

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS
GERAIS – CAMPUS BAMBUÍ
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

Débora Cristina Fernandes Nogueira

**ESTUDO DE EMBALAGENS PLÁSTICAS APLICADAS A SALGADOS
CONGELADOS**

BAMBUÍ - MG

2026

DÉBORA CRISTINA FERNANDES NOGUEIRA

**ESTUDO DE EMBALAGENS PLÁSTICAS APLICADAS A SALGADOS
CONGELADOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí,
como requisito parcial para obtenção de grau de
Bacharel em Engenharia de Alimentos.
Orientadora: Lairy Silva Coutinho

BAMBUÍ - MG

2026

Catálogo na Fonte Biblioteca IFMG - Campus Bambuí

N778e Nogueira, Débora Cristina Fernandes.
Estudo de embalagens plásticas aplicadas a salgados congelados. /
Débora Cristina Fernandes Nogueira. – 2026.
71 f.; il.: color.

Orientadora: Lairy Silva Coutinho.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí,
MG, Curso Bacharelado em Engenharia de Alimentos, 2026.

1. Salgados congelados. 2. Embalagens alimentícias. 3. Vida de
prateleira. I. Coutinho, Lairy Silva. II. Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG. III.
Título.

CDD 664.092

Elaborada por Douglas Bernardes de Castro- CRB-6/2802



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
Campus Bambuí
Diretoria de Ensino
Departamento de Ciências Agrárias

Faz. Varginha - Rodovia Bambuí/Medeiros - Km 05 - Caixa Postal 05 - CEP 38900-000 - Bambuí - MG
37 3431 4900 - www.ifmg.edu.br

DÉBORA CRISTINA FERNANDES NOGUEIRA

ESTUDO DE EMBALAGENS PLÁSTICAS APLICADAS A SALGADOS CONGELADOS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Bacharelado em Engenharia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *Campus Bambuí* para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Aprovado em 23/06/2026 pela banca examinadora:

Bambuí, 22 de junho de 2026.



Documento assinado eletronicamente por **Lairy Silva Coutinho, Professora EBT**, em 10/07/2026, às 20:18, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Rogério Amaro Gonçalves, Professor**, em 10/07/2026, às 20:22, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Amanda Camilo Graciano, Usuário Externo**, em 10/07/2026, às 20:55, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **2779998** e o código CRC **0E742A3D**.

23209.002333/2025-07	2779998v1
----------------------	-----------

Dedico este trabalho, primeiramente a Deus, por me conceder força, sabedoria e coragem para enfrentar cada etapa desta jornada. Dedico também a mim mesma, pelo empenho, superação e perseverança ao longo de todo o caminho.

AGRADECIMENTOS

Quero expressar minha eterna gratidão a todos que contribuíram para a realização desta trajetória. Agradeço profundamente ao meu marido Lucas, pelo apoio incondicional, paciência e incentivo constante. Aos meus pais, Eleni e Hélio, pela base sólida que sempre me deram e por acreditarem nos meus sonhos. Estendo também minha gratidão ao meu primo Daniel que me incentivou a ingressar na faculdade e compartilhou comigo esses anos de caminhada, aos meus amigos especialmente, que estiveram ao meu lado com palavras de encorajamento e carinho nos momentos mais desafiadores.

Meu profundo agradecimento a minha orientadora, Lairy Silva Coutinho, por sua orientação fundamental e apoio contínuo. Agradeço a banca examinadora por aceitar o convite e contribuir com esse trabalho.

Aos demais, agradeço por estarem presentes com apoio e motivação nos momentos em que mais precisei. Ao IFMG – *Campus Bambuí*, pela infraestrutura oferecida.

"Porque sou eu que conheço os planos que tenho para vocês", diz o Senhor, 'planos de fazê-los prosperar e não de lhes causar dano, planos de dar-lhes esperança e um futuro."

— Jeremias 29:11

RESUMO

Este trabalho avaliou a influência de diferentes materiais de embalagem e sistemas de selagem na estabilidade físico-química de salgados congelados durante o armazenamento. Foram utilizadas coxinhas e mini-empadas acondicionadas em embalagens de polietileno (PE), polipropileno (PP) e poliolefínico (POF), submetidas à selagem convencional e à vácuo. As amostras permaneceram armazenadas sob congelamento a aproximadamente $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, sendo realizadas análises de umidade, acidez titulável, atividade de água (A_w) e colorimetria ao longo do período experimental. Também foram elaboradas propostas de design e rotulagem nutricional conforme a legislação vigente, além da estimativa da vida de prateleira por meio do fator Q10 e das alterações colorimétricas. Os resultados demonstraram que as embalagens submetidas ao sistema de vácuo apresentaram maior estabilidade físico-química em comparação às embalagens com selagem convencional, principalmente quanto à preservação da umidade, controle da acidez e manutenção dos parâmetros colorimétricos. As embalagens de polipropileno e poliolefínico associadas ao vácuo apresentaram melhor desempenho na conservação visual e redução das oscilações físico-químicas, indicando menor ocorrência de processos oxidativos e maior proteção contra trocas gasosas e de vapor de água. Em contrapartida, o polietileno convencional apresentou maior suscetibilidade às alterações decorrentes da permeabilidade do material e da presença de oxigênio no interior da embalagem. A estimativa da vida de prateleira indicou elevada sensibilidade das reações deteriorativas à temperatura, evidenciada pelo valor de Q10 obtido no estudo. Além disso, a avaliação demonstrou alterações progressivas nos parâmetros de luminosidade ao longo do armazenamento congelado. Conclui-se que a utilização de embalagens associadas ao vácuo contribui significativamente para a manutenção da qualidade físico-química e visual de salgados congelados, podendo representar alternativa eficiente para ampliação da estabilidade e valorização comercial desses produtos.

Palavras-chave: Salgados congelados; Embalagens alimentícias; Selagem; Vida de prateleira; Fator Q10; Estabilidade físico-química.

ABSTRACT

This study evaluated the influence of different packaging materials and sealing systems on the physicochemical stability of frozen savory products during storage. Chicken croquettes (coxinhas) and mini chicken pies (mini empadas) were packaged in polyethylene (PE), polypropylene (PP), and polyolefin (POF) films using conventional and vacuum sealing systems. The samples were stored under freezing conditions at approximately $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ and analyzed throughout the storage period for moisture content, titratable acidity, water activity (A_w), and color parameters. In addition, packaging design proposals and nutritional labeling were developed according to current Brazilian regulations, and shelf-life estimation was performed using the Q10 factor and colorimetric changes. The results showed that vacuum-sealed packages provided greater physicochemical stability compared to conventionally sealed packages, especially regarding moisture preservation, acidity control, and maintenance of color parameters. Polypropylene and polyolefin packages combined with vacuum sealing demonstrated the best performance in visual preservation and reduction of physicochemical fluctuations, indicating lower occurrence of oxidative processes and greater protection against gas and water vapor transfer. In contrast, conventional polyethylene packaging showed greater susceptibility to quality changes due to its higher permeability and the presence of oxygen inside the package. Shelf-life estimation indicated high sensitivity of deteriorative reactions to temperature variations, as evidenced by the Q10 value obtained in the study. The findings suggest that the use of vacuum packaging significantly contributes to maintaining the physicochemical and visual quality of frozen savory products, representing an efficient alternative for improving product stability and commercial value.

Keywords: Frozen savory products; Packaging; sealing; Shelf life; Q10 factor; Physicochemical stability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Velocidade de transformações nos alimentos em função da atividade de água.....	24
Figura 2 – Preparo das amostras.....	26
Figura 3 – Preparação para análise de umidade.	27
Figura 4 – Amostras tituladas.....	28
Figura 5 – Realização da análise de atividade de água.....	28
Figura 6 – Realização da análise de colorimetria em uma amostra.....	30
Figura 7 a) – Proposta de design da embalagem para coxinha.....	45
Figura 7 b) – Proposta de design da embalagem para empada.....	46
Figura 8 a) – Aplicação da rotulagem conforme legislação vigente para coxinha.....	46
Figura 8 b) – Aplicação da rotulagem conforme legislação vigente para empadinha.....	47
Figura 9 – Monitoramento das temperaturas experimentais e cálculo da média.....	48
Figura 10 – Parte do design da embalagem da coxinha, evidenciando elementos visuais associados à conservação, praticidade e valorização comercial do produto.	49
Figura 11 – Parte do design da embalagem da mini-empada, evidenciando elementos visuais associados à conservação, praticidade e valorização comercial do produto.	50
Figura 12 – Tabela nutricional da coxinha elaborada com base nos dados da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO).	51
Figura 13 – Tabela nutricional da empadinha elaborada com base nos dados da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO).	51

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Parâmetros avaliados em coxinhas embaladas com polietileno selado (PE.S-C).	33
Gráfico 2 – Parâmetros avaliados em coxinhas embaladas com polietileno a vácuo (PE.V-C).	33
Gráfico 3 – Parâmetros avaliados em coxinhas embaladas com polipropileno selado (PP.S-C).	34
Gráfico 4 – Parâmetros avaliados em coxinhas embaladas com polipropileno a vácuo (PP.V-C).	35
Gráfico 5 – Parâmetros avaliados em coxinhas embaladas com poliolefínico selado (POF.S-C).	37
Gráfico 6 – Parâmetros avaliados em coxinhas embaladas com poliolefínico a vácuo (POF.V-C).	37
Gráfico 7 – Parâmetros avaliados em empadinhas embaladas em polietileno selado (PE.S-E).	39
Gráfico 8 – Parâmetros avaliados em empadinhas embaladas em polietileno a vácuo (PE.V-E).	40
Gráfico 9 – Parâmetros avaliados em empadinhas embaladas em polipropileno selado (PP.S-E).	41
Gráfico 10 – Parâmetros avaliados em empadinhas embaladas em polipropileno a vácuo (PP.V-E).	42
Gráfico 11 – Parâmetros avaliados em empadinhas embaladas em poliolefínico selado (POF.S-E).	43
Gráfico 12 – Parâmetros avaliados em empadinhas embaladas em poliolefínico a vácuo (POF.V-E).	44

LISTA DE GRÁFICOS (continuação)

Gráfico 13 – Regressão linear da luminosidade (L^*) da embalagem PE.S-C durante o armazenamento congelado.	53
Gráfico 14 – Regressão linear da luminosidade (L^*) da embalagem PE.V-C durante o armazenamento congelado.	54
Gráfico 15 – Regressão linear da luminosidade (L^*) da embalagem PP.S-C durante o armazenamento congelado.	55
Gráfico 16 – Regressão linear da luminosidade (L^*) da embalagem PP.V-C durante o armazenamento congelado.	56
Gráfico 17 – Regressão linear da luminosidade (L^*) da embalagem POF.S-C durante o armazenamento congelado.	57
Gráfico 18 – Regressão linear da luminosidade (L^*) da embalagem POF.V-C durante o armazenamento congelado.	59
Gráfico 19 – Regressão linear da luminosidade (L^*) da embalagem PE.S-E durante o armazenamento congelado.	60
Gráfico 20 – Regressão linear da luminosidade (L^*) da embalagem PE.V-E durante o armazenamento congelado.	61
Gráfico 21 – Regressão linear da luminosidade (L^*) da embalagem PP.S-E durante o armazenamento congelado.	62
Gráfico 22 – Regressão linear da luminosidade (L^*) da embalagem PP.V-E durante o armazenamento congelado.	63
Gráfico 23 – Regressão linear da luminosidade (L^*) da embalagem POF.S-E durante o armazenamento congelado.	64
Gráfico 24 – Regressão linear da luminosidade (L^*) da embalagem POF.V-E durante o armazenamento congelado.	65

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
1.1	Objetivo	18
1.1.1	Objetivo geral	18
1.1.2	Objetivo específico	18
1.2	Justificativa	19
2	REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1	Funções e especificidades de embalagens para alimentos congelados.....	19
2.2	Legislações pertinentes para embalagens de alimentos congelados.....	20
2.3	Embalagens para salgados congelados	20
2.4	Caracterização físico-química de salgados congelados	23
2.5	Processamento térmico envolvido em embalagens de alimentos congelados	25
3	MATERIAIS E MÉTODOS	26
3.1	Materiais	26
3.1.1	Amostras	26
3.1.2	Análises físico-químicas	27
3.1.3	Umidade.....	27
3.1.4	Acidez	28
3.1.5	Atividade de água (A_w).....	28
3.1.6	Colorimetria	29
3.1.6.1	Cromaticidade (C^*).....	29
3.1.6.2	Ângulo Hue (h°)	29
3.1.6.3	Diferença de cor total (ΔE^*).....	30
3.1.6.4	Índice de saturação (ou pureza de cor)	30
3.1.6.5	ΔC^* (diferença de cromaticidade)	30
3.1.6.6	ΔH^* (diferença de matiz).....	30
3.1.7	Tabela nutricional	31
3.1.8	Estimativa da vida de prateleira.....	31
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	32
4.1	Discussão dos parâmetros avaliados para coxinha	32
4.1.1	Polietileno selado – coxinha (PE.S-C).....	32
4.1.2	Polietileno a vácuo – coxinha (PE.V-C).....	33
4.1.3	Polipropileno selado – coxinha (PP.S-C)	34

4.1.4	Polipropileno a vácuo – coxinha (PP.V-C).....	35
4.1.5	Polioléfinas seladas – coxinha (POF.S-C).....	36
4.1.6	Polioléfinas a vácuo – coxinha (POF.V-C).....	37
4.2	Discussão dos parâmetros avaliados para empadinha	38
4.2.1	Polietileno selado – empada (PE.S-E)	38
4.2.2	Polietileno a vácuo – empada (PE.V-E)	39
4.2.3	Polipropileno selado – empada (PP.S-E).....	40
4.2.4	Polipropileno a vácuo – empada (PP.V-E)	41
4.2.5	Polioléfinas seladas – empada (POF.S-E)	42
4.2.6	Polioléfinas a vácuo – empada (POF.V-E)	43
4.3	Design de embalagens e rotulagem nutricional de salgados congelados.....	45
4.4	Discussão dos parâmetros físicos e químicos no decorrer da vida de prateleira	53
4.4.1	Acondicionamento de coxinha em embalagens de polietileno	53
4.4.2	Acondicionamento de coxinha em embalagens de polipropileno	55
4.4.3	Acondicionamento de coxinha em embalagens de poliolefinas.....	57
4.4.4	Acondicionamento de mini empada em embalagens de polietileno.....	59
4.4.5	Acondicionamento de mini empada em embalagens de polipropileno	61
4.4.6	Acondicionamento de mini empada em embalagens de poliolefinas.....	64
4.5	Estimativa da vida de prateleira pelo método Q10 e avaliação das alterações colorimétricas em coxinhas e empadas congeladas	66
5	CONCLUSÃO	68
	REFERÊNCIAS	70

1. INTRODUÇÃO

As transformações sociais e culturais dos últimos anos têm contribuído para o crescimento da demanda por alimentos de conveniência, aqueles que são práticos e de preparo rápido. Nesse grupo, destacam-se os alimentos pré-cozidos e congelados, que requerem apenas aquecimento antes do consumo. Exemplos comuns incluem empanados de carne e peixe, como croquetes, risóis e nuggets (ALBERT et al., 2009).

Os materiais plásticos têm conquistado cada vez mais espaço no mercado competitivo. Diversos alimentos que antes eram tradicionalmente acondicionados em recipientes de vidro agora são encontrados exclusivamente em embalagens plásticas, sejam elas simples ou complexas, como é o caso do leite pasteurizado e do leite esterilizado tipo longa vida (JORGE, 2013).

Segundo Nguyen et al. (2020), a principal função das embalagens é garantir a proteção dos alimentos durante todo o seu período de validade. A vida útil de um produto alimentício está relacionada não apenas às suas características intrínsecas e à sua estabilidade frente aos processos de conservação, mas também a dois fatores determinantes: o contato direto com a embalagem, que pode resultar na migração de compostos, e a exposição a elementos atmosféricos, como oxigênio e umidade, os quais estão diretamente ligados à permeabilidade do material de embalagem (JORGE, 2013).

Os salgados congelados destacam-se entre os alimentos de conveniência devido à praticidade de preparo, facilidade de armazenamento e elevada aceitação pelos consumidores. Produtos como coxinhas, empadas, quibes e risoles possuem ampla comercialização em panificadoras, lanchonetes e serviços de alimentação coletiva. Entretanto, por apresentarem recheios ricos em proteínas, lipídios e umidade, esses alimentos tornam-se mais suscetíveis a alterações físico-químicas e microbiológicas durante o armazenamento, exigindo condições adequadas de processamento, congelamento e acondicionamento para manutenção de sua qualidade (SUN, 2012).

Os produtos de panificação congelados necessitam de embalagens com propriedades de barreira eficientes contra fatores externos, principalmente oxigênio, vapor de água e variações de temperatura, uma vez que tais fatores podem acelerar reações de deterioração, comprometendo características como textura, cor, sabor e estabilidade microbiológica. Nesse contexto, materiais como polietileno (PE), polipropileno (PP) e filmes poliolefinicos vêm sendo amplamente empregados na indústria alimentícia devido às suas propriedades de resistência mecânica, flexibilidade e capacidade de proteção durante a vida de prateleira (COUTINHO; MELLO; SANTA MARIA, 2003).

Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência de diferentes materiais de embalagem e sistemas de selagem sobre a estabilidade físico-química de salgados congelados durante o armazenamento. Além disso, buscou-se estimar a vida de prateleira dos produtos por meio da avaliação das alterações colorimétricas e do fator Q10, contribuindo para o desenvolvimento de estratégias voltadas à conservação da qualidade e ao aumento da estabilidade de alimentos congelados.

