam diretamente sua conservação e aceitação sensorial (Fadda *et al.*, 2016; Lin *et al.*, 2020).

4.2 Pitaya: Características e Aplicações

A pitaya, pertencente às espécies dos gêneros *Hylocereus* e *Selenicereus*, é uma cactácea de origem mesoamericana que vem ganhando crescente destaque na cadeia agroalimentar devido às suas propriedades sensoriais, nutricionais e funcionais. Cultivada predominantemente em países da América Latina e do Sudeste Asiático, essa fruta, também conhecida como “fruta do dragão”, possui polpa branca ou vermelha intensamente pigmentada por betalaínas, compostos fenólicos hidrossolúveis que conferem não apenas

coloração característica, mas também reconhecida atividade antioxidante (Nunes *et al.*, 2014; Dadhaneeya *et al.*, 2023). Estudos apontam que essas substâncias bioativas desempenham papel relevante na neutralização de espécies reativas de oxigênio, podendo atuar na prevenção de doenças crônicas não transmissíveis, como dislipidemias, diabetes tipo 2 e câncer (Freitas; Mitcham, 2013).

O cultivo da pitaya requer condições agronômicas específicas, incluindo solos de textura média, bem drenados, com pH ligeiramente ácido a neutro, e exposição solar intensa, refletindo diretamente na qualidade dos frutos colhidos (Nunes *et al.*, 2014). A colheita ocorre quando os frutos atingem plena coloração da epiderme e apresentam firmeza moderada ao toque, indicando teor de sólidos solúveis ideal para consumo e processamento. Os parâmetros de maturação, como teor de °Brix, acidez titulável e firmeza, constituem critérios essenciais para a padronização da matéria-prima utilizada na indústria alimentícia.

Do ponto de vista tecnológico, a pitaya representa um ingrediente versátil e funcional, com potencial de aplicação em diversas matrizes alimentares. Seu uso em sucos, geleias, vinhos e licores tem sido objeto de estudos que visam o desenvolvimento de produtos com apelo sensorial elevado e valor nutricional agregado. A composição rica em açúcares naturais, pectinas, ácidos orgânicos e minerais como cálcio, magnésio e potássio confere à fruta características favoráveis para a elaboração de bebidas fermentadas e destiladas (Tabaszewska *et al.*, 2022). Além disso, sua incorporação em formulações estruturadas, como gelatinas e sobremesas à base de biopolímeros, pode modificar significativamente propriedades físico-químicas, como pH, condutividade elétrica, grau Brix e atividade de água (A_w), impactando na textura, estabilidade e aceitação sensorial dos produtos finais (Śliwińska *et al.*, 2015; Hafids *et al.*, 2019).

A estabilidade dos compostos fenólicos presentes na pitaya, especialmente betacianinas e betaxantinas, também tem sido explorada na literatura como fator determinante para o desenvolvimento de alimentos funcionais e coloridos naturalmente. Tais compostos demonstram estabilidade relativa em faixas de pH ácido e sob refrigeração, o que os torna compatíveis com matrizes de bebidas alcoólicas e sobremesas refrigeradas (Fadda *et al.*, 2016; Lin *et al.*, 2020).

4.3 Licor de Pitaya: Processamento e Qualidade Físico-Química

O licor de pitaya é uma alternativa inovadora na indústria de bebidas, destacando-se pela coloração vibrante e sabor exótico. Sua produção envolve a seleção de pitayas maduras,

maceração em álcool, adição de açúcares e posterior filtração para obtenção de um produto homogêneo e estável (Domínguez De Barros, 2016).

A análise físico-química do licor é essencial para garantir sua qualidade e estabilidade ao longo do armazenamento. O pH influencia a conservação e a interação dos compostos da bebida, enquanto o grau Brix reflete a doçura e concentração de sólidos solúveis. A condutividade elétrica está associada à presença de íons dissolvidos, podendo indicar alterações na composição ao longo do tempo (Tabaszewska *et al.*, 2022).

4.4 Gelatina e Parâmetros Físico-Químicos

A gelatina é um biopolímero amplamente utilizado na indústria alimentícia devido às suas propriedades gelificantes, emulsificantes e estabilizantes. Obtida a partir do colágeno animal, a gelatina é incolor, insípida e solúvel em água quente, formando géis termorreversíveis quando resfriada. A formulação de gelatinas pode ser enriquecida com ingredientes funcionais, como sucos e licores, para modificar suas características sensoriais e nutricionais (Śliwińska *et al.*, 2015).

A avaliação físico-química de produtos gelificados envolve a análise de parâmetros como pH, grau Brix, condutibilidade elétrica e atividade de água (A_w). O pH influencia diretamente a textura e estabilidade do gel, enquanto o grau Brix determina a concentração de sólidos solúveis, afetando a doçura e viscosidade. A condutividade elétrica está relacionada à presença de íons dissolvidos e pode fornecer informações sobre interações entre os componentes da matriz alimentar. Já a atividade de água (A_w) é um fator crucial para a conservação, pois impacta diretamente a estabilidade microbiológica e a textura do produto (Tabaszewska *et al.*, 2022).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Materiais

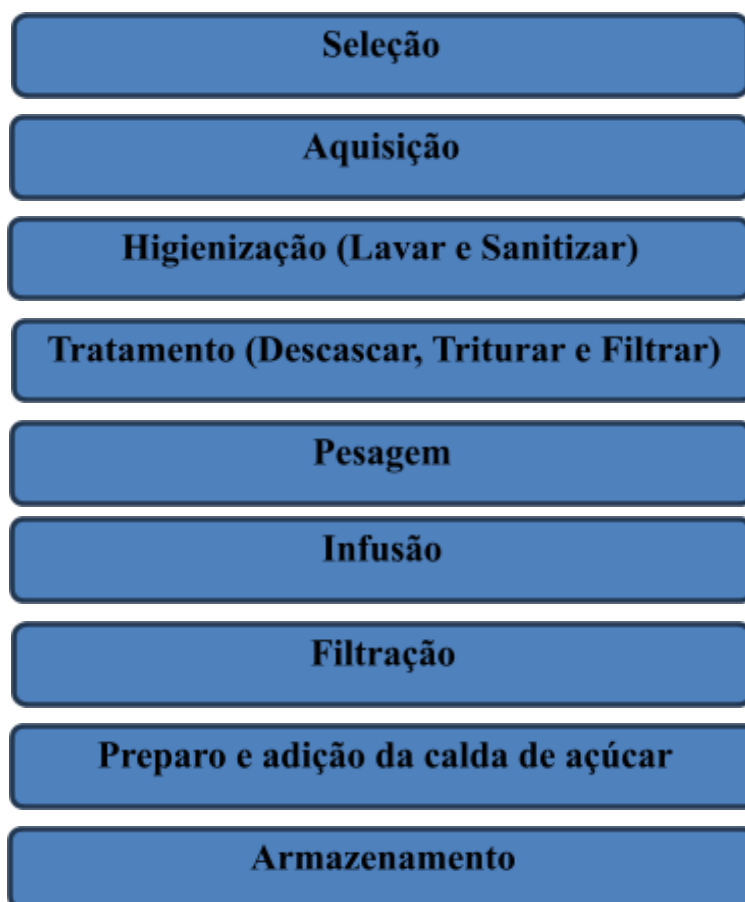
Foram utilizadas pitayas adquiridas no comércio local de Bezerros-PE, enquanto a gelatina sem sabor e sem cor, a vodka e o açúcar foram obtidos em um mercado da mesma região. Todos os demais insumos, vidrarias e equipamentos necessários para a produção e análise das amostras estavam disponíveis nos laboratórios de Bioprocessos, Tecnologia de Alimentos e Técnica e Dietética do Centro Acadêmico de Vitória da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

5.2 Elaboração do licor

Para realizar a elaboração da bebida, foi utilizado o fluxograma mostrado na Figura 1.

A produção do licor iniciou com a seleção de pitayas frescas e maduras, priorizando frutas sem defeitos visíveis e com características sensoriais adequadas. Após a seleção e aquisição, as pitayas foram lavadas para remoção de impurezas e resíduos e sanitizadas com solução de 200 ppm de hipoclorito por 15 minutos. Em seguida, as frutas foram descascadas e batidas no liquidificador e, posteriormente, foram pesadas em balança analítica. O suco de pitaya foi submetido ao processo de maceração em vodka com 38% de concentração de álcool, permanecendo em maceração por um período de 30 dias para a extração de compostos solúveis da fruta. Após esse período, foi realizada a filtragem para retirar todas as impurezas. Posteriormente foi preparada uma calda de açúcar, que foi adicionada ao líquido macerado.

Figura 1 - Etapas de processamento do licor de pitaya.