1 OBJETIVO

1.1.1 Objetivo Geral

Elaborar uma proposta de embalagem com características adequadas para salgados congelados, por meio do estudo de diferentes embalagens plásticas voltadas para alimentos congelados, no que diz respeito a aspectos funcionais, estruturais e informativos, visando manter a qualidade físico-química dos produtos, atender às exigências legais e melhorar o armazenamento e a conservação deste produto alimentício.

1.1.2 Objetivo Específico

- Investigar as referências de métodos de desenvolvimento de embalagens para salgados congelados;
- Investigar as principais funções das embalagens de alimentos e as especificidades aplicadas aos salgados congelados;
- Estruturar um conjunto de informações para elaboração do design industrial das embalagens;
- Elaborar aspectos gerais da rotulagem da embalagem;
- Definir e avaliar as propriedades de embalagens para mix de salgados congelados;
- Discutir sobre as características de vida útil dos produtos congelados panificados nos diferentes tipos de embalagem.

1.2 Justificativa

O aumento constante no consumo de alimentos congelados tem impulsionado a necessidade por embalagens mais eficazes e funcionais, que garantam a preservação da qualidade e da segurança dos produtos durante toda a sua vida útil. No entanto, o uso de embalagens inadequadas ainda é um desafio recorrente, podendo comprometer não apenas as características sensoriais e nutricionais dos alimentos, mas também a confiança do consumidor. Diante desse cenário, este projeto propõe a identificação de materiais acessíveis e eficientes para embalagens, fundamentados em critérios técnicos e em conformidade com as normas vigentes. A iniciativa visa, sobretudo, oferecer soluções práticas e aplicáveis à realidade de uma panificadora parceira, contribuindo de forma direta para a melhoria dos seus processos de embalagem, rotulagem e apresentação dos produtos. Além de atender a uma demanda real do setor, o trabalho busca agregar valor aos alimentos comercializados, fortalecendo a competitividade da empresa e promovendo maior segurança alimentar aos consumidores.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Funções E Especificidades De Embalagens Para Alimentos Congelados

As embalagens, segundo Martinazzo et al. (2020), possuem a função de comunicação, conveniência, contenção e proteção. A sua atribuição principal é a proteção, pois a degradação dos alimentos acontece quando eles perdem suas qualidades originais, como sabor, textura e valor nutricional. A embalagem mantém a qualidade do alimento por mais tempo evitando essa degradação, atua também como uma barreira física que impossibilita a entrada de insetos e microorganismos, como bactérias e fungos. Com isso, contribui com a preservação da qualidade, segurança e vida útil dos alimentos, garantindo proteção contra os contaminantes e os fatores ambientais adversos. (PERON ET AL., 2022).

O plástico, vastamente utilizado na embalagem de alimentos, se destaca por diversas vantagens. Sua leveza contribui para a diminuição dos custos logísticos e sua resistência proporciona um manuseio seguro e eficiente. Além disso, o plástico apresenta resistência mecânica e térmica relativa, possibilitando que o material seja utilizado em condições de temperatura variadas, mas com algumas limitações. Ele também funciona como uma barreira relativa contra a umidade e gases, preservando por mais tempo as características do alimento (JORGE, 2013).

De acordo com Lemanski (2012), as embalagens plásticas flexíveis apresentam características que garantem maior resistência durante transporte e armazenamento de alimentos congelados, além de atribuir o controle de umidade para evitar a formação de cristais de gelo. Elas realizam um papel essencial na conservação e segurança dos alimentos, sendo amplamente utilizadas no nosso cotidiano. Essas embalagens, não só contribuem para a prevenção do desperdício mas também asseguram que os produtos cheguem ao consumidor com qualidade e em condições adequadas para o consumo (LEMANSKI, 2021).

2.2 Legislações Pertinentes Para Embalagens De Alimentos Congelados

Existem diversos métodos e legislações que devem ser consideradas quando se deseja congelar, conservar e embalar um alimento, porém procura equilibrar a proteção da saúde pública, a transparência dos produtos para os consumidores e a sustentabilidade. Além disso, as normas podem assegurar que as embalagens apresentem segurança e desempenho para os alimentos congelados.

A ANVISA, principal responsável pela regulação e fiscalização de alimentos no Brasil, determina diversas resoluções que impactam diretamente na indústria de alimentos congelados, como a Resolução RDC nº 7/2011. Esta resolução estabelece os requisitos técnicos de embalagens, que incluem a segurança dos materiais, a necessidade de proteção da embalagem contra agentes contaminantes e a preservação das propriedades iniciais do alimento (BRASIL, 2011). Inclui-se também a Resolução RDC nº 33/2011, que dispõe do regulamento sobre rotulagem nutricional em alimentos embalados, pois afirma que as embalagens de alimentos industrializados devem fornecer informações claras e objetivas sobre os ingredientes do alimento e suas características.

De acordo com a AGEITEC (2016), o congelamento consiste manter o produto em temperaturas inferiores ao ponto de congelamento e dependendo do produto-alvo, por intervalos de tempo mais longos, processos utilizados e embalagem. E segundo orientação da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA (2004), o procedimento de congelamento de um alimento preparado deve ser realizado de maneira a reduzir riscos de contaminação cruzada. E sua temperatura de conservação, deve ser igual ou inferior a -18°C (dezoito graus Celsius negativos), quando congelado.

2.3 Embalagens Para Salgados Congelados

As embalagens são classificadas de duas formas, primária, secundária e terciária. Embalagens primárias são aquelas que entram em contato direto com o alimento, já as

embalagens secundárias são aquelas que possuem a função de agrupar com a finalidade de serem usadas para a distribuição com o intuito de proteger as embalagens primárias contra vibrações e choques, as embalagens terciárias também possuem a finalidade de proteção atribuídas as embalagens primárias e secundárias durante o transporte. (LANDIN, ET AL., 2016; SANTOS E YOSHIDA, 2011).

As embalagens ativas possuem um papel adicional na conservação do alimento, pois, além do objetivo de proteção, que atua como barreira a fatores externos, esse sistema ativo trabalha diretamente com o produto, promovendo reações naturais que ajudam a manter sua qualidade por mais tempo. (SANTOS & YOSHIDA, 2011).

Como descrito por Sarantópoulos, Oliveira e Canavesi (2002), os alimentos acondicionados em plástico podem interagir com a embalagem, influenciando a sua vida de prateleira. Durante o armazenamento, substâncias como monômeros, solventes e aditivos do plástico podem migrar para o alimento. Além disso, nas embalagens poliolefinas de polietileno e de polipropileno, os compostos aromáticos dos alimentos podem ser absorvidos pelo plástico, alterando as suas características.

Os materiais plásticos ganham cada vez mais espaço no mercado e conforme Jorge (2013) a sua escolha é fundamentada em requisitos importantes que devem ser levados em consideração, como cita:

“A escolha de um determinado tipo de embalagem é fundamentada em requisitos essenciais de proteção ao alimento acondicionado. Por outro lado, os aspectos econômico e mercadológico devem ser levados em consideração. O aspecto econômico é talvez, o fator acelerador da procura de embalagens plásticas alternativas para os recipientes de 21

vidro e metálicos. Na substituição dessas embalagens sempre ocorre uma drástica redução no fator de proteção. Contudo, procura-se balancear esse fator com o aspecto econômico em função do alimento e de um menor período de comercialização.” (JORGE, 2013, p. 68)

Os termoplásticos são polímeros que flexibilizam com o calor e endurecem ao esfriar, sendo reformulados repetidamente sem alterar suas propriedades. (RUDIN; CHOI, 2015). A densidade do polímero depende da sua composição química (dos elementos constituintes do polímero), da sua massa molar e da organização (forma) das moléculas. As poliolefinas (compostos apenas de carbono e hidrogênio), apresentam uma baixa densidade, cuja maioria encontra-se abaixo de 1,0 g/cm³. O acréscimo de elementos como o oxigênio, o cloro, o flúor ou o bromo pode aumentar esta densidade (SARANTÓPOULOS; TEIXEIRA, 2017).

O polietileno é o termoplástico predominante no segmento de embalagens e resulta no mercado da polimerização de olefinas. Sua estrutura molecular, que pode ser linear ou

ramificada, influencia diretamente sua densidade. A própria densidade recua, ou seja, quanto mais ramificada for a cadeia, menor será a densidade. Assim, o polietileno de alta densidade (PEAD), com estruturas moleculares lineares, é empregado na fabricação de embalagens semi-rígidas, como copos e garrafas plásticas. O polietileno de baixa densidade (PEBD), por sua vez, é mais flexível, é amplamente utilizado na confecção de filmes plásticos. (BARBOSA et al., 2017)

O polietileno é produzido mediante a polimerização do etileno, um gás resultante de processos como a desidratação do etanol e o craqueamento dos gases naturais e do petróleo. No processo industrial, o etileno deve possuir uma pureza de 99,8%, sendo necessário eliminar impurezas, tais como o oxigênio e o acetileno. O oxigênio é removido pelos catalisadores à base de cobre ou pelo tratamento de sódio fundido e o acetileno é convertido em etileno por hidrogenação catalítica, para evitar reações indesejadas, que poderiam modificar a estrutura do polímero produzido, fazendo com que seja mais ramificado e com menor densidade. (COUTINHO; MELLO; SANTA MARIA, 2003).

Conforme expresso por Jorge (2013) o polipropileno (PP) ostenta o título de plástico mais leve, com densidade de $0,9 \text{ g/cm}^3$, o que resulta em elevado rendimento e maior área por unidade de peso. Este material apresenta boas propriedades de barreira à umidade, embora seu desempenho seja limitado em relação à proteção de gases e gorduras. Além disso, registra um nível elevado de transparência e brilho, em comparação com o polietileno (PE). Por outro lado, quando este material é copolimerizado com PE, seu comportamento torna-se menos quebradiço em baixas temperaturas. O material é também mais resistente a agentes químicos, excetuando-se os solventes clorados, e apresenta menor permeabilidade ao oxigênio e vapor de água quando comparado com os polietilenos (Canevarolo júnior, 2006)

A biorientação do polipropileno melhora sua transparência e reduz a permeabilidade a gases, sendo amplamente utilizado em embalagens alimentícias, como os filmes termo retráteis, potes para sorvetes e margarinas, bandejas termoprocessáveis para micro-ondas e garrafas para molhos e ketchup com enchimento a quente (JORGE, 2013).

2.4 Caracterização Físico-Química De Salgados Congelados

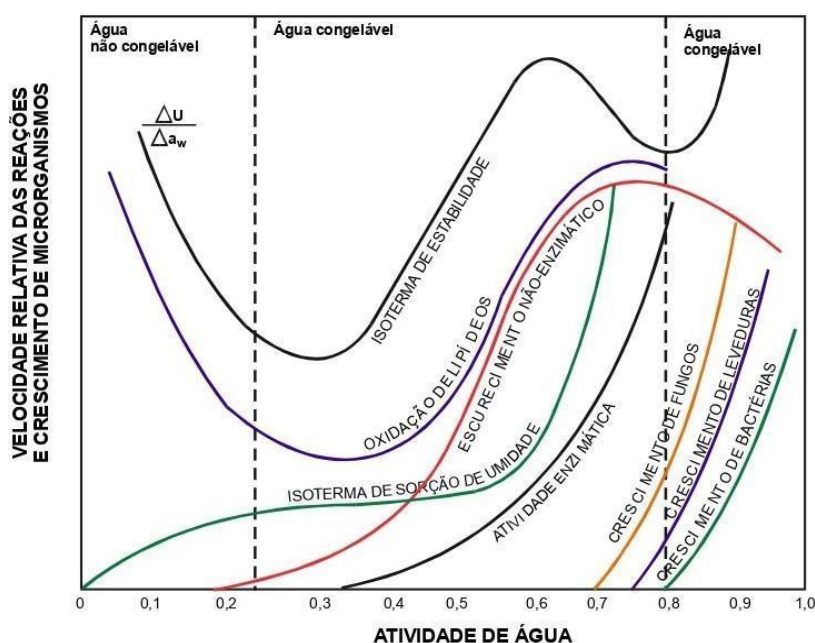
A caracterização físico-química é relevante para a avaliação da estabilidade e qualidade dos salgados congelados. Os parâmetros analisados são umidade, atividade de água (A_w), acidez e cor (L^* , a^* , b^*).

A umidade é definida como a perda em peso que o produto sofre mediante o aquecimento, nas condições em que a água é retirada. Na verdade, não somente a água é retirada, mas outras substâncias que têm volatilização nas condições em que a água é retirada.

O resíduo obtido por aquecimento direto chama-se resíduo seco. (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

De acordo com Sarantópoulos, Oliveira e Canavesi (2002), a atividade de água (A_w) é a fração de água disponível nos alimentos que favorece o crescimento de microrganismos, interferindo, ainda, em várias reações químicas, físicas e enzimáticas. Os alimentos perecíveis, por apresentarem maior quantidade de água livre, são mais vulneráveis à deterioração microbiológica. Deste modo, a diminuição da atividade de água é um ponto crucial para aumentar a vida de prateleira desses produtos (Figura 1.1). Labuza (1982a) afirma que a diminuição da A_w em 0,85 para 0,65 maximiza a vida de prateleira de um alimento, aproximadamente de uma semana a até dois anos, mediante adequadas condições de embalagem, a qual deve manter este nível de umidade durante o armazenamento.

Figura 1- Velocidade de transformações nos alimentos em função da atividade de água.



Fonte: QUAST, TEIXEIRA apud BOBBIO, BOBBIO, 1984; ROCKLAND, BEUCHAT apud ROBERTSON, 1992.

A determinação de acidez pode fornecer um dado valioso na apreciação do estado de conservação de um produto alimentício. Um processo de decomposição, seja por hidrólise, oxidação ou fermentação, altera quase sempre a concentração dos íons de hidrogênio. Os métodos de determinação da acidez podem ser os que avaliam a acidez titulável ou fornecem a concentração de íons de hidrogênio livres, por meio do pH. Os métodos que avaliam a acidez titulável resumem-se em titular com soluções de álcali padrão a acidez do produto ou de

soluções aquosas ou alcoólicas do produto e, em certos casos, os ácidos graxos obtidos dos lipídios. (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008, p. 25-26).

Para descrever a tonalidade dos alimentos, utiliza-se o sistema CIE Lab*, onde o parâmetro "a*" representa a intensidade do vermelho e do verde: valores positivos indicam o vermelho e negativos, o verde. Já o parâmetro "b*" indica a predominância do amarelo ou do azul: valores positivos apontam para o amarelo e negativos, para o azul (FERRARI, 2002, p.70).

Além disso, o colorímetro quantifica de maneira independente atributos como L (brilho), C (saturação) e h* (matiz), possibilitando determinar precisamente a coloração dos produtos alimentícios.

2.5 Processamento Térmico Envolvido Em Embalagens De Alimentos Congelados

De acordo com Köprüalan Aydın, Yüksel Sarioğlu, Dirim e Kaymak-Ertekin (2023) o congelamento é amplamente utilizado como método de conservação de alimentos, pois permite preservar características como sabor, aroma, qualidade global e valor nutricional. Essa técnica atua reduzindo a velocidade das reações químicas e limitando a atividade microbiana, contribuindo para a extensão da vida útil dos produtos (Visciano, Schirone e Paparella, 2020; Yazdani et al., 2020).

A mudança da água do estado líquido para o sólido nos alimentos está relacionada a aspectos termodinâmicos e a processos de transferência de calor e massa. Esse processo ocorre devido à cristalização da água presente dentro e fora das células, o que provoca o movimento da água no interior celular e leva à formação e ao crescimento de cristais de gelo na estrutura do alimento (Li et al., 2018; Tan et al., 2021).

Esses cristais volumosos se acumulam nas regiões extracelulares, comprometendo a integridade da microestrutura do alimento, conhecido como congelamento lento. Em contrapartida, o congelamento rápido, como aquele realizado com nitrogênio líquido, resulta na formação de cristais de gelo menores e distribuídos de forma mais uniforme dentro e fora das células, contribuindo para uma melhor preservação da qualidade do alimento (Zhao et al., 2020). No entanto, essa técnica envolve custos elevados e pode provocar fissuras nos produtos (Fan et al., 2024).

As tecnologias tradicionais de tratamento térmico apresentam algumas limitações, como elevado consumo de energia e longos tempos de processo, o que pode ser um desafio em aplicações industriais (Ma et al., 2021). A utilização da radiação infravermelha (IR) para o tratamento térmico de farinhas de trigo tem se mostrado uma alternativa promissora para

superar essas restrições dos métodos convencionais (Korkmaz et al., 2021; Korkmaz e Tuncel, 2022). O tratamento térmico por radiação IR pode ser dividido em dois tipos: o tratamento IR seco (sem a presença de água) e o tratamento hidrotérmico IR (com a adição de água). Entre as vantagens do tratamento IR, destacam-se a economia de energia, o tempo reduzido de aquecimento e a uniformidade no aquecimento, em comparação com os métodos convencionais.

3 MATERIAL E MÉTODOS

As amostras utilizadas neste estudo foram fornecidas por uma panificadora que realiza o processamento de salgados congelados, localizada no município de Santa Luzia, Minas Gerais. Os produtos avaliados foram coxinhas e empadinhas, com peso unitário de aproximadamente 30 g, totalizando 168 unidades, sendo 84 coxinhas e 84 empadinhas. Após o recebimento, as amostras foram transportadas em bolsa térmica com gelo reciclável até o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, onde foram armazenadas em freezer a -18 °C durante um período de 31 dias, permanecendo sob essas condições até o momento das análises.