Fonte: o autor (2025).

5.3 Análises físico-químicas do licor

As análises físico-químicas do licor foram conduzidas para avaliar sua composição e estabilidade. O teor de sólidos solúveis foi determinado por meio da aferição do grau Brix utilizando um refratômetro de bancada (Abbe AR1000). O pH foi mensurado com um pHmetro de bancada (TECHNAL Tec-3MP) devidamente calibrado antes das medições. A condutividade elétrica foi determinada por meio de um condutivímetro (LUCA-150MC/P), permitindo avaliar a presença de íons dissolvidos no licor. Por fim, a atividade de água (A_w) foi analisada através de um analisador de atividade de água portátil (Aqualab PAWKIT).

5.4 Elaboração da gelatina e análises físico-químicas

A produção da gelatina seguiu um planejamento experimental, fatorial 2^2 , com repetição no ponto central que resultou em sete formulações distintas (Tabela 1), variando a proporção entre licor de pitaya e gelatina insípida e incolor. Para o preparo, a gelatina foi incorporada ao licor e, em seguida, foi levada ao microondas, garantindo o aquecimento para uma homogeneização adequada. As misturas foram colocadas em moldes individuais e resfriadas até completa gelificação.

Tabela 1 - Planejamento experimental, fatorial 2^2 , com repetição no ponto central para os ensaios referentes à produção de gelatina.

Amostra	Níveis das variáveis independentes	
	Solução alcoólica com açúcar	Gelatina
1	+1	-1
2	-1	-1
3	+1	+1
4	-1	+1
5	0	0
6	0	0
7	0	0

Fonte: o autor (2025).

Para realizar a elaboração da gelatina, foram seguidas as etapas apresentadas no fluxograma (Figura 2).

As análises físico-químicas da gelatina seguiram os mesmos parâmetros aplicados ao licor, permitindo a comparação dos resultados entre os produtos. O grau Brix foi medido para determinar a concentração de sólidos solúveis nas formulações. O pH das amostras foi aferido para avaliar a acidez e sua influência na textura do gel. A condutividade elétrica foi analisada para identificar possíveis interações iônicas entre o licor e a gelatina. Por fim, a atividade de água (A_w) foi determinada para verificar a influência da incorporação do licor na estabilidade da gelatina, fornecendo informações sobre sua conservação e qualidade final.

Figura 2 - Etapas de processamento da gelatina.



Fonte: o autor (2025).

5.5 Análise comparativa entre o licor, as gelatinas e os ensaios preliminares

A análise comparativa entre o licor, as gelatinas e os ensaios preliminares foi realizada com o objetivo de avaliar as possíveis alterações nos parâmetros físico-químicos após a incorporação do licor na formulação da gelatina. Para isso, foram comparados os valores de grau Brix, pH, condutividade elétrica e atividade de água (A_w) entre as amostras de licor, as sete formulações de gelatina com vodka e as com licor de pitaya. Os ensaios preliminares foram realizados através de uma formulação à base de vodka e calda de açúcar para simular o licor e uma adição de gelatina em concentrações distintas seguindo um planejamento. Essa comparação permitiu avaliar a viabilidade da incorporação de solução alcoólica na gelatina, além de fornecer ideias para possíveis ajustes na formulação visando a estabilidade e qualidade do produto final.

5.6. Análise estatística dos dados

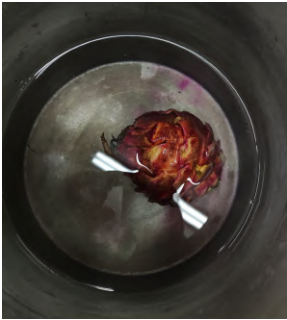
As análises estatísticas dos dados foram conduzidas utilizando o software Statistica® 8.0 para obter os perfis de superfície de resposta e dos diagramas de Pareto a 95% de confiança.

6 RESULTADOS

6.1 Produção do licor de pitaya

As imagens apresentadas na Tabela 2 referem-se ao processo de fabricação do licor de pitaya.

Quadro 1 - Etapas da produção de licor de pitaya.

A - Pitaya sendo higienizada em uma solução de água e hipoclorito.	
B - Suco de Pitaya sendo pesado em uma balança analítica.	
C - Suco de Pitaya sendo infundido em vodka a 38% de álcool por 30 dias.	

D - Suco de Pitaya infundido em vodka a 38% de álcool sendo filtrado a fim de retirar as impurezas.	
E - Preparo da calda de açúcar.	
F - Foto do licor pronto em uma proveta graduada.	

Fonte: o autor (2025).

6.2 Avaliação físico-química do licor de pitaya

Os dados apresentados na Tabela 2 referem-se aos resultados obtidos para o pH, a condutividade(Eh), o °Brix e a atividade de água (AW) do licor de pitaya.

Tabela 2 - Resultados das aferições de pH, Condutividade, °Brix e Aw do licor de pitaya.

Amostra	pH	Cond ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	°Brix	AW
Licor	5,11	2311	21	0,96

Fonte: o autor (2025).

6.3 Produção da gelatina

6.3.1. Ensaios preliminares: gelatina com solução de vodka e açúcar

Foram realizados 7 ensaios preliminares seguindo um planejamento fatorial 2^2 apresentado na Tabela 3 em que são consideradas como variáveis independentes a solução alcoólica com açúcar e a quantidade de gelatina.

Tabela 3 - Planejamento experimental, fatorial 2^2 , com repetição no ponto central para os ensaios preliminares referentes a produção de gelatina utilizando como solução alcoólica o preparado de vodka com calda de açúcar.

Amostra	Preparado de Vodka com calda de açúcar	Gelatina	Preparado de Vodka com calda de açúcar	Gelatina
1	+1	-1	500 ml	8 g
2	-1	-1	300 ml	8 g
3	+1	+1	500 ml	12 g
4	-1	+1	300 ml	12 g
5	0	0	400 ml	10 g
6	0	0	400 ml	10 g
7	0	0	400 ml	10 g

Fonte: o autor (2025).

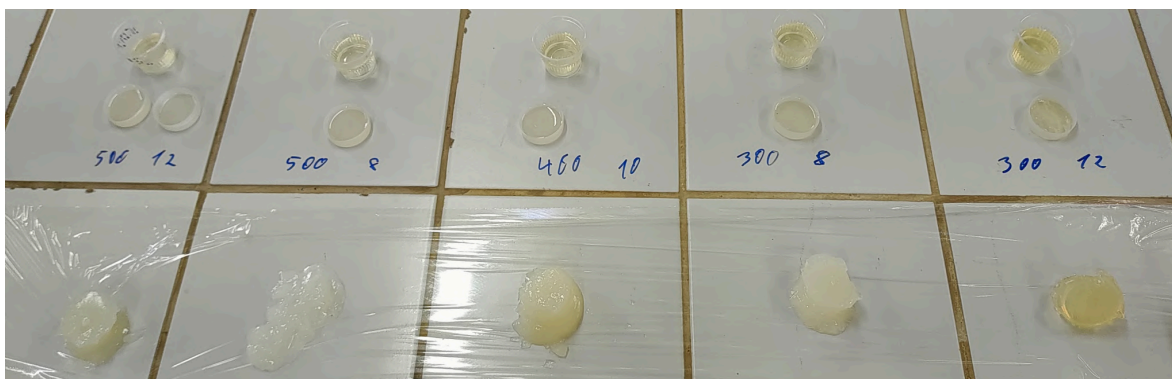
Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 4 e referem-se aos resultados obtidos para pH, condutividade, °Brix e da atividade de água (A_w) dos ensaios preliminares. Na Figura 3 são apresentados os produtos obtidos para cada condição de planejamento. A análise dos resultados dos ensaios realizados pode ser feita pela observação das figuras: Figura 4 (pH), Figura 5 (Condutividade elétrica), Figura 6 (°Brix) e Figura 7 (atividade de água).

Tabela 4 - Tabela referente aos resultados das aferições de pH, Condutividade, °Brix e Aw dos ensaios preliminares.

Amostra	pH	Cond ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	°Brix	Aw
1	6,21	118,9	25	0,96
2	6,06	190,4	24	0,96
3	6,15	182,5	25	0,96
4	6,14	241,5	23	0,99
5	6,08	192	23	0,96
6	6,08	192	23	0,96
7	6,08	192	23	0,96

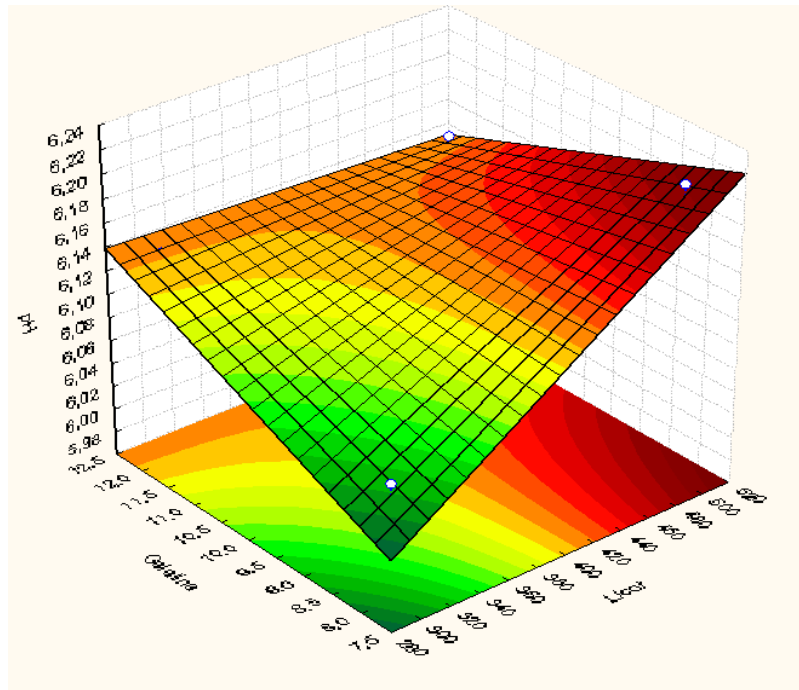
Fonte: o autor (2025).

Figura 3 - Amostras de gelatinas, preparadas com solução de vodka e calda de açúcar, enumeradas para identificação das preparações conforme planejamento experimental.



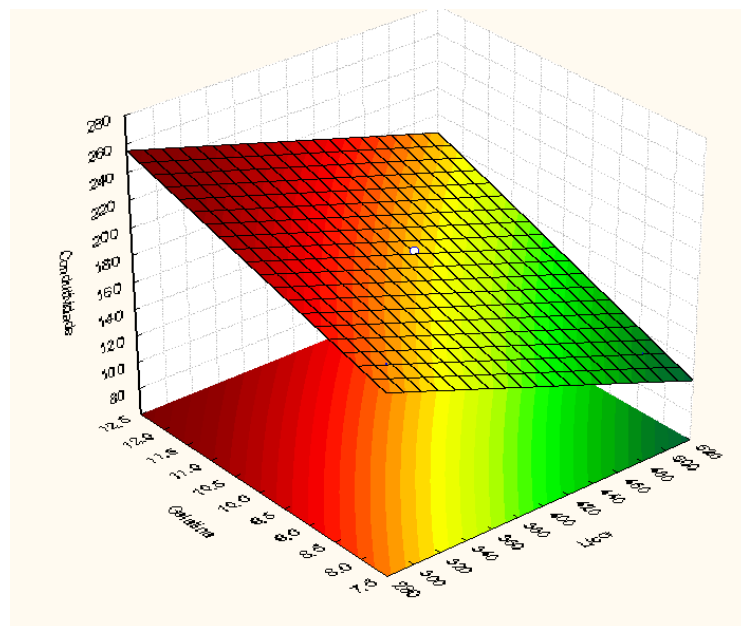
Fonte: o autor (2025).

Gráfico 1 - Representação gráfica dos resultados obtidos do pH das amostras dos ensaios preliminares.



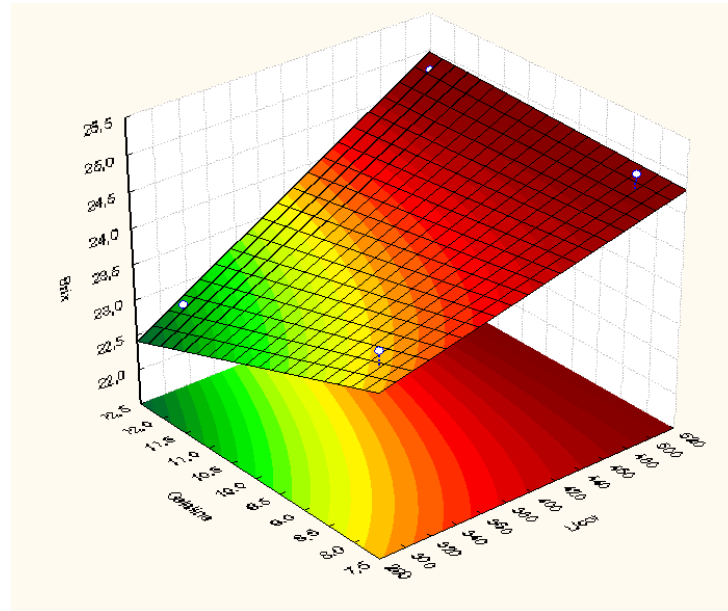
Fonte: o autor (2025).

Gráfico 2 - Representação gráfica dos resultados obtidos da condutividade das amostras dos ensaios preliminares.



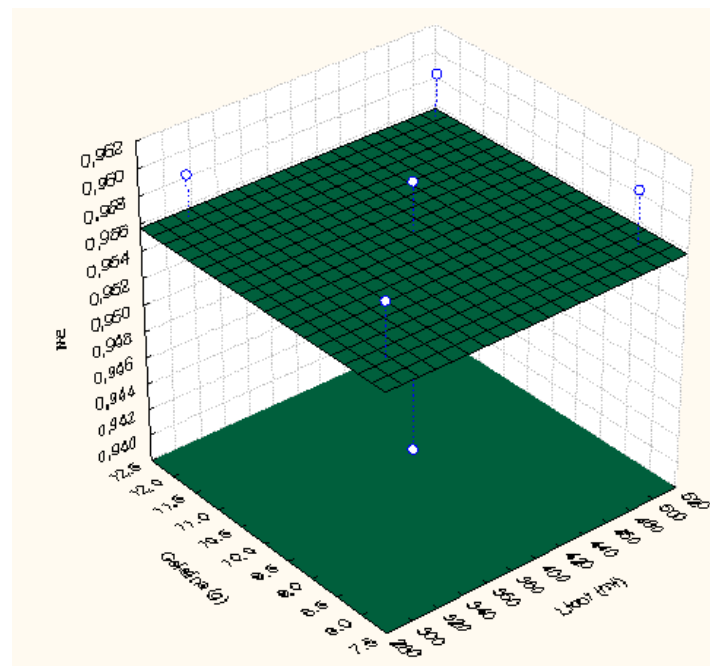
Fonte: o autor (2025).

Gráfico 3 - Representação gráfica dos resultados obtidos do °Brix das amostras dos ensaios preliminares.



Fonte: o autor (2025).

Gráfico 4 - Representação gráfica dos resultados obtidos da atividade de água das amostras dos ensaios preliminares.

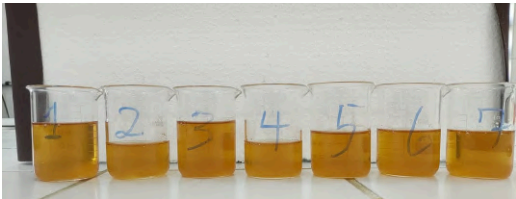
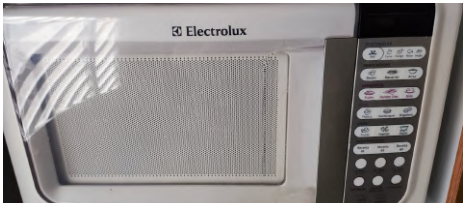


Fonte: o autor (2025).

6.3.2 Produção da gelatina com licor de pitaya

As imagens apresentadas na Tabela 6 referem-se ao processo de fabricação da gelatina com licor de pitaya.

Quadro 2 - Etapas da produção da gelatina com licor de pitaya.

A - Produtos sendo pesados.	
B - Produtos já misturados.	
C - Ingredientes sendo aquecidos no microondas.	
D - Misturas com gelatina dissolvida, enformados e resfriados.	

Fonte: o autor (2025).

Os dados apresentados na Tabela 5 referem-se ao planejamento fatorial 2^2 que considera como variáveis independentes o volume de licor e a massa de gelatina para cada amostra. Os resultados das aferições para cada condição do planejamento de experimentos estão presentes na Tabela 6. Na Figura 4 estão apresentadas as imagens das gelatinas obtidas para cada condição do planejamento experimental. A análise dos resultados utilizando as

superfícies de respostas está apresentada para o pH (Figura 9), condutividade elétrica (Figura 10), Brix (Figura 11) e atividade de água (Figura 12). Já na tabela 9 é possível ver um comparativos através dos gráficos de pareto entre os ensaios preliminares e a gelatina alcoólica feita com o licor de pitaya

Tabela 5 - Tabela referente ao planejamento e a concentração de licor e de gelatina em cada amostra do experimento.