3.1. Embalagens e Selagem

Cada tipo de salgado foi acondicionado em três diferentes tipos de materiais plásticos: polietileno (PE) com espessura 0,06, polipropileno (PP) com espessura 0,06 e poliolefínico (POF) com espessura 0,05. Para cada material de embalagem, foram utilizadas 28 unidades de coxinha e 28 unidades de empadinha, totalizando 56 amostras por tipo de embalagem. Essas amostras foram subdivididas conforme o método de selagem:

- Selagem convencional: 14 unidades;
- Selagem a vácuo: 14 unidades.

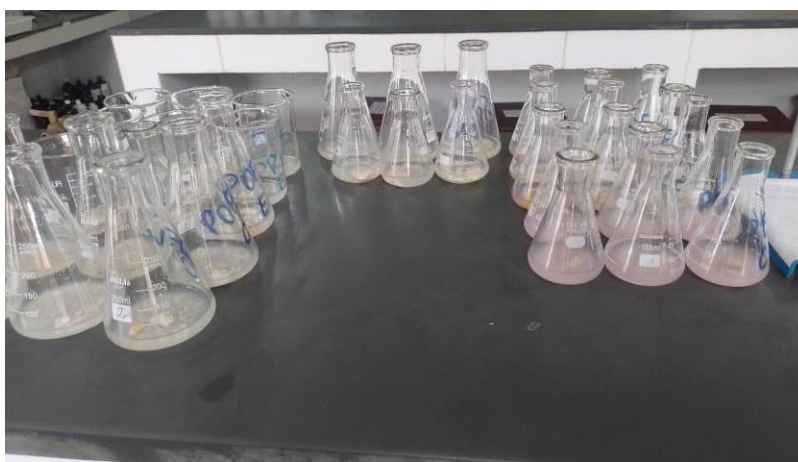
A selagem convencional foi realizada com seladora térmica manual, e a selagem a vácuo com equipamento específico para embalagem a vácuo, seguindo as instruções do fabricante.

Figura 2- Preparo das amostras.

3.1.4. Acidez

A acidez titulável (Figura 4) foi determinada por titulação com solução de hidróxido de sódio (NaOH) $0,1 \text{ mol L}^{-1}$, utilizando fenolftaleína como indicador. Os resultados foram expressos em percentual de ácido láctico conforme metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

Figura 4- Amostras tituladas.



Fonte: Autor, 2026.

3.1.5 Atividade de água (A_w)

A atividade de água foi determinada por meio de analisador específico para A_w (Novasina, Lab Start-a), que exibe a quantidade de água ligada no alimento e a temperatura em que o aparelho se encontra, realizado com triplicata para cada amostra (Adolfo Lutz, 2008).

Figura 5- Realização da análise de atividade de água.



Fonte: Autor, 2026.

3.1.6 Colorimetria

As análises de cor foram realizadas com colorímetro portátil (Tecnal, 3nh), utilizando o sistema CIELAB, obtendo-se os valores de:

- L* (luminosidade),
- a* (intensidade de vermelho-verde),
- b* (intensidade de amarelo-azul).

As leituras foram feitas na superfície das amostras descongeladas, em triplicata, com padronização do ponto de leitura (AOAC, 2016).

3.1.6.1 Cromaticidade (C*)

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

- a*: Representa a componente de cor no eixo verde-vermelho.
- b*: Representa a componente de cor no eixo azul-amarelo.
- C*: É a cromaticidade ou saturação, que indica a intensidade da cor.

3.1.6.2 Ângulo Hue (h°)

$$\text{hue angle } (h^\circ) = \arctg \frac{b^*}{a^*}$$

- Expresso em graus (0° a 360°).
- Indica o “tipo” de cor (vermelho, amarelo, verde, azul).
- Atenção: usar a função atan2(b, a)** para evitar erros de quadrante.

3.1.6.3 Diferença de Cor Total (ΔE^*)

$$\Delta E = \sqrt{(L_1 - L_2)^2 + (a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2}$$

Avalia a diferença perceptível entre duas amostras.

3.1.6.4 Índice de Saturação (ou Pureza de Cor)

$$S = C^* / \sqrt{L^2 + a^2 + b^{*2}}$$

(MINOLTA, 1998; HUNTER; HAROLD, 1987)

3.1.6.5 ΔC^* (diferença de cromaticidade)

$$\Delta C^* = C2^* - C1^*$$

(KONICA MINOLTA, 2012)

3.1.6.6 ΔH^* (diferença de matiz)

$$\Delta H^* = \sqrt{[(\Delta E^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2]}$$

(CIE, 2018)

Figura 6- Realização da análise de colorimetria em uma amostra.



Fonte: Autor, 2026.

3.1.7 Tabela nutricional

Com base nos dados Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO), foi elaborada a tabela nutricional dos produtos considerando os ingredientes na formulação e seus respectivos valores nutricionais descritos na TACO, onde foram realizados os cálculos conforme as quantidades utilizadas na receita.

3.1.8 Estimativa da vida de prateleira

A estimativa da vida de prateleira foi realizada utilizando o fator Q10, considerando a temperatura média de armazenamento congelado e a energia de ativação obtida da literatura. O cálculo foi realizado conforme a equação:

$$Q_{10} = 10^{\frac{E_a}{0,46 \times T^2}}$$

Em que:

- Q_{10} = fator de aceleração da reação devido ao aumento de 10 °C na temperatura;
- E_a = Energia de ativação;
- $T_2 = T^\circ$ média de processamento dos salgados °C

A temperatura experimental foi convertida para Kelvin e utilizada para estimativa da vida útil em diferentes condições térmicas.

A avaliação das alterações colorimétricas foi realizada utilizando os valores de luminosidade (L^*) obtidos durante o armazenamento. Foram ajustados modelos lineares relacionando luminosidade e tempo de armazenamento, obtendo-se equação da reta e coeficiente de determinação (R^2) descrita por Labuza (1982).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

1. Parâmetros avaliados para coxinha

1.4.1 Polietileno selado- coxinha (PE.S-C)

As coxinhas embaladas em polietileno seladas em seladora convencional (PE.S-C) (Gráfico 1) apresentam valores elevados de umidade de 52 a 58% (Gráfico 1), indicando baixa barreira a gases e a vapor de água (FELLOWS, 2006; ROBERTSON, 2013).

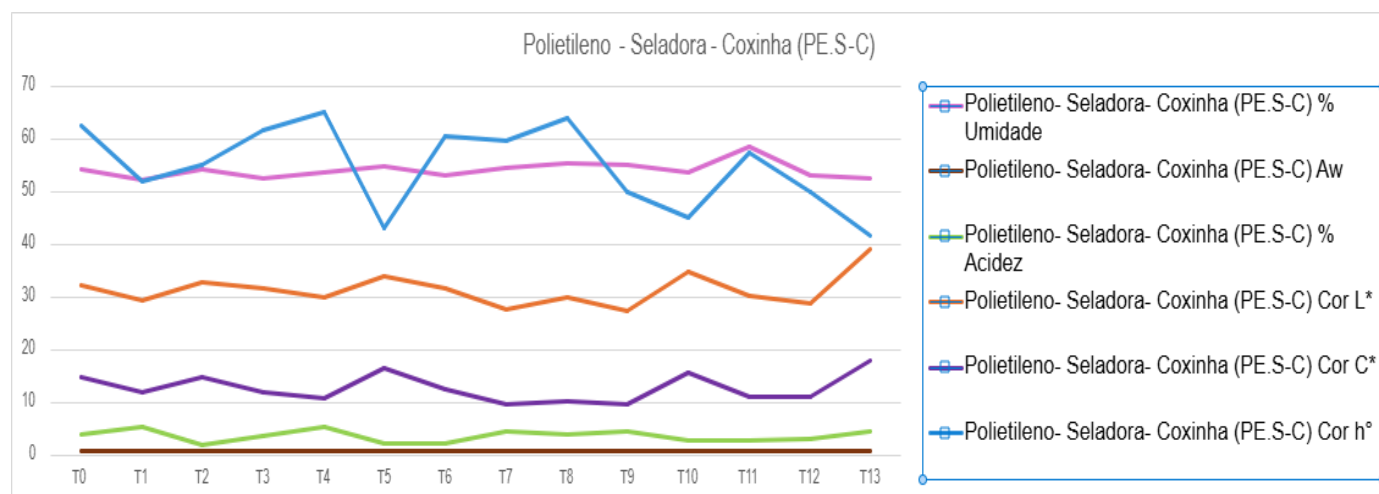
A atividade de água (A_w) esteve entre 0,89 e 0,95, favorecendo ao crescimento microbiano e a alterações físico- químicas comprometendo a estabilidade do produto já que valores de A_w acima de 0,90 indicam alta disponibilidade de água livre, sendo indicado o armazenamento congelado contínuo para garantir a segurança do produto (Jay, Loessner e Golden, 2025).

Em relação a acidez com valores entre 1,93 e 5,61%, apresentou oscilações, o que indica instabilidade química como a hidrólise de lipídios (FENNEMA, 2010; CECCHI, 2015) e proteínas (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2017), que contribuem para a formação de ácidos livres, uma vez que a redução da acidez em alguns tempos mostra o consumo desses ácidos e neutralização na matriz do produto (Jay, Loessner e Golden, 2025).

Observa-se também nos dados de colorimetria redução da luminosidade (L^*), variação na cromaticidade (C^*) e na tonalidade, o que indica reações de escurecimento não enzimático justificados pela instabilidade da acidez (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2017).

Gráfico 1- Parâmetros avaliados em coxinhas embaladas com polietileno selado. (PE.S-

C)



Fonte: Autor, 2026.

1.4.2 Polietileno à vácuo - coxinha (PE.V-C)

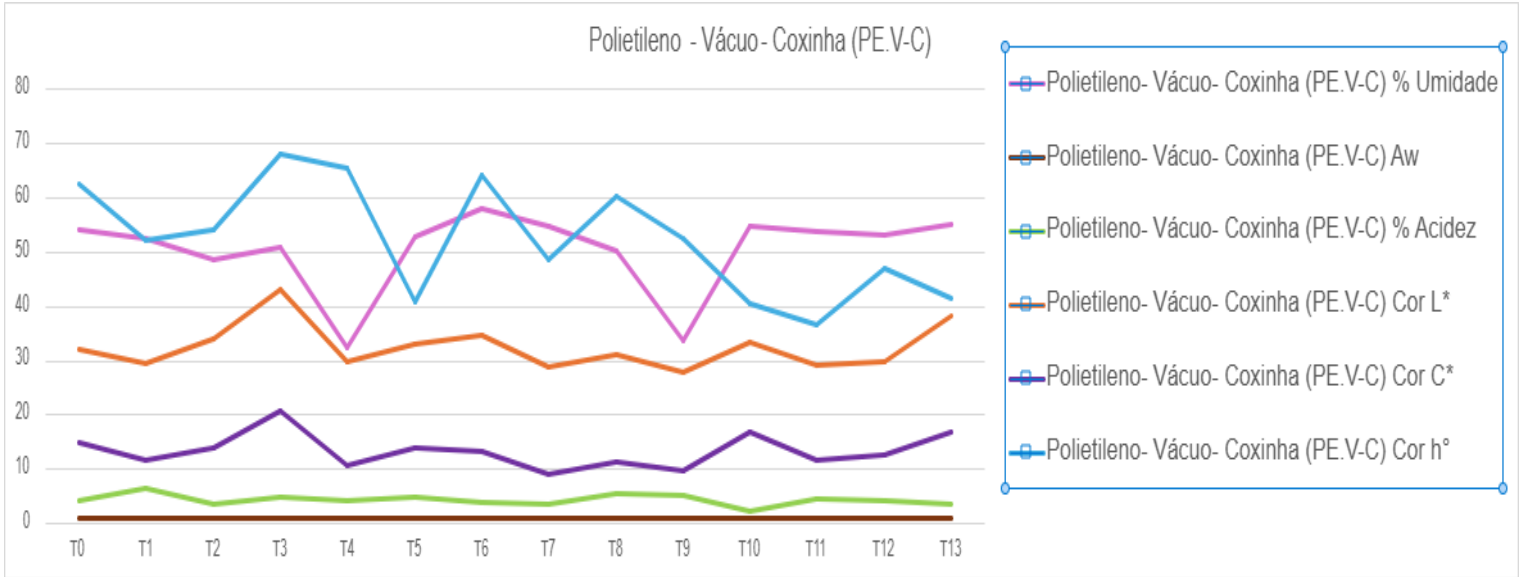
Podemos observar que embora haja oscilações durante o armazenamento, o vácuo se mostrou melhor em relação a estabilidade da umidade (Gráfico 2), as oscilações de umidade podem ser atribuídas à retrogradação do amido, à permeabilidade da embalagem e às variações térmicas, que favorecem processos de desidratação ou condensação interna no produto (BEMILLER; WHISTLER, 2009; LABUZA; ALTUNAKAR, 2007).

Já a Aw se manteve elevada, mas segundo Robertson (2013), a aplicação do vácuo em embalagens atua principalmente na limitação do oxigênio presente, não exercendo influência direta sobre a atividade de água dos alimentos.

Chegando a 6,56% a acidez apresentou valores altos, decorrente das reações metabólicas e da alteração da matriz alimentar durante o período de armazenamento congelado (JAY; LOESSNER; GOLDEN, 2005).

Comparado a selagem convencional em relação a cor, obteve valores altos em alguns períodos, o que indica menor escurecimento, conforme Jay, Loessner e Golden (2005) a retirada do oxigênio reduz a oxidação o que explica a preservação da cor original observado em C*.

Gráfico 2- Parâmetros avaliados em coxinhas embaladas com polietileno a vácuo (PE.V-C).



1.4.3 Polipropileno selado - coxinha (PP.S-C)

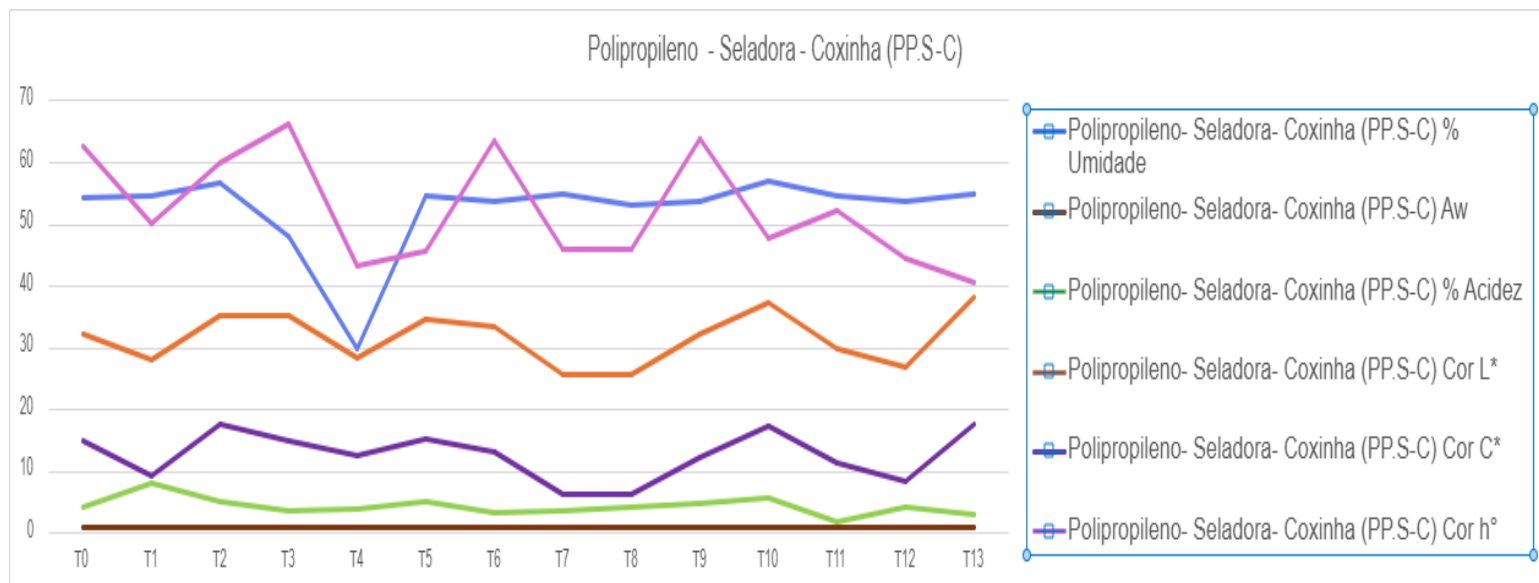
Apresentando valores próximos em alguns tempos e oscilando em outros a umidade obteve valores estáveis médios próximos de 48 a 56% (Gráfico 3).

Mantendo a Aw elevada, com valores de 0,90 a 0,96 o polipropileno ainda permite condições favoráveis à deterioração por mais que possua melhor barreira a vapor de água em relação ao polietileno (Robertson 2013).

Houve variação significativa na acidez com valores de até 8,15%, o que indica possíveis reações de degradação e maior atividade metabólica ao longo do congelamento (JAY; LOESSNER; GOLDEN, 2005).

Na análise de colorimetria, houve variações em C* e H*, o que indica perda na intensidade da cor e da tonalidade, segundo Robertson (2013) pode estar associado a oxidação das reações químicas devido ao sistema de selagem convencional que favorece a presença de oxigênio.

Gráfico 3- Parâmetros avaliados em coxinhas embaladas com polipropileno selado (PP.S-C)



Fonte: Autor, 2026.