Amostra	Experimento 1		Experimento 2	
	Preparado de Vodka com calda de açúcar	Gelatina	Licor de pitaya	Gelatina
1	500 ml	8 g	71,5 ml	1,14 g
2	300 ml	8 g	42,9 ml	1,14g
3	500 ml	12 g	71,5 ml	1,7 g
4	300 ml	12 g	42,9 ml	1,7 g
5	400 ml	10 g	57,2 ml	1,43 g
6	400 ml	10 g	57,2 ml	1,43 g
7	400 ml	10 g	57,2 ml	1,43 g

Fonte: o autor (2025).

Tabela 6 - Tabela referente aos resultados das aferições de pH, Condutividade, °Brix e Aw da gelatina.

Amostra	pH	Cond ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	°Brix	Aw
1	5,34	2394	22,1	0,96
2	5,38	2358	24	0,96
3	5,36	2509	23,1	0,96
4	5,42	2411	25	0,96
5	5,39	2357	24,8	0,94
6	5,38	2421	25	0,95
7	5,37	2366	24,3	0,96

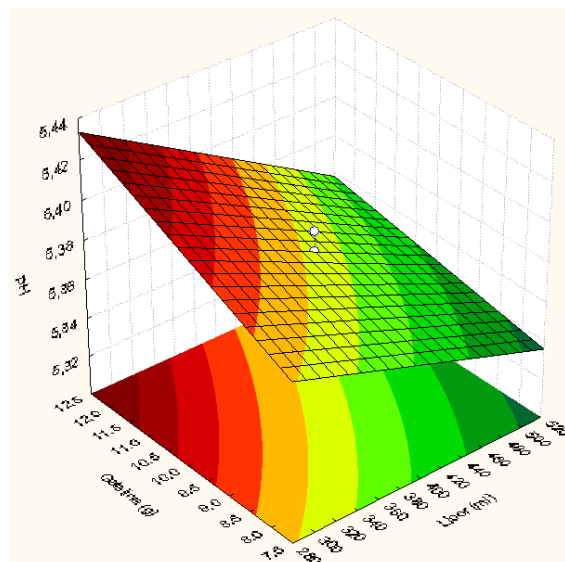
Fonte: o autor (2025).

Figura 4 - Amostras de gelatina com licor enumeradas para identificação conforme planejamento de experimentos, fatorial 2^2 .



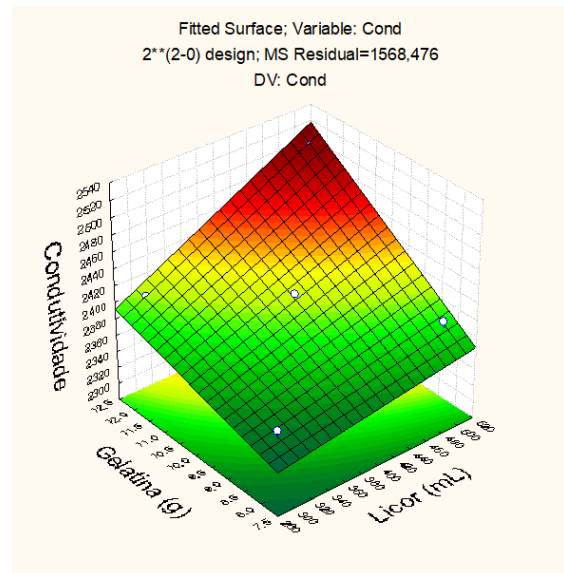
Fonte: o autor (2025).

Gráfico 5 - Representação gráfica dos resultados obtidos do pH das amostras de gelatina.



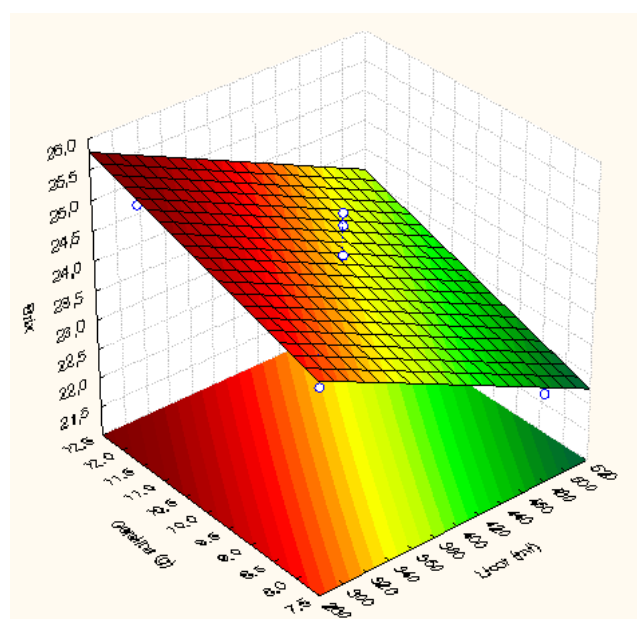
Fonte: o autor (2025).

Gráfico 6 - Representação gráfica dos resultados obtidos referentes à condutividade das amostras de gelatina.



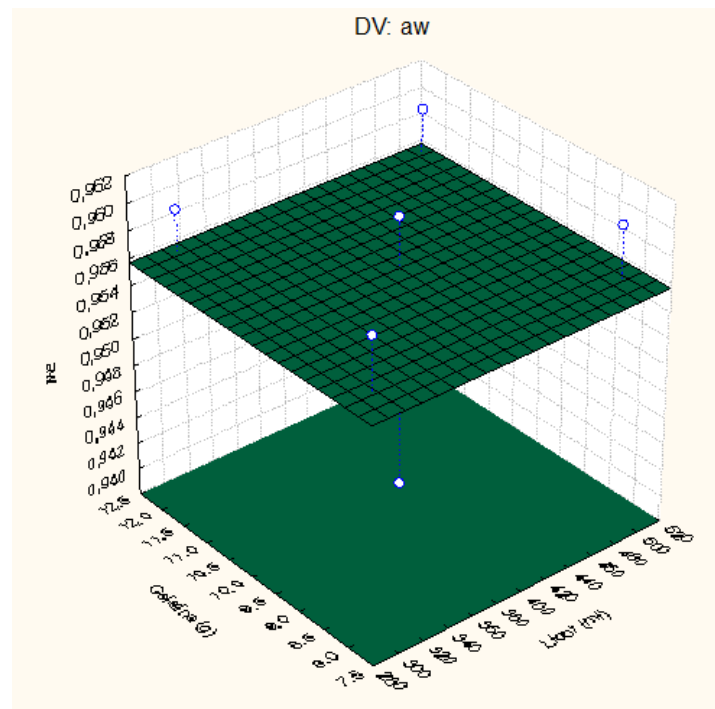
Fonte: o autor (2025).

Gráfico 7 - Representação gráfica dos resultados obtidos referentes ao °Brix das amostras de gelatina.



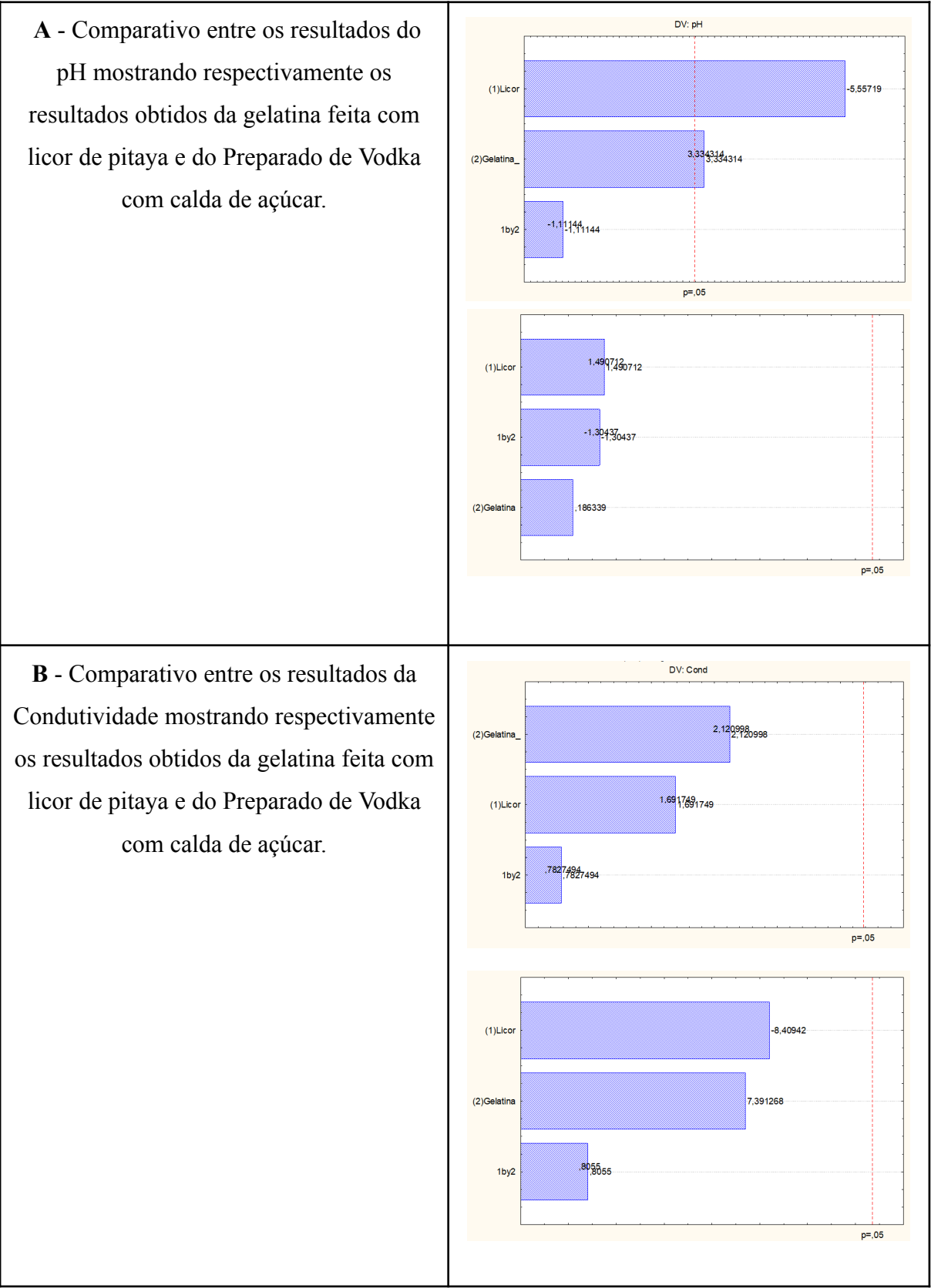
Fonte: o autor (2025).

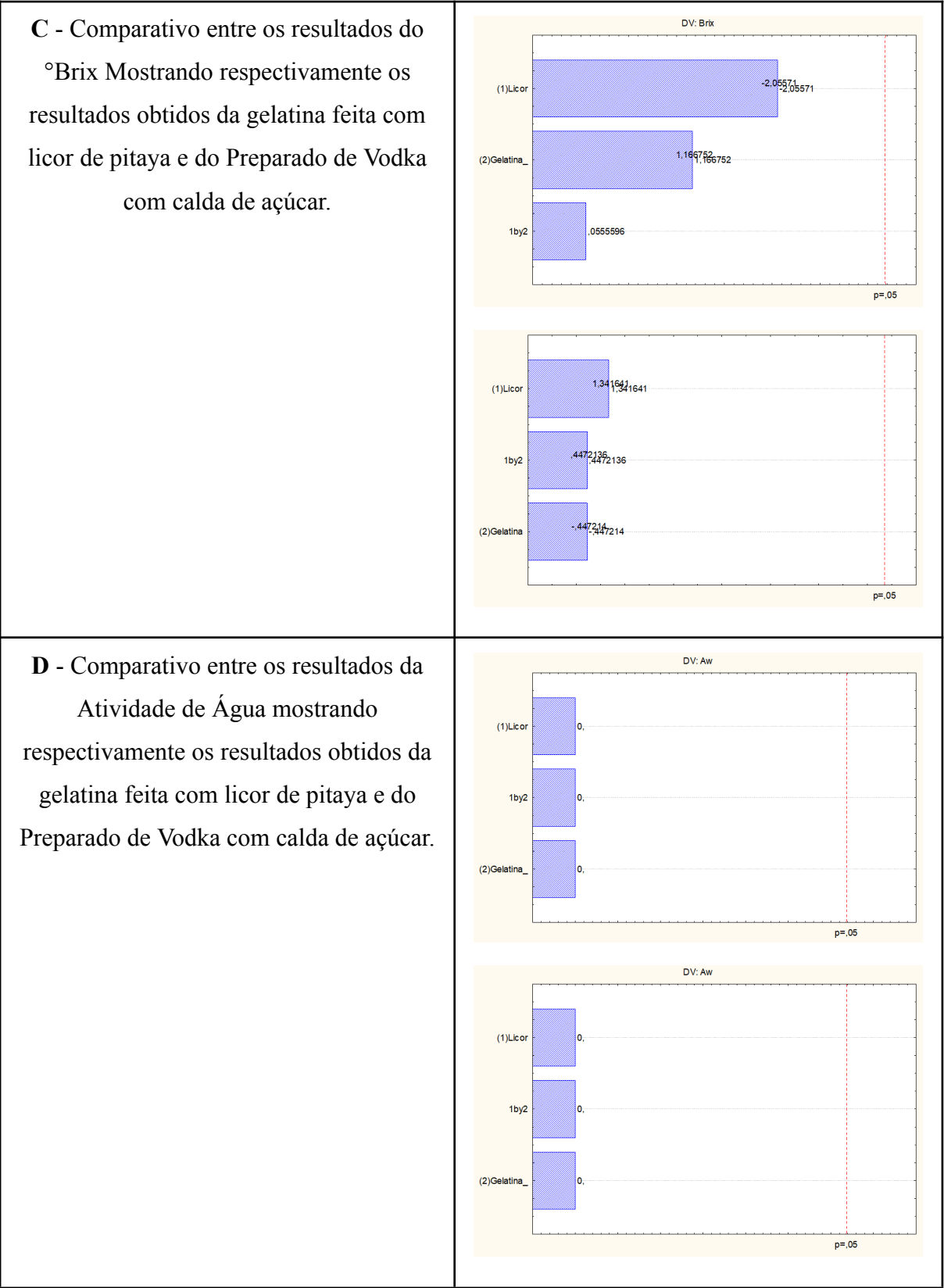
Gráfico 8 - Representação gráfica dos resultados obtidos referentes à AW das amostras de gelatina.



Fonte: o autor (2025).

Quadro 3 - Comparação entre os resultados dos ensaios preliminares e os resultados da gelatina de licor de pitaya, através de gráficos de pareto.





Fonte: o autor (2025).

7 DISCUSSÃO

7.1 Avaliação físico-química do licor de pitaya

A caracterização físico-química do licor de pitaya revelou parâmetros fundamentais para a definição de sua estabilidade microbiológica, aceitabilidade sensorial e viabilidade tecnológica. O pH obtido (5,11) reflete uma acidez moderada, suficiente para inibir o crescimento de microrganismos indesejáveis sem comprometer as propriedades sensoriais do produto. Essa condição favorece a conservação do licor ao longo do tempo e está alinhada com a literatura que indica que valores de pH mais baixos são eficazes na limitação da atividade enzimática e do desenvolvimento microbiano (Śliwińska *et al.*, 2015). Além disso, a acidez contribui positivamente para o equilíbrio organoléptico da bebida, reforçando sua percepção de frescor e realçando os compostos aromáticos naturalmente presentes na fruta (Teixeira *et al.*, 2011).

A acidez final da bebida também é influenciada pela composição da base alcoólica utilizada. De acordo com Lin *et al.* (2020), a natureza do álcool impacta diretamente a interação entre compostos fenólicos, açúcares e ácidos orgânicos, modulando o pH final do sistema. Śliwińska *et al.* (2015) observaram que licores elaborados com aguardente e vodka apresentaram pH significativamente reduzido, o que se deve à solubilização de compostos ácidos durante o processo de infusão e à adição de sacarose, cuja presença atua como agente tamponante parcial, dependendo da concentração e da temperatura (Pereira *et al.*, 2012). Assim, o pH registrado neste estudo demonstra que o equilíbrio entre os ingredientes foi eficaz na construção de um perfil ácido estável, microbiologicamente seguro e sensorialmente agradável.

Em relação ao grau Brix, o valor obtido de 21 indica uma concentração moderada de sólidos solúveis, notadamente açúcares e compostos orgânicos da fruta. Embora inferior aos valores relatados por Castro (2021) e Pereira *et al.* (2012), que descreveram cerca de 47–49 °Brix em licores de pitaya e outras frutas, esse resultado pode ser interpretado de forma positiva sob diversas perspectivas. Primeiramente, a menor concentração de açúcares disponíveis reduz a pressão osmótica do sistema, o que contribui para a inibição da proliferação de microrganismos osmófilos, favorecendo a estabilidade microbiológica do licor (Arici *et al.*, 2011). Adicionalmente, o baixo °Brix pode ser estrategicamente explorado como diferencial de mercado, uma vez que se associa a um perfil menos calórico, com apelo mais saudável e condizente com a crescente demanda por bebidas alcoólicas de menor teor de

açúcar (Teixeira *et al.*, 2011). A leveza sensorial e a percepção de frescor proporcionadas por esse perfil também aumentam a atratividade do produto para o público consumidor que busca alternativas mais sutis e frutadas.