1.4.4 Polipropileno a vácuo - coxinha (PP.V-C)

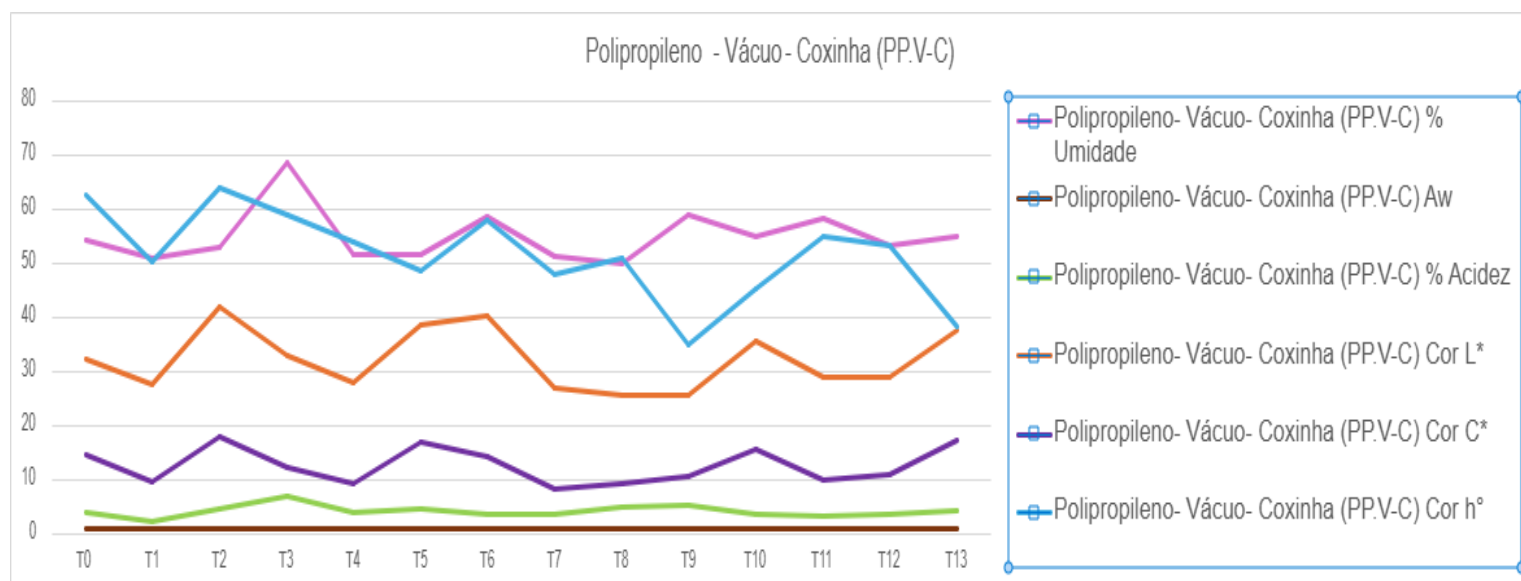
Nas amostras PP.V-C, apesar do comportamento ser semelhante, as oscilações foram menores, mostrando que o vácuo contribui para reduzir trocas de umidade com o meio externo (Gráfico 4).

A A_w se manteve elevada podendo concluir que o vácuo não reduz a A_w , interferindo assim nos processos oxidativos (Jay, Loessner e Golden, 2025).

. Comparado a selagem convencional, a acidez obteve um comportamento mais controlado, com valores médios, o que indica redução de reações oxidativas.

Os valores de L^* e C^* elevados em alguns tempos mostra melhor preservação visual do produto, mostrando a eficiência do vácuo (MINOLTA, 2007; ROBERTSON, 2013).

Gráfico 4 - Parâmetros avaliados em coxinhas embaladas com polipropileno a vácuo (PP.V-C).



Fonte: Autor, 2026.

1.4.5 Poliolefinico selado - coxinha (POF.S-C)

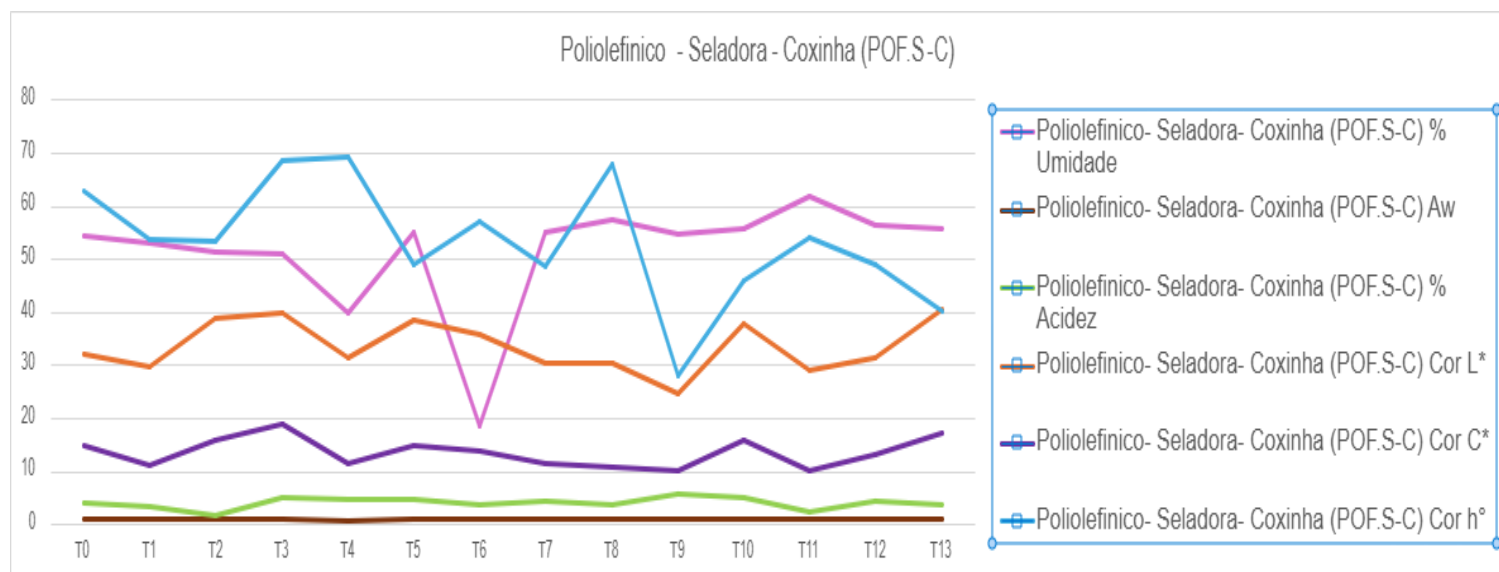
Em embalagens de poliolefinas com selagem convencional (POF.S-C) (Gráfico 5), apresentou quedas na umidade em determinados tempos, segundo Fellows (2017) isso indica possível redistribuição de água e Robertson (2013) destaca menor estabilidade entre a embalagem e o produto.

A Aw manteve-se elevada em todo período, comum em produtos ricos em água, essa particularidade se manifesta quando a umidade persiste livremente no alimento, sem importar com o tipo de vedação ou ambiente dentro da embalagem (BARBOSA-CÁNOVAS et al., 2007).

Com a variação da acidez entre 1,75 e 5,79%, indicando instabilidade química durante o congelamento, DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, (2008), diz que essa instabilidade está associada a reações de hidrólise e degradação da matriz e oxidação.

Já a análise de cor mostra oscilações, segundo Damodaran, Parkin e Fennema (2008) que indica que apesar de boa resistência mecânica, a forma convencional de selagem e não é eficiente contra a oxidação promovendo reação de escurecimento devido à perda da saturação da cor.

Gráfico 5 - Parâmetros avaliados em coxinhas embaladas com poliolefinico selado (POF.S-C).



Fonte: Autor, 2026.

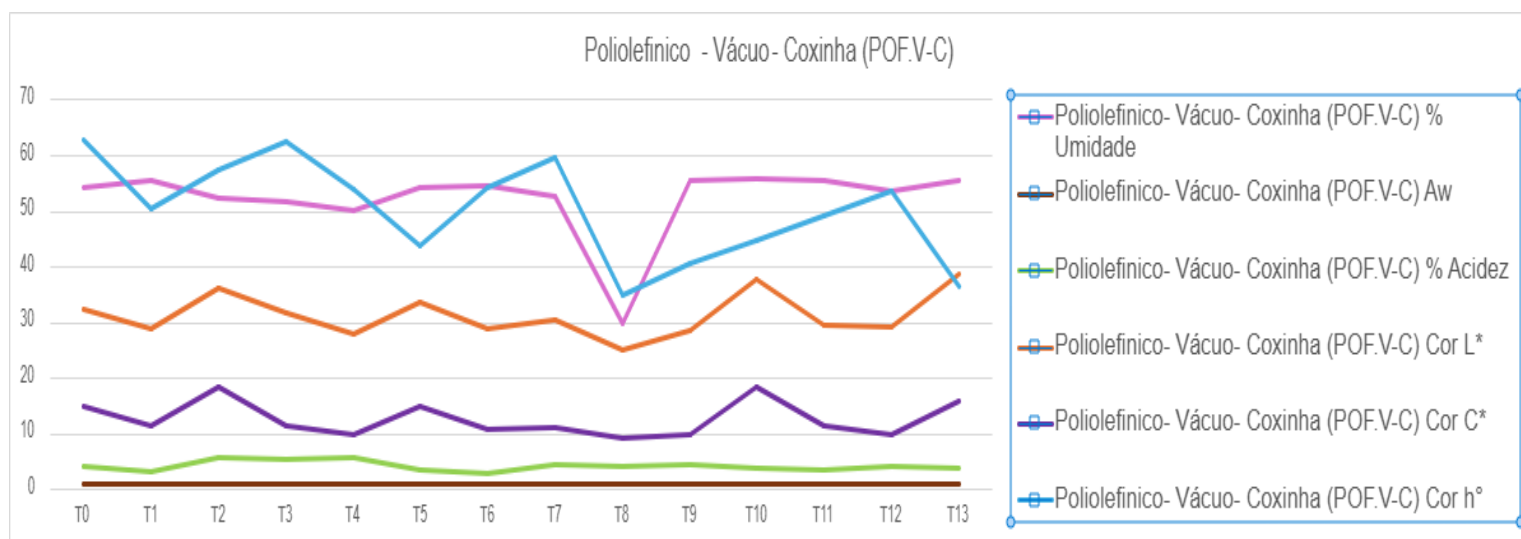
1.4.6 Poliolefinico a vácuo - coxinha (POF.V-C)

As embalagens poliolefinicas a vácuo (POF.V-C) (Gráfico 6), mesmo apresentando oscilações, reduziram as variações em relação a umidade mantendo-se estável na maior parte do tempo.

A Aw mostrou variações significativas assim como os tratamentos anteriores, porém houve redução em alguns tempos. Já a acidez, com pequenas variações se manteve estável, já que alto nível de acidez está associado ao processo de degradação química intenso (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2008).

O vácuo contribuiu para manter os níveis de L* e H*, indicando redução da oxidação que ajuda a preservar visualmente e pode estar relacionado à permeabilidade do material ao oxigênio (SARANTÓPOULOS et al., 2002; ROBERTSON, 2016).

Gráfico 6- Parâmetros avaliados em coxinhas embaladas com poliolefinico a vácuo POF.VC).



Fonte: Autor, 2026.

4.2 Parâmetros avaliados para empadinhas

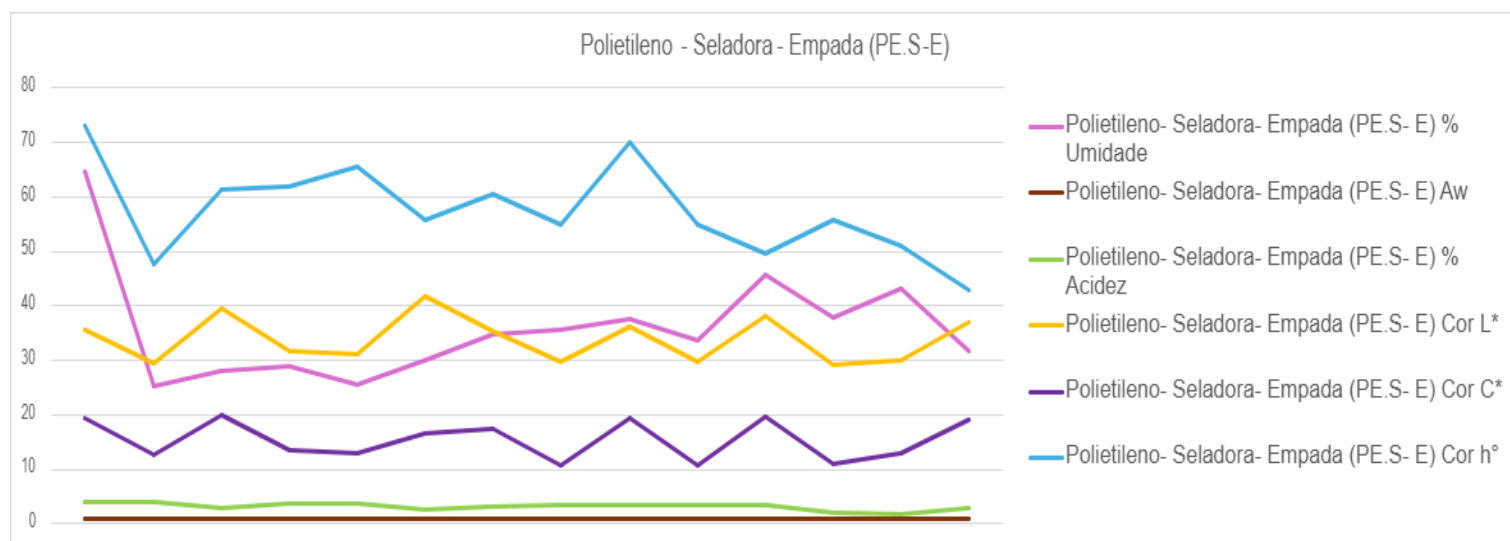
4.2.1 Polietileno selado – Empada (PE.S-E)

As empadas embaladas em polietileno selado tiveram uma queda na quantidade de água já nos primeiros dias guardadas, passando de 64 para 25%. Segundo ROBERTSON (2013), essa perda de água tem a ver com o fato do polietileno não ser bom em impedir a passagem do vapor de água, o que facilita a saída da umidade para o ar.

A atividade de água apresentou um aumento entre 0,84 a 0,94, o que auxilia no desenvolvimento microbiano, o que explica a diminuição da acidez, o que indica possível consumo de ácidos orgânicos que estão sendo consumidos, seja em reações metabólicas que ainda ocorre ou por serem neutralizados dentro do alimento durante o congelamento (JAY; LOESSNER; GOLDEN, 2005).

Houve redução de L*, variações de C* e H* em relação a cor, indicando escurecimento enzimático (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2008).

Gráfico 7- Parâmetros avaliados em empadinhas embaladas em polietileno selado (PE.S-E).



Fonte: Autor, 2026.

4.2.2 Polietileno a vácuo - empada (PE.V-E)

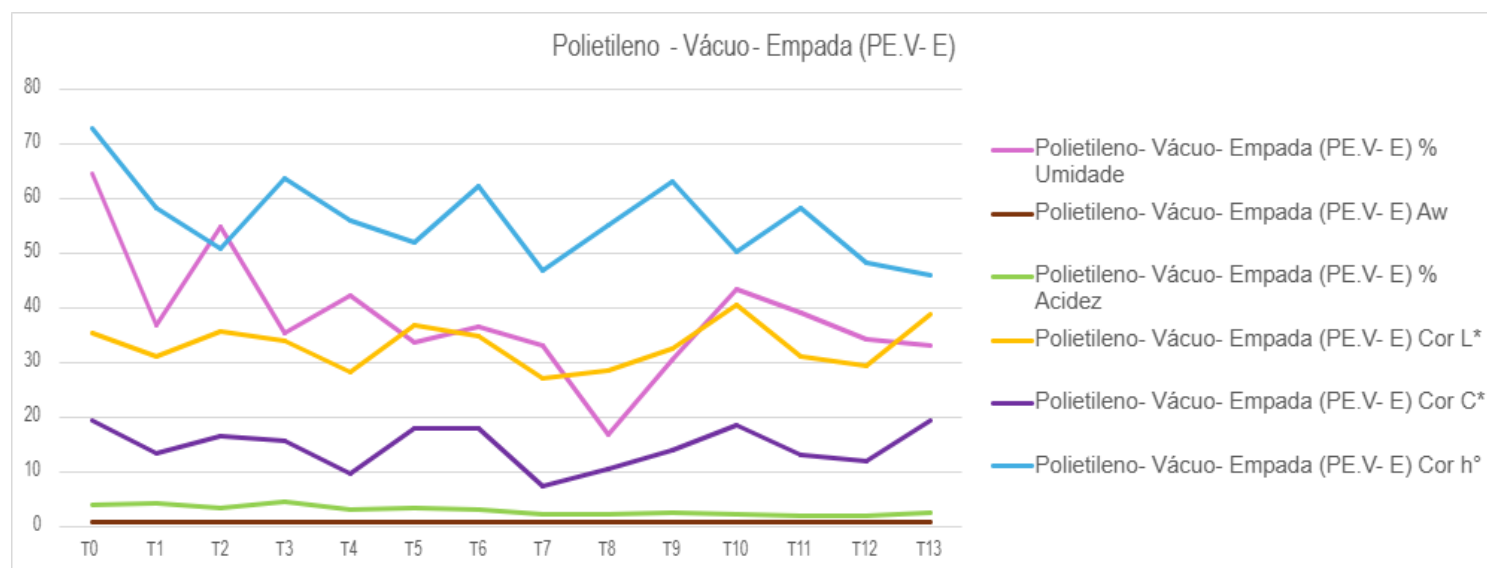
O uso do vácuo auxiliou para a maior estabilidade, mesmo com algumas oscilações (Gráfico 8), segundo Robertson (2013), a utilização do vácuo auxilia para a redução de gradientes de pressão e limitar trocas gasosas, porém não elimina a migração de vapor de água em materiais como o polietileno, o que pode resultar em variações de umidade durante o armazenamento.