A condutividade elétrica, mensurada em $2.311 \mu\text{S}/\text{cm}$, reflete uma matriz líquida com significativa presença de íons dissolvidos, resultantes da composição mineral da pitaya — rica em potássio, magnésio e cálcio — e da adição de sacarose. Esse parâmetro é amplamente reconhecido como indicativo da carga iônica total da solução e está relacionado à estabilidade coloidal da bebida, bem como à intensidade gustativa e densidade percebida (Fernandes *et al.*, 2018). A elevação acentuada da condutividade em relação aos ensaios preliminares demonstra que o processo de infusão e a formulação final proporcionaram um meio eletricamente mais ativo, o que pode ter implicações positivas tanto na preservação da estrutura química da bebida quanto na experiência sensorial do consumidor.

Quanto à atividade de água (A_w), o valor de 0,96 indica uma elevada disponibilidade de água livre na solução. Embora esse valor, isoladamente, possa ser indicativo de maior suscetibilidade ao crescimento microbiano, no contexto do licor essa condição é contrabalançada pela associação sinérgica entre o etanol e os açúcares adicionados, que atuam como barreiras à proliferação microbiana (Penha, 2016). A utilização simultânea de dois mecanismos clássicos de conservação — aumento da pressão osmótica e presença de álcool — reforça a segurança do produto, mesmo em ambientes com elevada umidade disponível. Isso implica na importância da manutenção de práticas adequadas de armazenamento, como controle de temperatura e vedação hermética, garantindo sua estabilidade durante a vida útil.

De forma integrada, os parâmetros físico-químicos analisados demonstram que o licor de pitaya apresenta um perfil compatível com os critérios estabelecidos pela legislação brasileira, notadamente o Decreto nº 6.871/2009, que determina um teor mínimo de 30 g/L de açúcar para a classificação como licor (Brasil, 2009). A acidez equilibrada, o grau Brix moderado, a condutividade elevada e a regulação da atividade de água por meio de agentes conservantes naturais conferem ao produto estabilidade, segurança microbiológica e viabilidade sensorial. Tais atributos sustentam o potencial do licor como base funcional para o desenvolvimento de novas formulações alimentares, especialmente em sistemas inovadores, como sobremesas alcoólicas e gelatinas funcionais.

7.2 Avaliação físico-química da gelatina

A avaliação físico-química das formulações de gelatina elaboradas a partir do licor de pitaya consistiu na análise dos parâmetros de pH, grau Brix, condutividade elétrica e atividade de água (A_w), com o objetivo de investigar as possíveis alterações induzidas pela incorporação do licor na matriz proteica da gelatina. A investigação baseou-se em sete formulações distintas, concebidas a partir de um planejamento fatorial com variações nas proporções entre licor e gelatina neutra, visando identificar os efeitos dessas proporções sobre a estabilidade físico-química do produto final.

Os valores de pH aferidos nas formulações variaram entre 5,34 e 5,42, sendo ligeiramente superiores ao pH registrado no licor puro (5,11). Essa elevação do pH pode ser atribuída à diluição dos ácidos orgânicos presentes no licor pela matriz gelificante, que apresenta caráter menos ácido e, em alguns casos, ligeiramente tamponante. Essa modulação do pH contribui para a suavização sensorial da acidez, além de exercer impacto sobre a estabilidade microbiológica, uma vez que valores moderados de pH ainda se mantêm dentro da faixa ideal para a inibição do crescimento microbiano em produtos com alto teor alcoólico (Śliwińska *et al.*, 2015). A literatura destaca que alterações no pH podem influenciar significativamente a textura de sistemas gelificados, afetando o grau de reticulação da rede tridimensional formada pelas proteínas do colágeno (Teixeira *et al.*, 2005).

A condutividade elétrica das amostras de gelatina variou entre 2.357 e 2.509 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mantendo-se em níveis similares àqueles obtidos no licor, o que sugere a conservação da carga iônica do sistema após a incorporação do licor à gelatina. A presença de sais minerais oriundos da pitaya — como cálcio, potássio e magnésio —, aliados à estrutura coloidal da gelatina, justifica esses resultados, uma vez que tais íons permanecem solúveis no sistema, contribuindo para a estabilidade eletroquímica da matriz gelificada (Fernandes *et al.*, 2018; Brasil, 2009). Arici *et al.* (2011) destacam que a condutividade elétrica pode ser utilizada como um marcador indireto da qualidade composicional de produtos alimentícios, especialmente quando há variação na concentração de componentes iônicos em diferentes formulações.

Com relação ao grau Brix, os valores oscilaram entre 22,1 e 25,0, superiores àqueles registrados no licor (21 °Brix). Essa elevação é atribuída à presença dos açúcares da calda incorporada ao licor e à possível interação da gelatina com os sólidos solúveis, promovendo uma maior retenção dos açúcares na matriz proteica. Embora valores mais baixos de sólidos solúveis sejam geralmente desejáveis para favorecer a segurança microbiológica, no caso das formulações gelificadas, a elevação do grau Brix é atenuada pelo efeito sinérgico do teor alcoólico, da acidez e da atividade de água, que atuam conjuntamente como barreiras

antimicrobianas (Van Der Spiegel *et al.*, 2012). Além disso, esse aumento favorece atributos sensoriais, como dulçor e corpo, relevantes para a aceitação do produto pelo consumidor (Penha *et al.*, 2016).

A atividade de água (A_w), por sua vez, apresentou valores entre 0,94 e 0,96, consistentes com os do licor de origem. Embora essa faixa de A_w indique uma elevada disponibilidade de água livre, a estabilidade microbiológica é garantida pela presença de etanol, compostos fenólicos e a elevada concentração de açúcares, que reduzem a pressão osmótica e dificultam a multiplicação microbiana. Arici *et al.* (2011) também ressaltam que, em produtos com alta atividade de água, a presença de conservantes naturais — como o etanol — é determinante para prolongar o tempo de prateleira e evitar a deterioração.

Os resultados indicam que a incorporação do licor de pitaya na matriz de gelatina não compromete os parâmetros físico-químicos essenciais, mantendo as propriedades dentro dos padrões recomendados para alimentos processados, conforme as exigências da legislação brasileira vigente (Brasil, 2009). Dessa forma, pode-se inferir que as formulações desenvolvidas são tecnologicamente viáveis e apresentam potencial para aplicações comerciais, especialmente no segmento de sobremesas alcoólicas.

A interpretação dos dados apresentados nos Gráficos 5, 6, 7 e 8 possibilita uma compreensão aprofundada acerca dos efeitos provocados pela variação na razão entre gelatina e licor de pitaya sobre os parâmetros físico-químicos das formulações desenvolvidas. No Gráfico 5, é possível observar que as amostras com maior proporção de gelatina e menor conteúdo de licor apresentaram valores mais elevados de pH. Tal comportamento pode ser explicado pela menor acidez intrínseca da gelatina em comparação ao licor de pitaya, cuja matriz contém ácidos orgânicos naturais oriundos da fruta e da infusão alcoólica. Assim, a diluição desses componentes ácidos, promovida pela presença predominante da gelatina, tende a elevar o pH da mistura final. Essa tendência está em consonância com as evidências descritas por Teixeira *et al.* (2005), que demonstram como a formulação de produtos alimentícios pode influenciar diretamente na modulação do pH, e também corrobora os critérios estabelecidos pela legislação brasileira vigente sobre bebidas alcoólicas (Brasil, 2009).

O Gráfico 6 evidencia um aumento expressivo na condutividade elétrica das amostras à medida que se eleva a proporção de gelatina nas formulações. Esse incremento pode ser atribuído à presença de íons dissociáveis liberados pelas proteínas da gelatina, que são capazes de intensificar a condutividade do sistema coloidal. Além disso, deve-se considerar a contribuição dos minerais naturalmente presentes na polpa da pitaya, como cálcio, potássio e

magnésio, os quais, mesmo em menor concentração de licor, permanecem na matriz em quantidades suficientes para afetar a capacidade condutora da solução. A literatura aponta que tais elementos participam ativamente da modulação das propriedades eletroquímicas dos alimentos, o que reforça a hipótese de que a condutividade observada resulta da interação sinérgica entre a matriz proteica da gelatina e os constituintes minerais da pitaya (Diniz, 2003; Brasil, 2009).