A A_w se manteve elevada entre 0,89 a 0,94, mostrando que apesar da A_w não ser influenciada, houve limitação na disponibilidade de oxigênio com o meio (BARBOSACÁNOVAS et al., 2007).

Ao longo do armazenamento, a acidez se manteve menor em relação a selagem convencional, o que sugere redução das reações oxidativas e fermentativas (ROBERTSON, 2013; JAY; LOESSNER; GOLDEN, 2005).

Já a cor, os valores de L^* e C^* e pequenas mudanças no ângulo h° , comparados ao PE-S.E indicam que a cor da empada se mantém fiel, mostrando que o vácuo ajuda a diminuir a oxidação e a controlar como ela muda de aparência.(DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2008).

Gráfico 8- Parâmetros avaliados em empadinhas embaladas em polietileno a vácuo (PE.V-E).



Fonte: Autor, 2026.

4.2.3 Polipropileno selado - empada (PP.S-E)

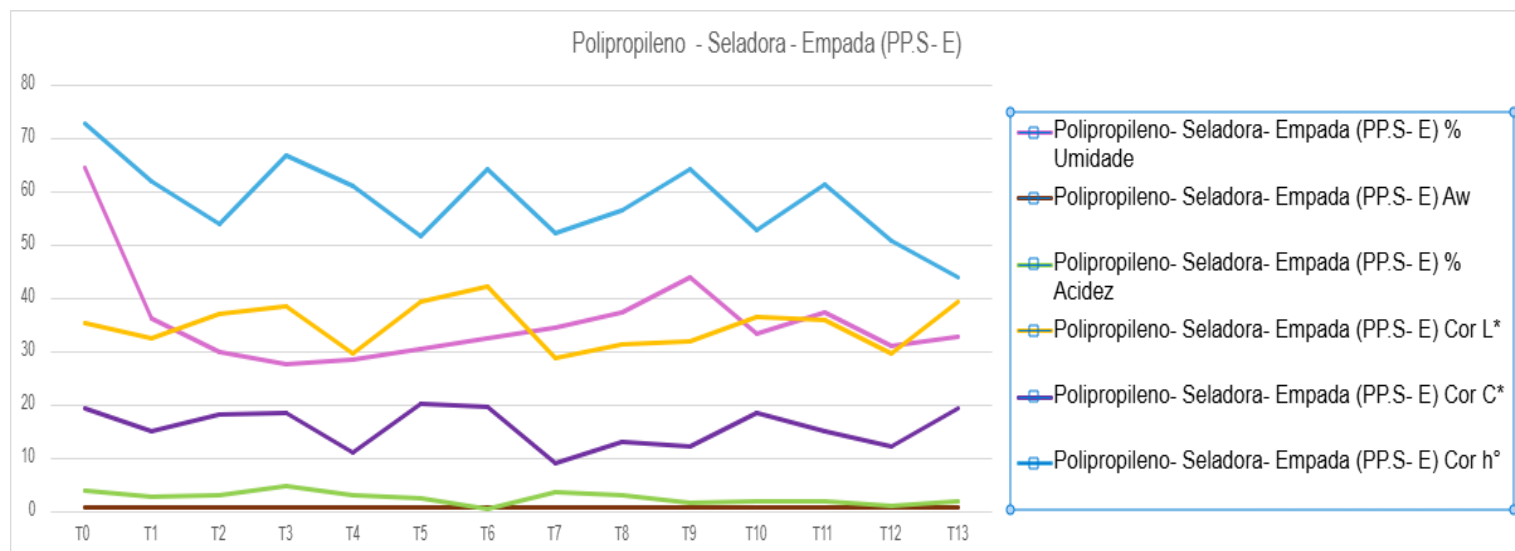
As empadas acondicionadas em embalagens de polipropileno selado exibiram teores de umidade medianos (Gráfico 9), apresentando uma redução na perda de água em relação ao polietileno, o que demonstra a superioridade do PP como barreira contra o vapor de água (ROBERTSON, 2013).

A atividade de água oscilou entre 0,83 e 0,94, permanecendo em patamares que propiciam a ocorrência de instabilidade microbiológica e reações químicas (JAY; LOESSNER; GOLDEN, 2005).

A acidez tendeu a diminuir com o passar do tempo, chegando a valores próximos de 1%, o que sugere o consumo de ácidos orgânicos ou modificações na composição do alimento (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2008).

Na avaliação da cor, notou-se um incremento momentâneo nos valores de L* e C*, com variações durante o período de armazenamento, evidenciando mudanças na luminosidade e na intensidade da cor. Tais alterações podem ser relacionadas à presença de oxigênio dentro da embalagem selada, o que favorece reações de oxidação e o escurecimento do produto (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2008; ROBERTSON, 2013).

Gráfico 9- Parâmetros avaliados em empadinhas embaladas em polipropileno selado (PP.S-E).



Fonte: Autor, 2026.

4.2.4 Polipropileno a vácuo - empada (PP.V-E)

Na embalagem de PP a vácuo, a umidade obteve valores mais estáveis ao longo do congelamento (Gráfico 10) o que indica maior estabilidade entre alimento e embalagem (ROBERTSON, 2013).

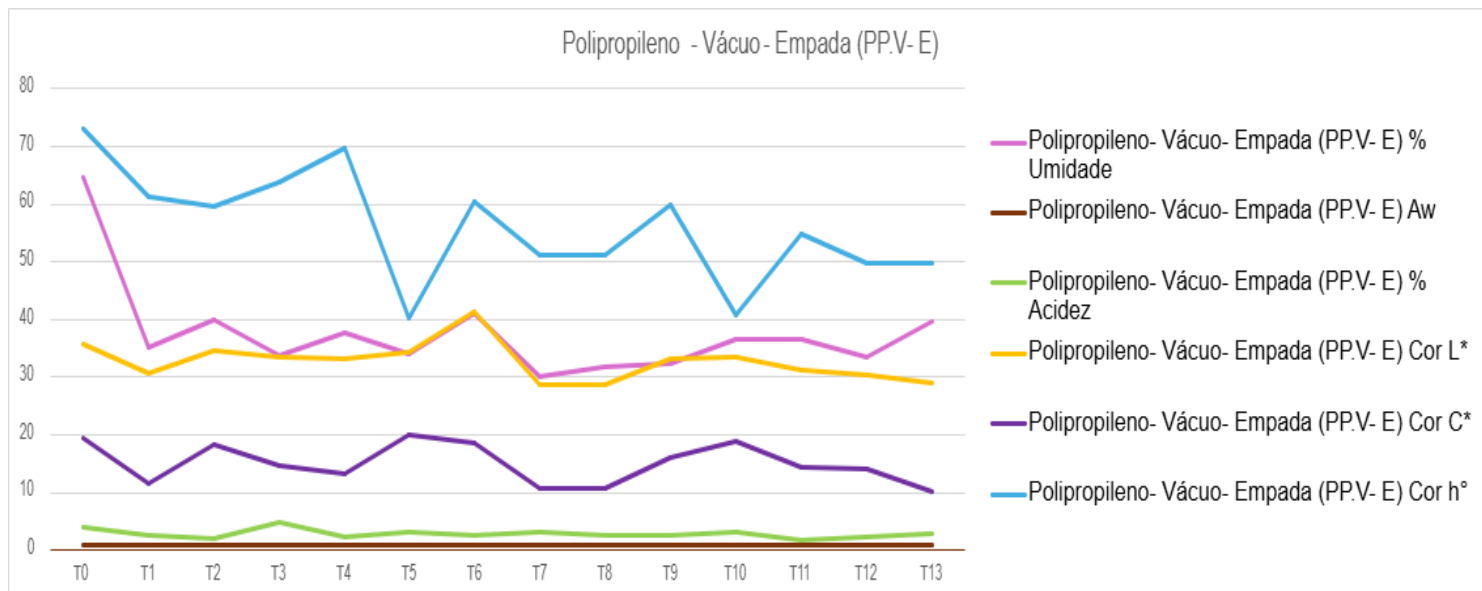
A A_w apresentou um sistema mais controlado mesmo com valores elevados, porém com menor variação, o que indica maior estabilidade (BARBOSA-CÁNOVAS et al., 2007).

A acidez apresentou valores sem picos acentuados e comportamento estável, o que indica menor intensidade de reações microbiológicas e químicas (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2008)

A colorimetria obteve valores com menor variação de h^* e constância nos valores de L^* e C^* , indicando que a cor original do produto foi preservada, sugerindo redução das reações de oxidação de pigmentos (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2008; ROBERTSON, 2013).

Esses resultados mostram que a ação do polipropileno com vácuo foi mais eficiente para manter as qualidades físico-químicas do produto.

Gráfico 10- Parâmetros avaliados em empadinhas embaladas em polipropileno a vácuo (PP.V-E).



Fonte: Autor, 2026.

4.2.5 Poliolefínico selado - empada (POF.S-E)

As empadas embaladas em embalagens poliolefínicas apresentaram comportamento irregular quanto a umidade, obteve oscilações expressivas ao longo do congelamento, visto que esse comportamento indica menor estabilidade entre o produto e a embalagem e favorece as trocas com o meio externo devido a permeabilidade do material ao vapor de água (ROBERTSON, 2013).

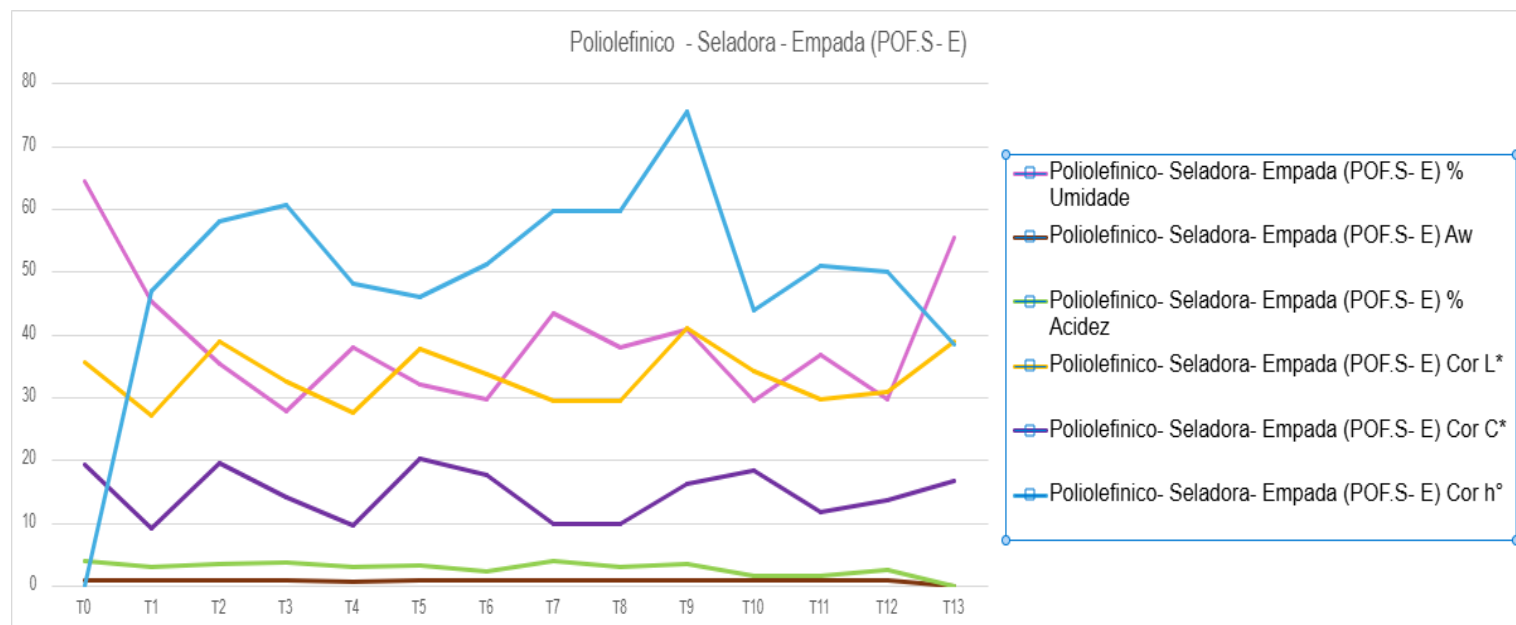
Segundo Jay, Loessner e Golden (2005) níveis de atividade da água acima de 0,85 promovem o crescimento de microrganismos e reações químicas. A variação da Aw entre 0,80 e 0,93 demonstra a fragilidade do sistema durante o período de armazenamento, como BarbosaCánovas et al. (2007) já haviam evidenciado.

Já a acidez mesmo com pequenas oscilações se manteve estável ao longo do congelamento, o que reflete a degradação da matriz alimentar associados ao consumo de ácidos orgânicos devido a reações químicas e metabólicas residuais (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2008).

Na análise de cor, observou-se oscilações em todos os parâmetros (Gráfico 11) o que indica tendência ao escurecimento e a perda de saturação da cor, devido a não suficiência do

sistema de fechamento da embalagem para proteger o produto da oxidação e da mudança de aparência (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2008; ROBERTSON, 2013).

Gráfico 11- Parâmetros avaliados em empadinhas embaladas em poliolefínico selado (POF.S-E).



Fonte: Autor, 2026.

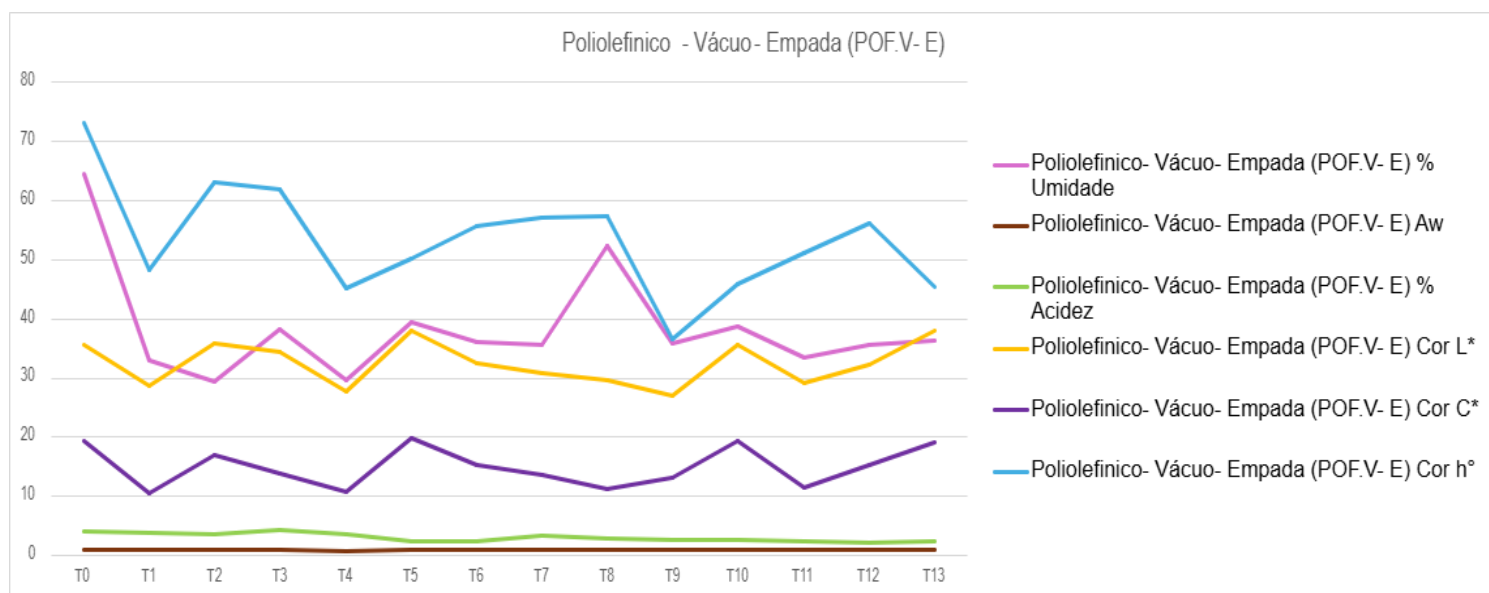
4.2.6 Poliolefínico a vácuo - empada (POF.V-E)

De acordo com Robertson (2013), usar materiais de embalagem que bloqueiam certas substâncias, junto com a diminuição da quantidade de oxigênio, ajuda muito a manter os alimentos com boa aparência e com suas propriedades químicas e físicas estáveis. Em relação a isso, o uso de vácuo em embalagens poliolefínicas fez com que a umidade e a atividade da água ficassem mais constantes durante o tempo em que o produto ficou armazenado, se comparado com o POF.S.

A acidez apresentou valores estáveis, o que indica menor ocorrência de reações químicas indesejáveis (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2008).

A colorimetria demonstrou melhor estabilidade da luminosidade e tonalidade com variações menores de C* e h*, o que evidencia que a combinação da poliolefina com o vácuo resultou para a estabilidade físico- química e visual da empadinhas (ROBERTSON, 2013).

Gráfico 12 - Parâmetros avaliados em empadinhas embaladas em poliolefínico a vácuo (POF.V-E).



Fonte: Autor, 2026.