Em relação ao Gráfico 7, os resultados indicam que o aumento da concentração de gelatina, em detrimento da quantidade de licor, promoveu um acréscimo progressivo no teor de sólidos solúveis (°Brix). Essa tendência, embora à primeira vista possa parecer contraditória frente à redução do licor — tradicionalmente fonte de açúcares —, pode ser justificada pela liberação de pequenos peptídeos e açúcares residuais da própria gelatina durante o processo térmico de preparo. Além disso, a gelatina pode influenciar na retenção e redistribuição de compostos solúveis, elevando a densidade total da matriz. Estudos anteriores indicam que proteínas e polímeros naturais atuam de forma relevante na modulação do °Brix em sistemas alimentares, como demonstrado por Teixeira *et al.* (2005). É importante destacar que, conforme discutido por Lin *et al.* (2020), valores de °Brix moderadamente reduzidos, quando comparados a bebidas excessivamente doces, podem representar um avanço na segurança microbiológica, uma vez que menores concentrações de açúcares livres reduzem a atividade fermentativa de microrganismos deteriorantes.

Por fim, os dados apresentados no Gráfico 8 mostram que os valores de atividade de água (A_w) permaneceram praticamente inalterados entre as diferentes formulações avaliadas, com variações mínimas que não apresentaram significância estatística. Esse comportamento sugere que a proporção entre gelatina e licor não impactou de forma relevante a disponibilidade de água livre na matriz alimentar. Essa constância é um indicativo positivo de estabilidade microbiológica, uma vez que a manutenção da A_w em níveis adequados, mesmo em diferentes proporções de ingredientes, é fundamental para evitar alterações indesejadas no produto, conforme apontado por Fadda *et al.* (2016) e Lin *et al.* (2020). Além disso, esse resultado reforça que os mecanismos de retenção hídrica proporcionados pela gelatina, associados ao teor alcoólico do licor, são eficazes em conservar as condições físico-químicas do sistema, assegurando sua viabilidade comercial.

7.3 Análise comparativa entre o licor, as gelatinas e os ensaios preliminares

A comparação entre os parâmetros físico-químicos obtidos nas formulações finais e aqueles registrados nos ensaios preliminares proporciona uma base sólida para avaliar os impactos das variações composicionais sobre a estabilidade e a funcionalidade tecnológica dos produtos elaborados. Nos ensaios preliminares, os valores de pH variaram entre 6,06 e 6,21, apresentando-se superiores aos observados no licor final (pH = 5,11) e nas formulações de gelatina (entre 5,34 e 5,42). A redução do pH nas amostras finais pode ser atribuída a transformações químicas induzidas pela infusão alcoólica da pitaya, processo que potencializa a extração de compostos fenólicos e ácidos orgânicos naturalmente presentes na fruta, os quais acidificam o meio e atuam como agentes antimicrobianos naturais (Dadhaneeya *et al.*, 2023; Freitas e Mitcham, 2013). Tal modulação do pH é de extrema relevância, visto que a acidez influencia diretamente a estabilidade microbiológica do sistema alimentar, contribuindo para a inibição de microrganismos deteriorantes e garantindo maior shelf-life (Śliwińska *et al.*, 2015).

Quanto à condutividade elétrica, os ensaios preliminares apresentaram valores relativamente baixos, variando entre 118,9 e 241,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$, em contraste com os valores substancialmente mais elevados encontrados no licor (2.311 $\mu\text{S}/\text{cm}$) e nas gelatinas (entre 2.357 e 2.509 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Este aumento pode ser explicado pela maior presença de íons livres, oriundos tanto da adição de sacarose na calda quanto dos minerais presentes na polpa da pitaya, como cálcio, magnésio e potássio, elementos altamente solúveis que ampliam a capacidade do sistema em conduzir eletricidade (Fernandes *et al.*, 2018; Diniz, 2003). A influência dos íons dissolvidos também se estende à matriz proteica da gelatina, que possui propriedades coloidais capazes de interferir na mobilidade iônica, colaborando para o incremento observado na condutividade (Teixeira *et al.*, 2005).

O grau Brix das amostras preliminares oscilou entre 23 e 25 °Brix, valor que se aproxima daqueles obtidos nas formulações de gelatina (22,1 a 25,0 °Brix), porém permanece acima do identificado no licor final (21 °Brix). Essa redução na concentração de sólidos solúveis no licor final, em comparação aos valores observados nos testes iniciais e nas formulações gelificadas, pode ser considerada um atributo tecnológico desejável, especialmente sob a ótica da segurança microbiológica. Segundo Van der Spiegel *et al.* (2012), produtos com menor teor de sólidos solúveis apresentam menor disponibilidade de substratos fermentáveis para microrganismos, o que pode reduzir a taxa de crescimento microbiano, sobretudo quando associados a uma atividade de água moderadamente elevada.

Assim, a manutenção do grau Brix em faixas intermediárias — aliada à presença de etanol e compostos fenólicos — configura uma barreira adicional contra deteriorações microbiológicas, favorecendo a estabilidade do sistema.

No que se refere à atividade de água (A_w), os valores observados nos três conjuntos de amostras — ensaios preliminares (0,96 a 0,99), licor final (0,96) e gelatinas (0,94 a 0,96) — demonstram relativa constância, mesmo com a modificação da matriz alimentar. Apesar de valores de A_w acima de 0,90 geralmente estarem associados a maiores riscos microbiológicos, esse risco é mitigado pela presença de etanol, açúcares e compostos bioativos antioxidantes, que juntos conferem efeito conservante (Penha *et al.*, 2016; Lin *et al.*, 2020). A pequena variação entre os valores obtidos reforça a robustez do sistema alimentar desenvolvido, indicando que a manipulação da proporção entre licor e gelatina não comprometeu a disponibilidade de água livre na formulação.

A análise comparativa entre os dados obtidos nas formulações finais e os ensaios preliminares revelou padrões distintos de variação nos parâmetros físico-químicos, permitindo inferências relevantes sobre os efeitos da modulação da proporção entre gelatina e licor. No Gráfico 5, é evidente que a redução da concentração de licor e o acréscimo proporcional de gelatina elevaram significativamente os valores de pH nas amostras finais. Tal comportamento difere do observado no Gráfico 1, em que o aumento da concentração da solução alcoólica (vodka com calda de açúcar) resultou em maiores valores de pH. Esta discrepância pode ser atribuída à presença de compostos orgânicos provenientes da pitaya no licor final, cuja ação tamponante, em conjunto com os constituintes da gelatina, pode modificar a acidez do sistema final. Ademais, a interação entre proteínas e ácidos orgânicos pode atenuar o efeito acidificante da matriz alcoólica, conforme discutido por Freitas e Mitcham (2013) e Dadhaneeya *et al.* (2023).

O Gráfico 6 evidencia uma elevação dos valores de condutividade elétrica à medida que aumenta a proporção de gelatina e diminui a concentração de licor. Comparando-se com os ensaios preliminares (Gráfico 2), nos quais a condutividade foi predominantemente afetada pela concentração da solução hidroalcoólica, verifica-se uma mudança no perfil de resposta. Essa mudança pode ser explicada pela influência dos sais e íons dissociáveis presentes na gelatina, os quais, mesmo em menor concentração de licor, mantêm ou ampliam a condutividade do sistema. Além disso, a pitaya contribui com minerais como cálcio, magnésio e potássio, que, em equilíbrio com os eletrólitos da gelatina, reforçam a capacidade de condução elétrica da solução (Diniz, 2003).

O Gráfico 7 demonstra um aumento do teor de sólidos solúveis (°Brix) conforme cresce a proporção de gelatina e reduz-se a de licor. Tal comportamento contraria os achados dos ensaios preliminares ilustrados no Gráfico 3, nos quais o acréscimo de solução açucarada elevava o °Brix. Essa inversão pode decorrer da liberação de resíduos proteicos e carboidratos da gelatina durante o aquecimento e resfriamento, que, somados aos açúcares residuais do licor, aumentam a densidade de sólidos na matriz. Além disso, a presença da gelatina pode influenciar na reabsorção ou retenção de compostos solúveis, modificando sua distribuição e contribuindo para a elevação do índice refratométrico, conforme proposto por Fadda *et al.* (2016) e Śliwińska *et al.* (2015).

Por fim, o Gráfico 8 revela que os valores de atividade de água (A_w) permaneceram estáveis nas formulações finais, comportamento idêntico ao observado no Gráfico 4 referente aos ensaios preliminares. Essa estabilidade sugere que a variação na proporção entre licor e gelatina não foi suficiente para modificar significativamente a disponibilidade de água livre na matriz, mantendo-se o equilíbrio hídrico do sistema. Considerando que a A_w é um parâmetro crítico para a estabilidade microbiológica, essa constância reforça a viabilidade das formulações desenvolvidas sob diferentes proporções, conforme apontado por Lin *et al.* (2020) e Fadda *et al.* (2016).