Apesar das análises terem sido realizadas utilizando uma unidade de salgado por embalagem, os resultados obtidos podem servir como indicativo para o acondicionamento de múltiplas unidades no mesmo pacote, prática comum na comercialização de produtos congelados. Segundo Gordon L. Robertson (2013), a eficiência da embalagem está diretamente relacionada às propriedades de barreira do material, ao sistema de selagem e às condições de armazenamento, independentemente da quantidade de unidades acondicionadas. Entretanto, embalagens contendo maior número de produtos podem apresentar alterações na circulação de ar frio, redistribuição de umidade e maior interação entre os alimentos, fatores que podem influenciar a estabilidade físico-química e visual durante o armazenamento congelado.

Conforme descrito por Da-Wen Sun (2012), oscilações de temperatura e migração de água são fenômenos comuns em alimentos congelados acondicionados juntos, podendo intensificar processos de desidratação superficial e recristalização do gelo. Dessa forma, os resultados apresentados mostram grande potencial na aplicação prática para embalagens comerciais contendo múltiplos salgados.

4.3 Design de embalagens e rotulagem nutricional de salgados congelados

De acordo com as normas brasileiras, as embalagens devem seguir as regras do Código de Defesa do Consumidor, que estabelece que haja clareza das informações, que sejam objetivas e que o consumidor não seja induzido ao erro (BRASIL, 1990), e as normas de rotulagem nutricional estabelecidas pela ANVISA, especialmente a Instrução Normativa nº 75/2020, conforme Figura 7, determina que as embalagens devem combinar o visual com os dados necessários para que fique de fácil entendimento do consumidor (Brasil,2020)

Figura 7- a) Proposta de design da embalagem para coxinha



Fonte: Autor, 2026

Figura 7- b) Proposta de design da embalagem para empada



Fonte: Autor, 2026.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), por meio da Resolução RDC nº 259/2002, estabelece o que deve estar nos rótulos dos alimentos embalados. A partir dessa resolução, deve conter o nome do produto, a lista de ingredientes em ordem decrescente, o fabricante, o lote, a data de validade e o peso ou volume do produto (Figura 8).

Figura 8- a) Aplicação da rotulagem conforme legislação vigente para coxinha



Fonte: Autor, 2026.

Figura 8- b) Aplicação da rotulagem conforme legislação vigente para empadinha



Fonte: Autor, 2026.

Para alimentos congelados geralmente devem ser armazenados em temperatura inferiores ou igual a -18°C , para a segurança do alimento (BRASIL, 2002). No decorrer do estudo, as temperaturas aferidas apresentaram pequenas oscilações, indo de $17,9^{\circ}\text{C}$ a $19,2^{\circ}\text{C}$, o que resultou numa média de $18,39^{\circ}\text{C}$ (Figura 9). Essa variação mínima entre os valores coletados indica que o procedimento analisado exibiu uma notável constância térmica. Preservar a estabilidade das temperaturas é essencial para assegurar a qualidade e a segurança dos alimentos, visto que alterações podem impactar a constituição microbiológica e as características físico-químicas do produto (ANVISA, 2004).

Figura 9 –Monitoramento das temperaturas experimentais e cálculo da média

Tabela de aferições de temperatura durante o experimento	
Medição	Temperatura $^{\circ}\text{C}$
T0	19,2
T3	18,7
T4	18,5
T7	18,5
T9	18,3
T10	18,1
T12	17,9
T13	17,9

Média	18,39
-------	-------

Fonte: Autor, 2026

A lei diz que os dados obrigatórios devem estar em um local de fácil visualização, com o tamanho das letras que permite clareza de leitura e com cores que permitam contraste entre o fundo e o texto. Essas regras limitam a liberdade do criador da embalagem para melhor garantir que o consumidor não seja enganado e entender de forma clara e eficiente (BRASIL, 2002).

A aparência das embalagens é crucial na área alimentícia, em especial para produtos de panificação. Além de proteger e conservar, a embalagem é uma forma eficiente de atrair clientes e se comunicar com eles. Cores, letras, fotos e como as informações do produto são exibidas afetam como as pessoas veem a qualidade, a conveniência e a segurança do que estão comprando, ajudando a decidir se levam ou não o produto e tornando a marca mais conhecida (P. Kotler; K. L. Keller, 2012).

Na elaboração de embalagens alimentícias, é fundamental considerar não apenas o design visual, mas também as propriedades tecnológicas e funcionais do material, uma vez que essas características influenciam diretamente a conservação, a vida de prateleira e a segurança dos alimentos. Ela precisa ser forte, proteger da umidade, do ar e de micróbios. Para produtos congelados, isso é ainda mais importante, pois ajuda a manter o sabor e a qualidade por mais tempo. Por isso, escolher os materiais certos para as embalagens é uma forma importante de fazer o produto valer mais e se destacar no mercado (P. J. Fellows, 2017).

De acordo com M. Rundh (2016), além de guardar o alimento, a embalagem também chama a atenção dos compradores, sendo uma das principais formas de a empresa se comunicar com eles. Estudos mostram que as pessoas costumam associar alimentos em embalagens bonitas e bem organizadas a produtos mais confiáveis e de melhor qualidade. Para produtos panificados, embalagens transparentes ou com desenhos que lembram produtos artesanais e caseiros podem aumentar as vendas, principalmente no setor alimentício (Figuras 10 e 11).

Figura 10 – Parte do Design da embalagem da coxinha, evidenciando elementos visuais associados à conservação, praticidade e valorização comercial do produto.



Fonte: Autor, 2026

Figura 11 – Parte do Design da embalagem da mini-empada, evidenciando elementos visuais associados à conservação, praticidade e valorização comercial do produto.



Fonte: Autor, 2026

Estudos sobre embalagens para pães mostram que plásticos como polietileno e polipropileno são muito usados porque são de baixo custo, fáceis de fechar, protegem bem contra a perda de umidade e a entrada de odores. Esses materiais também são bons para produtos congelados, ajudando a manter as características do alimento durante o tempo em que ficam acondicionados (G. L. Robertson, 2016).

De acordo com a RDC nº 429/2020 e pela Instrução Normativa nº 75/2020, é exigida a inclusão de símbolos em formato de lupa que informa o consumidor a presença de alto teores

de açúcares adicionados, gorduras saturadas e sódio. Essa exigência impacta significativamente no designer das embalagens, já que demanda espaço na parte frontal e impacta na percepção do consumidor sobre o produto (BRASIL, 2020a; BRASIL, 2020b). Segundo as normas da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), este produto possui níveis de sódio e gordura saturada dentro do aceitável para a rotulagem nutricional frontal. Isso significa que não é preciso usar os avisos de alto teor de açúcares adicionados, gorduras saturadas e sódio na embalagem, seguindo o que diz a lei atual. (ANVISA, 2020).

Já a tabela nutricional (Figuras 12 e 13), é um dos principais meios de informação para o consumidor, sendo obrigatório a sua presença na embalagem de alimentos que são embalados na ausência do consumidor. Nela deve conter informações sobre, valor energético, carboidratos, proteínas, gorduras totais, gorduras saturadas, gorduras trans, fibra alimentar, sódio, açúcares totais e açúcares adicionados, além de indicar os valores por porção e, em determinados casos, por 100 g (BRASIL, 2020b).

Figura 12 – Tabela nutricional da coxinha elaborada com base nos dados da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO).

Informação Nutricional		
Porção de 100g (aproximadamente 3 unidades)		
Quantidade por porção		%VD*
Valor energético	159 kcal	8%
Carboidratos	23,1 g	8%
Açúcares totais	0 g	0%
Açúcares adicionados	0 g	0%
Proteínas	10,4 g	14%
Gorduras totais	1,7 g	3%
Gorduras saturadas	0,3 g	2%
Gorduras trans	0 g	0%
Fibra alimentar	0,7 g	3%
Sódio	347 mg	17%

* % Valores Diários de referência com base em uma dieta de 2.000 kcal ou 8.400 kJ. Seus valores diários podem ser maiores ou menores dependendo de suas necessidades energéticas.

Fonte: Autor, 2026

Figura 13 – Tabela nutricional da empadinha elaborada com base nos dados da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO).

Informação Nutricional		
Porção de 100g (aproximadamente 3 unidades)		
Quantidade por porção		%VD*
Valor energético	300,96 kcal	8%
Carboidratos	20,57 g	8%
Açúcares totais	0 g	0%
Açúcares adicionados	0 g	0%
Proteínas	10,2 g	14%
Gorduras totais	19,7 g	3%
Gorduras saturadas	4,45 g	2%
Gorduras trans	0 g	0%
Fibra alimentar	0,7 g	3%
Sódio	259,91 mg	17%

* % Valores Diários de referência com base em uma dieta de 2.000 kcal ou 8.400 kJ. Seus valores diários podem ser maiores ou menores dependendo de suas necessidades energéticas.

Fonte: Autor, 2026.

A sua formatação deve ser apresentada com fundo branco, texto na cor preta, uso de fontes como Arial ou Helvetica e tamanho mínimo de 8 pontos, garantindo a leitura de forma legível (ANVISA, 2021).

Considerando uma dieta de 2.000 kcal, os valores de %VD calculados estão de acordo com os critérios estabelecidos pela ANVISA e quando comparados com tabelas nutricionais de alimentos similares (ANVISA, 2020; NEPA-UNICAMP, 2011), observa-se que a coxinha apresenta teor elevado de gorduras totais e saturadas, características típicas de produtos panificados, além disso, a quantidade de carboidratos é notável, resultado do uso de massa a base de farinha de trigo, enquanto a quantidade de proteína é razoável ligada totalmente ao recheio de carne. O nível de sódio está conforme o que a lei RDC nº 429/2020 e IN nº 75/2020 da ANVISA.

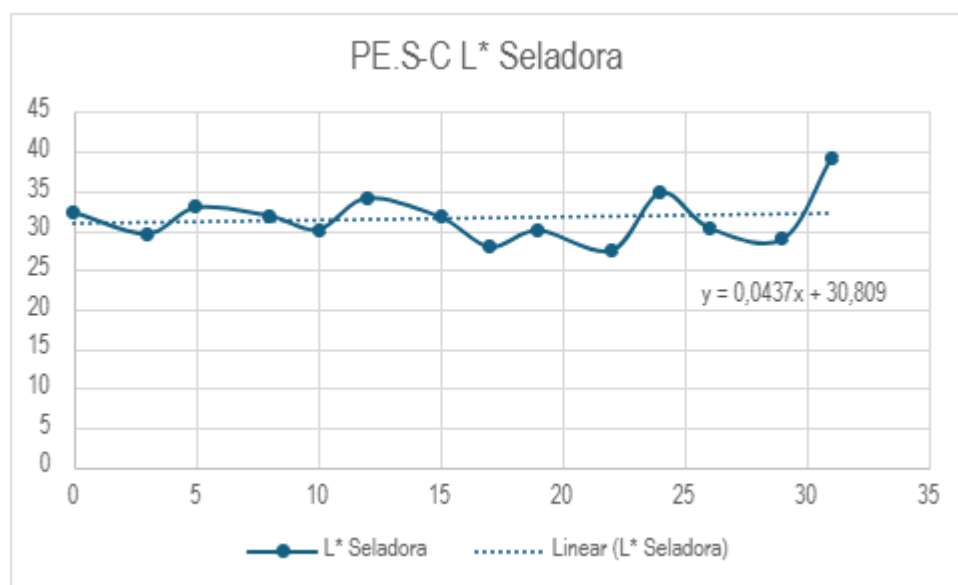
Já a empadinha apresenta maior teor de gorduras totais e saturadas, característica típica de produtos de panificação com elevado teor lipídico. Na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO), constata-se um perfil nutricional parecido em empadas de frango pré cozidas, o que é notável no que diz respeito às altas quantidades de gordura e ao valor energético concentrado (NEPA-UNICAMP, 2011). Por outro lado, destaca-se o teor proteico superior ao padrão, indicando valor nutricional agregado. O teor de sódio encontra-se dentro dos limites aceitáveis estabelecidos pela legislação vigente.(ANVISA, 2020).

4.4. Parâmetros físicos e químicos no decorrer da vida prateleira.

4.4.1 Acondicionamento de coxinha em embalagens de polietileno

A regressão linear (Gráfico 13) demonstrou leve tendência crescente da luminosidade ao longo do armazenamento ($y = 0,0437x + 30,809$), o coeficiente angular positivo da equação indica um aumento gradual dos valores de luminosidade durante o período avaliado, sugerindo uma discreta tendência de clareamento das amostras ao longo do armazenamento congelado. (MONTGOMERY; RUNGER, 2012). Gráfico 13- Regressão linear da luminosidade (L^*) da embalagem PE.S-C durante o armazenamento congelado (Gráfico de ordem 0).

Gráfico 13- Regressão linear da luminosidade (L^*) da embalagem PE.S-C durante o armazenamento congelado (Gráfico de ordem 0).



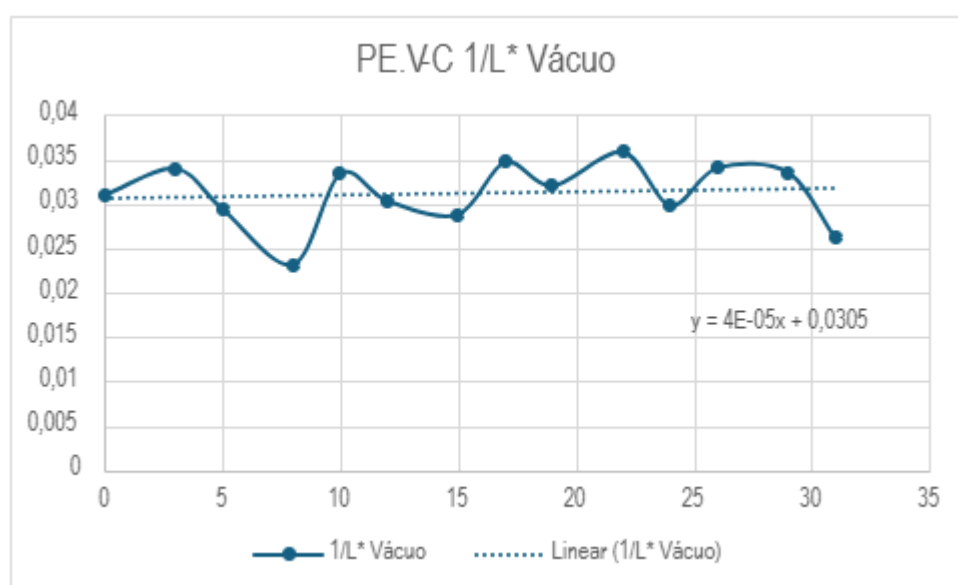
Fonte: Autor, 2026.

Na embalagem de polietileno selada a vácuo PE.V-C, observou-se maior oscilação da luminosidade em comparação à selagem convencional. Mesmo com o vácuo diminuindo, o oxigênio e as reações de oxidação, o polietileno ainda deixa passar vapor d'água, o que muda a estrutura da superfície do empanado (AHVENAINEN, 2003). Além disso, segundo Robertson (2013) tirar o ar pode compactar a superfície do produto, mudando a forma como a luz reflete e aumentando a variação da claridade medida.

A regressão linear (Gráfico 14), indicou uma discreta tendência de aumento da luminosidade ao longo do período de armazenamento ($y = 4 \times 10^{-5}x + 0,0305$). O coeficiente angular positivo sugere um leve incremento nos valores de luminosidade das amostras durante

o armazenamento, indicando uma pequena tendência de clareamento do produto. Entretanto, devido à reduzida inclinação da reta, observa-se que essa variação foi pouco expressiva, sugerindo relativa estabilidade da luminosidade ao longo do período avaliado (MONTGOMERY; RUNGER, 2012).

Gráfico 14- Regressão linear da 1/luminosidade (L^*) da embalagem PE.V-C durante o armazenamento congelado (Gráfico de Segunda Ordem).



Fonte: Autor, 2026.

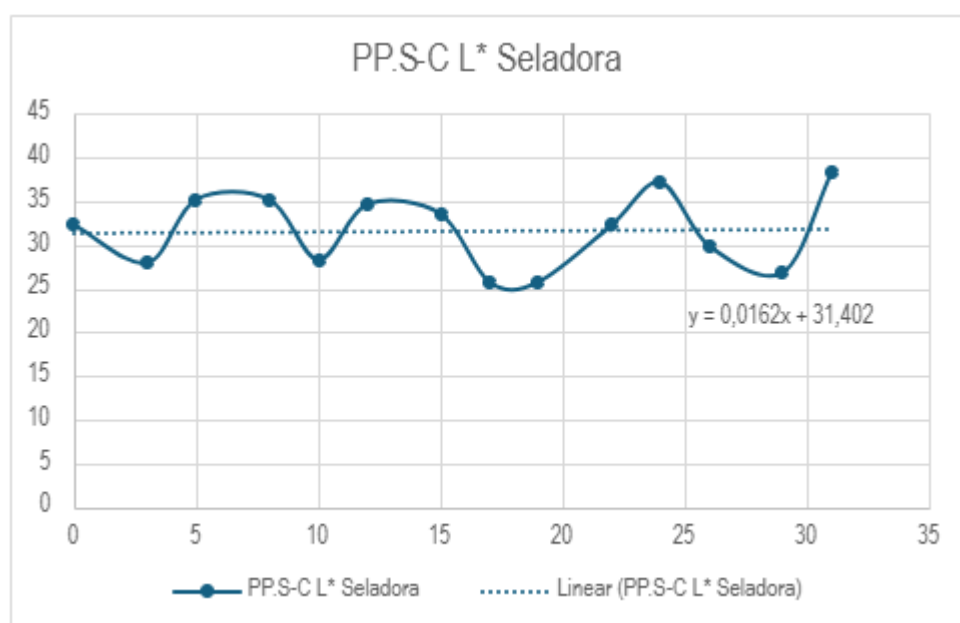
Entre os parâmetros físico-químicos avaliados, a umidade se comportou diferente quanto ao tipo de selagem. Na embalagem PE.S-C, a umidade apresentou maior estabilidade ao longo do armazenamento, possivelmente porque a presença de ar dentro da embalagem reduz a compactação do produto e diminui a movimentação interna de água (SUN, 2012). Já na embalagem PE.V-C, a umidade apresentou maiores oscilações ao longo do armazenamento quando comparada ao tratamento com selagem convencional. Isso pode ocorrer devido à associação entre o vácuo e a limitada barreira do polietileno ao vapor d'água, favorecendo a movimentação de água e recristalização do gelo durante mudanças de temperatura de congelamento no armazenamento (AHVENAINEN, 2003). A atividade de água acompanhou essas alterações devido à sua relação direta com a disponibilidade de água livre no alimento. Nos dois os tratamentos, a acidez apresentou menor variação, indicando relativa estabilidade química da coxinha, mas a falta de oxigênio na embalagem a vácuo pode ter diminuído as reações de oxidação comparado com a selagem normal (ROBERTSON, 2013; GAVA; SILVA; FRIAS, 2008).

4.4.2 Acondicionamento de coxinha em embalagens de propileno

Ao longo do armazenamento, a embalagem de polipropileno com selagem convencional (PP.S-C) a luminosidade apresentou maior oscilação quando comparada a outros parâmetros avaliados, indicando alterações na aparência visual das amostras. De acordo com Gordon L. Robertson, o polipropileno apresenta melhor barreira ao vapor d'água em comparação ao polietileno, porém ainda possui certa permeabilidade ao oxigênio, favorecendo alterações oxidativas superficiais (ROBERTSON, 2013). Em produtos empanados e fritos, como a coxinha, essas alterações podem intensificar a degradação de compostos pigmentados e o escurecimento oxidativo, influenciando diretamente a luminosidade do alimento durante o armazenamento congelado (EVANGELISTA, 2008).

A análise de regressão linear (Gráfico 15) mostrou discreta tendência crescente da luminosidade ($y = 0,0162x + 31,402$), indicando leve tendência de clareamento das amostras. (MONTGOMERY; RUNGER, 2012).

Gráfico 15- Regressão linear da luminosidade (L^*) da embalagem PP.S-C durante o armazenamento congelado (Gráfico de ordem 0).



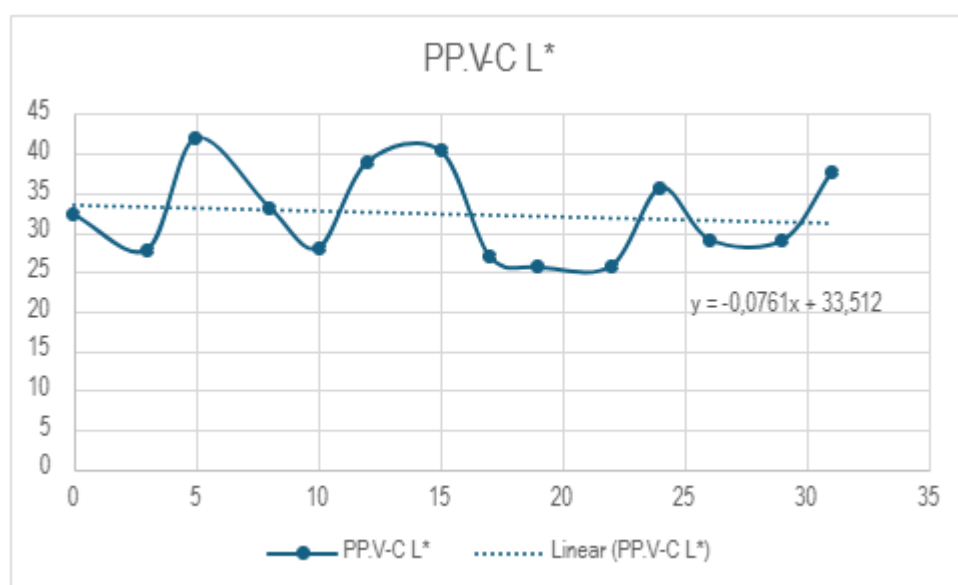
Fonte: Autor, 2026.

A embalagem de polipropileno com selagem a vácuo (PP.V-C) apresentou maior oscilação da luminosidade em comparação ao tratamento com selagem convencional, indicando maior variabilidade na coloração superficial das amostras. Conforme descrito por Raija Ahvenainen (2003), o uso do vácuo reduz a presença de oxigênio livre e minimiza a

oxidação lipídica, porém a retirada do ar pode provocar deformações no empanado e favorecer condensação superficial durante oscilações térmicas no congelamento. Essas alterações interferem diretamente na reflexão da luz e na leitura instrumental da cor. Além disso, Gordon L. Robertson (2013) destaca que modificações estruturais na superfície do alimento e alterações na umidade superficial podem contribuir para maior variabilidade dos parâmetros colorimétricos ao longo do armazenamento.

A equação de regressão linear obtida para a luminosidade ($y = 0,0761x + 33,512$) indicou aumento gradual dos valores desse parâmetro ao longo do armazenamento (Gráfico 16). O coeficiente angular positivo sugere uma leve tendência de clareamento das amostras, evidenciando pequenas variações na coloração durante o período analisado (MONTGOMERY; RUNGER, 2012).

Gráfico 16- Regressão linear da luminosidade (L^*) da embalagem PPV.-C durante o armazenamento congelado (Gráfico de ordem 0).



Fonte: Autor, 2026.

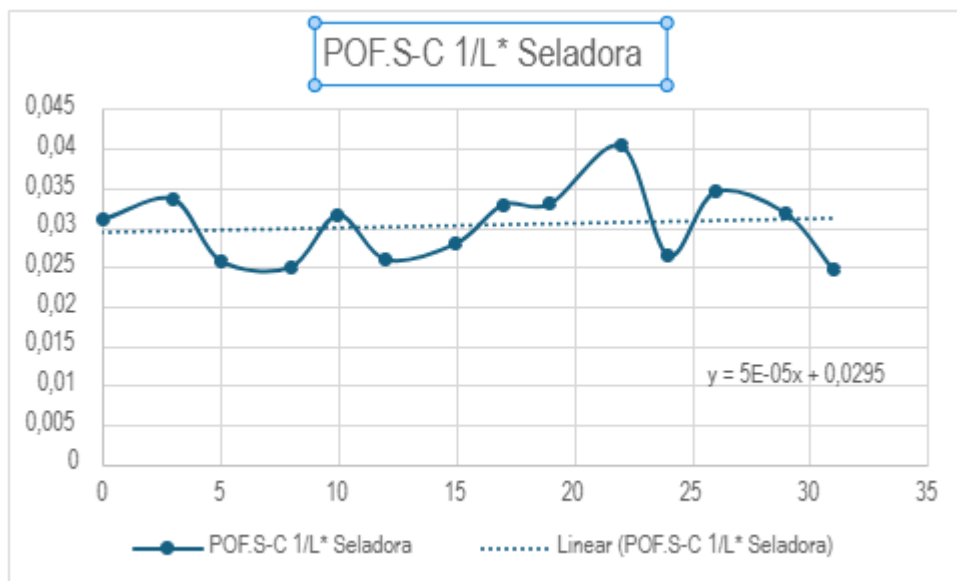
Entre os parâmetros físico-químicos avaliados, observou-se diferença no comportamento da umidade entre os tipos de selagem em polipropileno. Na embalagem PP.SC, a umidade foi um dos parâmetros que apresentou maior oscilação ao longo do armazenamento. Segundo Da-Wen Sun (2012), em produtos congelados podem ocorrer fenômenos de recristalização do gelo e migração de água, contribuindo para alterações na estabilidade hídrica do alimento. Embora o polipropileno possui maior resistência à passagem de vapor d'água, pequenas falhas na vedação ou na integridade do filme podem favorecer trocas gasosas e perda

de umidade, conforme relatado por Gordon L. Robertson (2013). Já na embalagem PP.V-C, a umidade apresentou comportamento mais estável ao longo do armazenamento em comparação à embalagem com selagem convencional, sugerindo que o sistema a vácuo contribuiu para maior estabilidade hídrica do produto. Portanto, ainda ocorreram variações em relação à redistribuição de água no interior do alimento durante fases de congelamento e descongelamento parcial, especialmente em produtos ricos em amido e proteínas, como massas de coxinha, conforme discutido por Gava, Silva e Frias (2008). A atividade de água seguiu as mudanças na umidade, pois está diretamente ligada à água livre no alimento. Por outro lado, a acidez mostrou pouca variação entre os tratamentos, indicando uma estabilidade química mais pronunciada durante o armazenamento sob congelamento, segundo Da-Wen Sun (2012) e Gordon L. Robertson (2013).

4.4.3 Acondicionamento de coxinha em embalagens de poliolefina

A embalagem poliolefínica com selagem convencional (POF.S-C) apresentou maior oscilação da luminosidade durante o armazenamento, indicando alterações na aparência visual das amostras. Segundo Gordon L. Robertson (2013), filmes poliolefínicos possuem boa transparência e resistência mecânica, porém ainda permitem certa passagem de oxigênio. Em produtos fritos congelados, como a coxinha, isso pode favorecer reações oxidativas no empanado, causando alterações na coloração e na luminosidade do alimento. Além disso, Raija Ahvenainen (2003) destaca que o congelamento também pode provocar mudanças superficiais que interferem na leitura da cor. regressão linear obtida para a luminosidade ($y = 5 \times 10^{-5}x + 0,0295$), indicando uma discreta tendência de aumento desse parâmetro ao longo do armazenamento (Gráfico 17). O coeficiente angular positivo sugere um leve incremento nos valores de luminosidade das amostras, evidenciando uma pequena tendência de clareamento. Entretanto, devido à reduzida inclinação da reta, observa-se que as alterações foram pouco expressivas, indicando relativa estabilidade da luminosidade durante o período analisado (MONTGOMERY; RUNGER, 2012).

Gráfico 17- Regressão linear da luminosidade (L^*) da embalagem POF.S.-C durante o armazenamento congelado (Gráfico de segunda ordem)

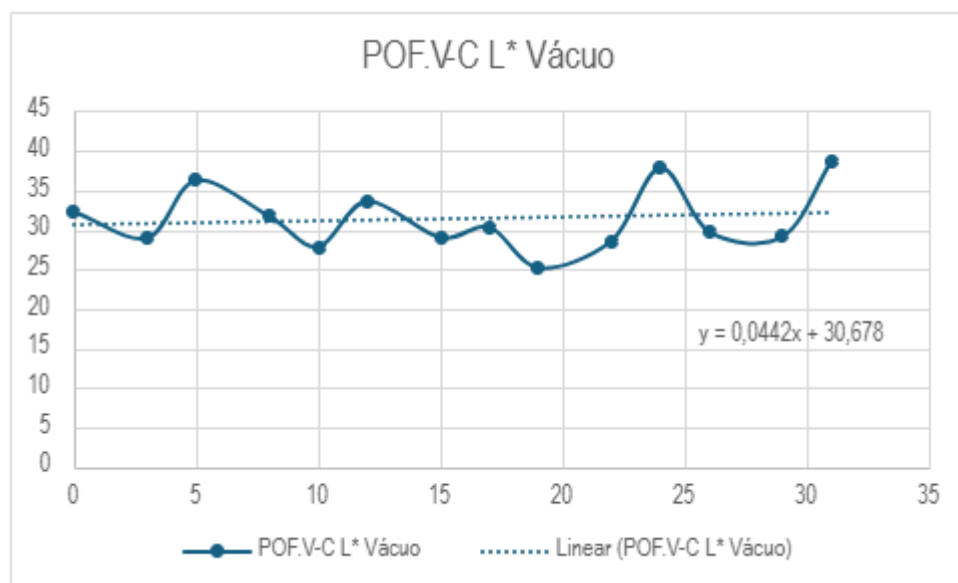


Fonte: Autor, 2026.

Na embalagem poliolefínica a vácuo (POF.V-C), a luminosidade apresentou comportamento mais estável ao longo do armazenamento em comparação ao tratamento sem vácuo, indicando maior preservação da aparência visual do produto. De acordo com Raija Ahvenainen (2003), a retirada do oxigênio reduz reações oxidativas e ajuda a preservar a 65 aparência do alimento. Além disso, Gordon L. Robertson (2013) destaca que o sistema a vácuo também reduz a formação de gelo superficial e a desidratação, contribuindo para menor variação da luminosidade ao longo do armazenamento congelado.

A regressão linear obtida para a luminosidade ($y = 0,0442x + 30,678$), indicando uma discreta tendência crescente desse parâmetro ao longo do armazenamento (Gráfico 18). O coeficiente angular positivo evidencia um aumento gradual dos valores de luminosidade, sugerindo pequenas alterações na coloração das amostras durante o período avaliado (MONTGOMERY; RUNGER, 2012).

Gráfico 18- Regressão linear da luminosidade (L*) da embalagem POF.V-C durante o armazenamento congelado (Gráfico de ordem 0).



Fonte: Autor, 2026.

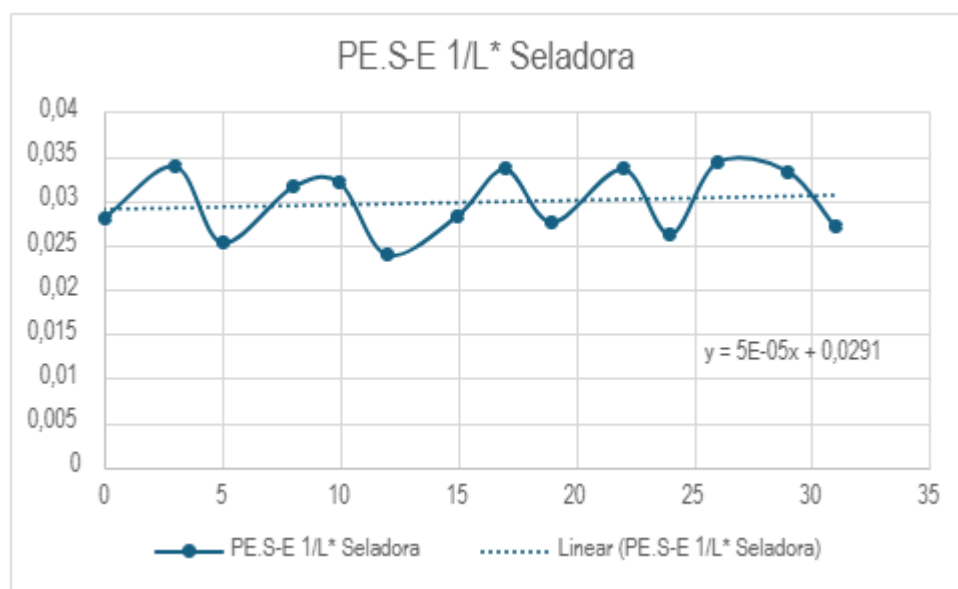
Entre os parâmetros físico-químicos, a umidade apresentou maior variação nos dois tratamentos com filme poliolefínico. . Na embalagem POF.S-C, esse comportamento foi mais evidente durante o armazenamento. Conforme Da-Wen Sun (2012), oscilações de temperatura podem intensificar a perda de água e causar desidratação superficial em alimentos congelados. Já na embalagem POF.V-C, a umidade apresentou desvio-padrão de 6,69, mostrando que o uso do vácuo contribuiu para reduzir parcialmente essa variação. Mesmo assim, ainda ocorreram alterações devido à migração de água no interior da embalagem, como relatado por Gava, Silva e Frias (2008). A atividade de água acompanhou essas mudanças, enquanto a acidez apresentou pouca variação em ambos os tratamentos.

4.4.4 Acondicionamento de mini empada em embalagens de polietileno

Na embalagem de polietileno com selagem convencional para empada (PE.S-E), a luminosidade (L*) apresentou oscilações ao longo do armazenamento congelado, indicando alterações na aparência visual das amostras. Segundo Gordon L. Robertson (2013), o polietileno apresenta elevada permeabilidade ao oxigênio e ao vapor d'água, favorecendo alterações oxidativas e mudanças superficiais em produtos alimentícios congelados. Em alimentos assados e ricos em lipídios, como a empada, essas alterações podem provocar escurecimento e modificar a reflexão da luz na superfície do produto, influenciando diretamente os valores de luminosidade.

A regressão linear obtida para a luminosidade ($5 \times 10^{-5} + 0,0291$) indicando tendência crescente desse parâmetro ao longo do armazenamento. O coeficiente angular positivo sugere aumento gradual dos valores de luminosidade das amostras (TRIOLA, 2017).

Gráfico 19- Regressão linear da luminosidade (L^*) da embalagem PE.S.-E durante o armazenamento congelado (Gráfico de segunda ordem).