Conforme evidenciado no quadro 3, a análise estatística dos dados obtidos nas formulações de gelatina contendo licor de pitaya demonstrou que, dentre os parâmetros físico-químicos avaliados (pH, grau Brix, condutividade elétrica e atividade de água), apenas o valor de pH apresentou significância estatística, conforme identificado pelos gráficos de Pareto com 95% de confiança. Este resultado destaca a sensibilidade do pH às variações na proporção entre gelatina e licor na matriz alimentar, possivelmente devido à maior concentração de ácidos orgânicos presentes no licor e à influência do biopolímero gelificante na neutralização ou tamponamento do sistema. A significância estatística do pH indica que esse parâmetro é particularmente sensível às interações entre os componentes da formulação, reforçando sua relevância no controle da estabilidade físico-química e microbiológica do produto. A ausência de significância nos demais parâmetros, embora não invalide sua importância tecnológica, sugere que eles apresentaram menor variação entre os níveis testados, comportando-se de forma estável sob as condições experimentais aplicadas.

Em suma, a análise comparativa dos parâmetros físico-químicos evidencia que as modificações implementadas ao longo do processamento, especialmente a redução do pH e o aumento da condutividade elétrica, desempenharam um papel fundamental na obtenção de um produto final cujas características estão em conformidade com a legislação brasileira vigente.

A manutenção dos níveis de sólidos solúveis e da atividade de água reforça a adequação das etapas de formulação e processamento adotadas, demonstrando sua eficácia na preservação da qualidade e estabilidade tanto do licor quanto das gelatinas produzidas. Esses ajustes são essenciais para garantir a segurança microbiológica e a aceitabilidade sensorial dos produtos, consolidando a relevância dos controles aplicados durante a produção.

8 CONCLUSÕES

A amostra 4 destacou-se por apresentar os melhores parâmetros físico-químicos combinados: pH de 5,42, condutividade de 2.411 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 25 °Brix e A_w de 0,96, indicando maior concentração de sólidos solúveis e um equilíbrio favorável entre acidez e teor de água livre. Esses achados validam a eficácia das condições de processamento adotadas e apontam para o potencial de aplicação comercial da gelatina alcoólica como um produto sensorialmente atrativo e microbiologicamente estável.

Os resultados obtidos são relevantes para a padronização tecnológica de gelatinas alcoólicas elaboradas com ingredientes naturais, campo ainda carente de diretrizes científicas específicas. Estudos futuros podem incorporar análises complementares, como determinação de compostos fenólicos, perfil antioxidante, vida de prateleira e testes sensoriais, ampliando o conhecimento sobre a funcionalidade e aceitação do produto. Assim, esta pesquisa contribui para o avanço da formulação de sobremesas alcoólicas inovadoras com base em frutas tropicais de alto valor agregado.

REFERÊNCIAS

- ARICI, M.; COLAK, F. A.; GÖK, S. Effects of different additives on physicochemical, microbiological and sensory properties of kefir. **Food Science and Technology International**, v. 17, n. 4, p. 331–337, 2011.
- BRASIL. *Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009. Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas*. Brasília: Presidência da República, 2009.
- CASTRO, V. A. **Caracterização físico-química e sensorial de licor de pitaya**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Escola de Engenharia, Goiânia, 2021.
- DADHANEEYA, H. *et al.* Impact of different drying methods on the phenolic composition, *in vitro* antioxidant activity, and quality attributes of dragon fruit slices and pulp. **Foods**, v. 12, n. 7, p. 1387, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods12071387>.
- DINIZ, E.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Atividade de água e condutividade elétrica de polpas de acerola concentradas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 5, Especial, p. 9-17, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.15871/1517-8595/rbpa.v5nespecialp9-17>.
- DOMÍNGUEZ DE BARROS, A. **Estudio experimental para la elaboración de licor de Pitaya**. 2016. 279 p. Trabajo de Fin de Grado (Grado en Ingeniería Química y Tecnología Farmacéutica) – Universidad de La Laguna, [S.l.], 2016. Disponível em: <http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/3102>. Acesso em: 17 jan. 2024.
- FADDA, A. *et al.* Effects of myrtle (*Myrtus communis* L.) fruit cold storage under modified atmosphere on liqueur quality. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 41, n. 1, e12776, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jfpp.12776>.
- FERNANDES, A. *et al.* Caracterização físico-química de licores artesanais de frutas. **Revista de Engenharia de Alimentos**, v. 12, n. 3, p. 45-56, 2018.
- FREITAS, S.; MITCHAM, E. Quality of pitaya fruit (*Hylocereus undatus*) as influenced by storage temperature and packaging. **Scientia Agricola**, v. 70, n. 4, p. 257-262, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0103-90162013000400006>.
- HAFIDS, S.; RAHMI, S.; CHAIRUNISAH, A. Study of low-fat ice cream with the substitution of super red dragon (*Hylocereus costaricensis*) fruit peel. **Indonesian Food Science and Technology Journal**, v. 3, n. 1, p. 23-28, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.22437/ifstj.v3i1.10186>.
- LIN, J. *et al.* Acceleration of the ageing process in mei (*Prunus mume* Siebold) liqueur by high hydrostatic pressure treatment. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 56, n. 4, p. 2030-2040, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/ijfs.14835>.

LIN, X. *et al.* Influence of alcohol content on physicochemical properties and microbial stability of fruit liqueurs. **Food Chemistry**, v. 320, p. 126646, 2020.

MULAS, M.; FADDA, A.; ANGIONI, A. Effect of maturation and cold storage on the organic acid composition of myrtle fruits. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 93, n. 1, p. 37-44, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jsfa.5724>.

A ORIGEM do licor | Nevine. 2021. Disponível em: <https://nevine.com.br/a-origem-do-licor>. Acesso em: 17 fev. 2024.

NUNES, E. N. *et al.* Pitaia (*Hylocereus* sp.): uma revisão para o Brasil. **Gaia Scientia**, v. 8, n. 1, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/ojs2/index.php/gaia/article/view/18397>.

PENHA, R. P. Análise sensorial e físico-química de licores de frutas tropicais. **Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 14, n. 1, p. 112-120, 2016.

PENHA, R. S. *et al.* Parâmetros físico-químicos na estabilidade de bebidas. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, v. 15, n. 2, p. 99-107, 2016.

PEREIRA, J. M. *et al.* Determinação de parâmetros físico-químicos em licores de frutas tropicais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 32, n. 4, p. 789-795, 2012.

SANTOS, M. A. *et al.* Avaliação da composição físico-química de licores comerciais de maracujá. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 20, n. 3, p. 223-230, 2018.

SILVA, A. P.; MENDES, F. R.; ALMEIDA, T. P. Interação entre proteínas e minerais na formação de géis alimentícios. **Food Research Journal**, v. 25, n. 2, p. 132-140, 2018.

ŚLIWIŃSKA, E. *et al.* Microbiological stability of fruit-based alcoholic beverages: Role of pH and ethanol content. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 8, p. 4965-4973, 2015.

ŚLIWIŃSKA, M. *et al.* The flavour of fruit spirits and fruit liqueurs: a review. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 30, n. 3, p. 197-207, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ffj.3237>.

TABASZEWSKA, M.; NAJGEBAUER-LEJKO, D.; ZBYLUT-GÓRSKA, M. The effect of *Crataegus* fruit pre-treatment and preservation methods on the extractability of aroma compounds during liqueur production. **Molecules**, v. 27, n. 5, p. 1516, 2022.

TEIXEIRA, A. P. *et al.* Efeito da concentração de sólidos solúveis na qualidade de licores artesanais. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 5, n. 2, p. 47-56, 2011.

TEIXEIRA, E. *et al.* Processos de produção e padronização de licores. **Revista Brasileira de Tecnologia de Alimentos**, v. 7, n. 1, p. 12-22, 2005.

TEIXEIRA, L. J. Q. *et al.* Tecnologia, composição e processamento de licores. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer – Goiânia, v. 7, n. 12, p. 2, 2011.

TEIXEIRA, L. J.; FERREIRA, V. C.; COSTA, M. A. Condutividade elétrica e presença de minerais em alimentos processados: um estudo comparativo. **Brazilian Journal of Food Science**, v. 9, n. 4, p. 78-89, 2005.

VAN DER SPIEGEL, M. *et al.* Occurrence and relevance of mycotoxins in honey. **Food Additives & Contaminants: Part A**, v. 29, n. 9, p. 1315–1326, 2012.