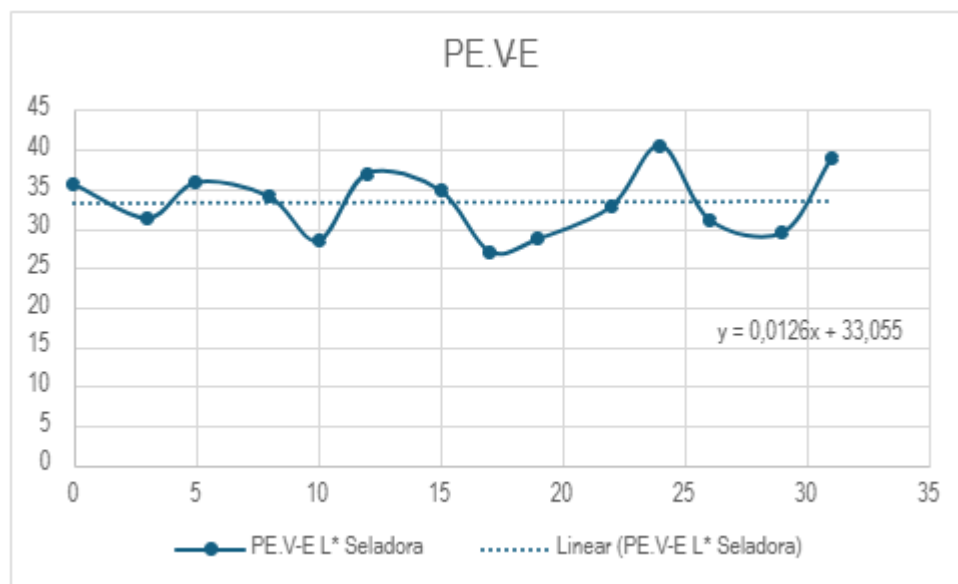


Fonte: Autor, 2026.

Na embalagem de polietileno a vácuo para empada (PE.V-E), luminosidade apresentou comportamento semelhante ao observado na selagem convencional, porém com menor oscilação ao longo do armazenamento. De acordo com Raija Ahvenainen (2003), a retirada do oxigênio reduz reações oxidativas relacionadas à degradação de pigmentos e lipídios, contribuindo para maior estabilidade visual do alimento. Além disso, o sistema a vácuo reduz o contato do produto com o ar e minimiza alterações superficiais associadas ao congelamento, favorecendo menor oscilação da luminosidade durante o armazenamento.

A regressão linear (Gráfico 20) apresentou tendência discretamente crescente ($y = 0,0126x + 33,055$). Os resultados sugerem elevação gradual dos valores de L^* ao longo do período de armazenamento, refletindo uma tendência de maior luminosidade das amostras. (MONTGOMERY; RUNGER, 2012).

Gráfico 20- Regressão linear da luminosidade (L*) da embalagem PEV.-E durante o armazenamento congelado (Gráfico de ordem 0).



Fonte: Autor, 2026

Entre os parâmetros físico-químicos avaliados, a umidade apresentou maior oscilação em ambos os tratamentos quando comparada aos demais parâmetros analisados, demonstrando maior suscetibilidade às alterações ocorridas durante a vida útil das empadas. Conforme descrito por Da-Wen Sun (2012), alimentos congelados estão sujeitos à migração de água, recristalização do gelo e desidratação superficial durante o armazenamento, principalmente quando ocorrem oscilações de temperatura. O maior desvio-padrão observado na embalagem a vácuo sugere que a compactação do produto e a redistribuição interna de água podem ter intensificado as variações de umidade ao longo do período analisado.

A acidez apresentou menor oscilação nos dois tratamentos quando comparada aos demais parâmetros avaliados, indicando relativa estabilidade química durante o armazenamento congelado. Já a atividade de água (A_w) apresentou os menores desvios-padrão entre os parâmetros avaliados, sendo 0,025 para PE.S-E e 0,013 para PE.V-E. Segundo Gava, Silva e Frias (2008), pequenas variações de A_w em produtos congelados indicam maior estabilidade da água livre no sistema, contribuindo para a conservação microbiológica e para o aumento da vida útil do alimento.

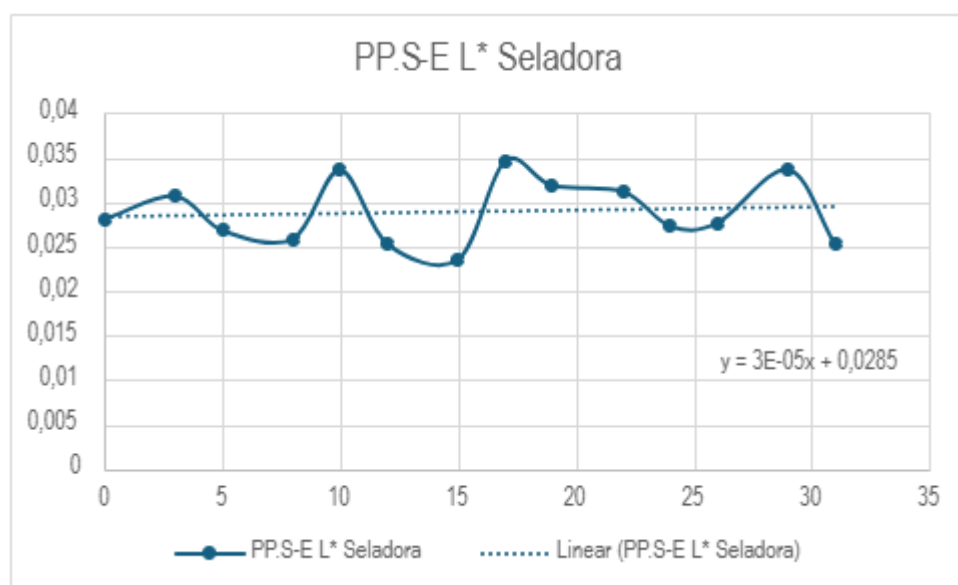
4.4.5 Acondicionamento de mini empada em embalagens de polipropileno

Na embalagem de polipropileno com selagem convencional para empada (PP.S-E), a luminosidade (L*) apresentou oscilações ao longo do armazenamento congelado, indicando

alterações moderadas na aparência visual das amostras. Segundo Gordon L. Robertson (2013), o polipropileno possui melhor barreira ao vapor d'água em comparação ao polietileno, porém ainda permite certa permeabilidade ao oxigênio, favorecendo alterações oxidativas na superfície dos alimentos. Em produtos como empadas, essas alterações podem modificar a coloração superficial e influenciar diretamente os valores de luminosidade.

A regressão linear (Gráfico 21) demonstrou tendência decrescente da luminosidade ($y = 3 \times 10^{-5}x + 0,0285$). A equação obtida sugere tendência de redução da luminosidade ao longo do armazenamento, indicando que as amostras apresentaram comportamento de menor claridade durante o período avaliado (MONTGOMERY; RUNGER, 2012).

Gráfico 21- Regressão linear da luminosidade (L^*) da embalagem PP.S.-E durante o armazenamento congelado (Gráfico de segunda ordem).



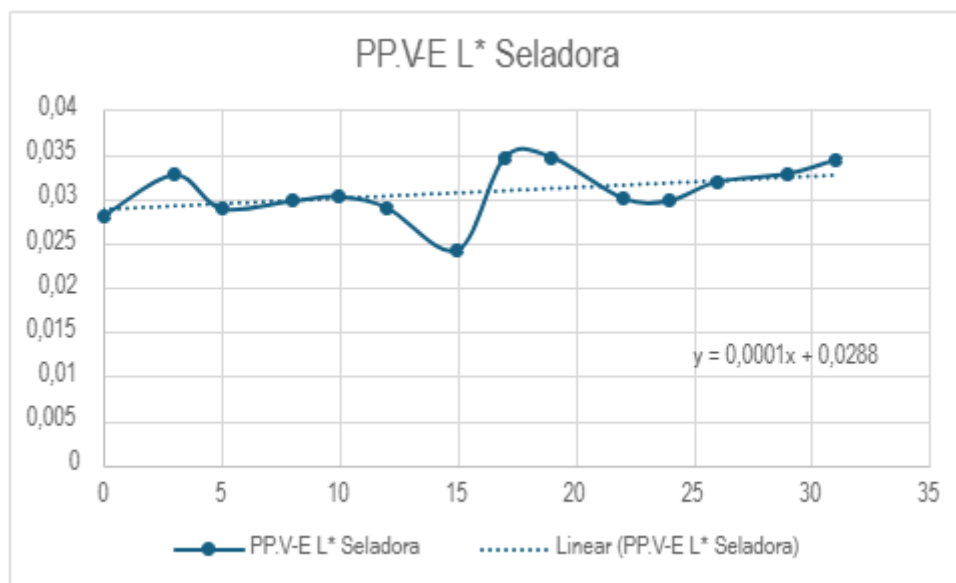
Fonte: Autor, 2026.

Na embalagem de polipropileno a vácuo para empada (PP.V-E), a luminosidade apresentou comportamento mais estável em relação à selagem convencional, indicando melhor preservação da aparência visual das amostras durante o armazenamento congelado. De acordo com Raija Ahvenainen (2003), o uso do vácuo reduz a presença de oxigênio livre no interior da embalagem, diminuindo reações oxidativas e preservando melhor a aparência do alimento durante o armazenamento congelado.

A regressão linear (Gráfico 22) obtida para a luminosidade foi representada pela equação ($y = 0,0001x + 0,0288$), indicando uma discreta tendência de aumento desse parâmetro ao longo do período de armazenamento. O coeficiente angular positivo sugere um leve

incremento nos valores de luminosidade das amostras durante o tempo de estocagem. No entanto, devido à baixa inclinação da reta, as alterações observadas foram pouco expressivas, indicando relativa estabilidade da luminosidade ao longo do período avaliado (TRIOLA, 2017).

Gráfico 22- Regressão linear da luminosidade (L^*) da embalagem PP.V.-E durante o armazenamento congelado (Gráfico de segunda ordem).



Fonte: Autor, 2026.

Entre os parâmetros físico-químicos avaliados, a umidade apresentou as maiores oscilações em ambos os tratamentos, evidenciando maior suscetibilidade às alterações ocorridas durante o armazenamento quando comparada aos demais parâmetros analisados. Conforme descrito por Da-Wen Sun (2012), alimentos congelados podem sofrer migração de água, recristalização do gelo e desidratação superficial ao longo do armazenamento. O menor desvio-padrão observado na embalagem a vácuo sugere que esse sistema contribuiu para reduzir parcialmente as variações de umidade e melhorar a estabilidade do produto.

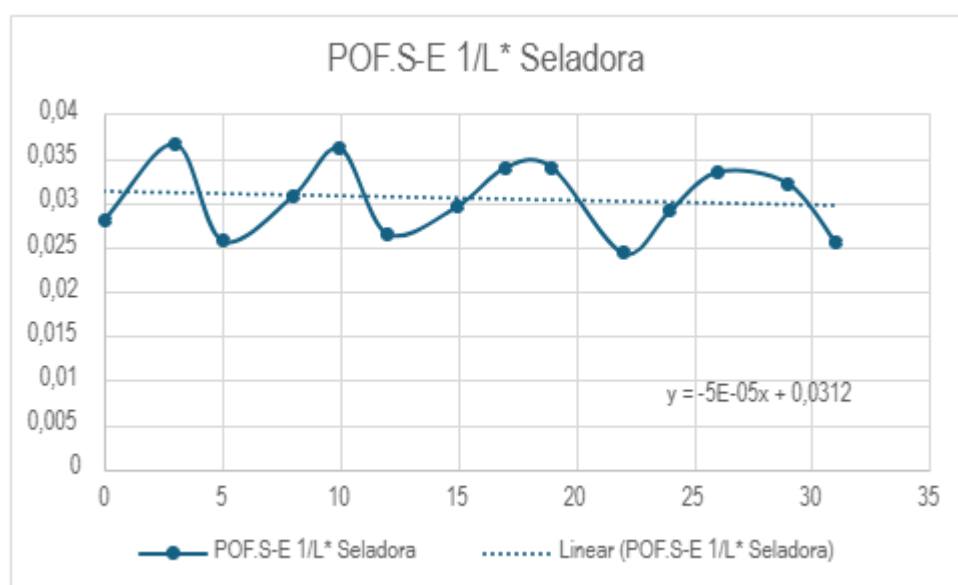
A acidez apresentou maior oscilação na embalagem convencional quando comparada ao tratamento a vácuo, indicando maior estabilidade química no tratamento PP.V-E. Já a atividade de água (A_w) apresentou baixa oscilação em ambos os tratamentos. Segundo Gava, Silva e Frias (2008), pequenas variações de A_w em alimentos congelados indicam maior estabilidade da água livre no sistema, favorecendo a conservação microbiológica e contribuindo para o aumento da vida útil do alimento.

4.4.6 Acondicionamento de mini empada em embalagens de poliolefina

Na embalagem poliolefinica com selagem convencional para empada (POF.S-E), a luminosidade (L^*) apresentou oscilações mais evidentes durante o armazenamento congelado, indicando alterações na aparência visual das amostras. Segundo Gordon L. Robertson (2013), filmes poliolefinicos apresentam boa transparência e resistência mecânica, porém a barreira ao oxigênio pode variar conforme a composição do material. Em produtos assados e ricos em gordura, como a empada, a presença de oxigênio residual pode favorecer reações oxidativas e alterações superficiais, influenciando diretamente os valores de luminosidade.

A regressão linear (Gráfico 23), representada pela equação ($y = -5 \times 10^{-5}x + 0,0312$), indicou uma discreta tendência de redução da luminosidade ao longo do período de armazenamento. O coeficiente angular negativo sugere uma diminuição gradual dos valores de luminosidade das amostras, evidenciando uma leve tendência de escurecimento durante o período avaliado. Entretanto, devido à reduzida magnitude da inclinação da reta, as alterações observadas foram pouco expressivas, indicando relativa estabilidade da coloração ao longo do armazenamento (MONTGOMERY; RUNGER, 2012).

Gráfico 23- Regressão linear da luminosidade (L^*) da embalagem POF.S.-E durante o armazenamento congelado (Gráfico de segunda ordem).



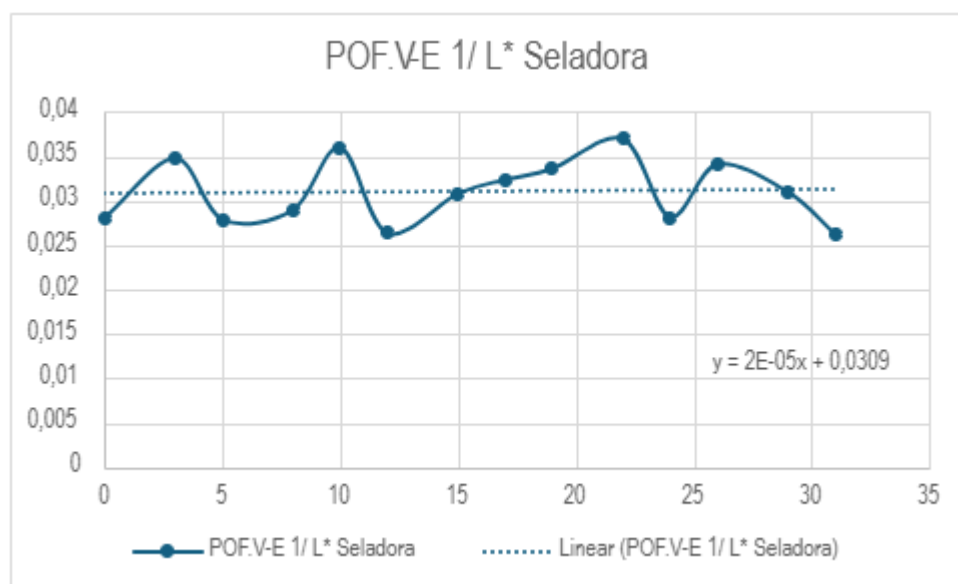
Fonte: Autor, 2026.

Na embalagem poliolefinica a vácuo para empada (POF.V-E), a luminosidade apresentou comportamento mais estável em comparação ao tratamento convencional, indicando melhor preservação da aparência visual das amostras durante o armazenamento

congelado. De acordo com Raija Ahvenainen (2003), a retirada do oxigênio reduz a oxidação de lipídios e pigmentos, contribuindo para melhor preservação da aparência do alimento durante o armazenamento congelado.

A regressão linear (Gráfico 24), representada pela equação ($y = 2 \times 10^{-5}x + 0,0309$), indicou uma discreta tendência de aumento da luminosidade ao longo do período de armazenamento. O coeficiente angular positivo sugere um leve incremento nos valores de luminosidade das amostras, evidenciando uma pequena tendência de clareamento durante o período avaliado. Entretanto, devido à reduzida inclinação da reta, as alterações observadas foram pouco expressivas, indicando relativa estabilidade desse parâmetro ao longo do armazenamento (MONTGOMERY; RUNGER, 2012).

Gráfico 24- Regressão linear da luminosidade (L^*) da embalagem POF.V.-E durante o armazenamento congelado (Gráfico de segunda ordem).



Fonte: Autor, 2026.

Entre os parâmetros físico-químicos avaliados, a umidade foi o parâmetro que apresentou as maiores oscilações nos dois tratamentos, evidenciando maior suscetibilidade às alterações ocorridas durante o armazenamento e, conseqüentemente, maior influência sobre a vida útil das empadas. Conforme relatado por Da-Wen Sun (2012), alimentos congelados podem sofrer perda de água, recristalização do gelo e desidratação superficial ao longo do armazenamento. O menor desvio-padrão observado no tratamento a vácuo indica que esse sistema contribuiu para reduzir parcialmente as oscilações de umidade e aumentar a estabilidade do produto.

A acidez apresentou baixa oscilação em ambos os tratamentos, indicando relativa estabilidade química durante o armazenamento. Já a atividade de água (A_w) também apresentou comportamento estável ao longo do período avaliado. Segundo Gava, Silva e Frias (2008), baixas variações de A_w em alimentos congelados indicam maior estabilidade da água livre no sistema, favorecendo a conservação microbiológica e contribuindo para maior vida útil do alimento.

4.5 Estimativa da Vida de Prateleira pelo Método Q10 e Avaliação das Alterações Colorimétricas em Coxinhas e Empadas Congeladas

A estimativa da vida de prateleira dos salgados congelados foi realizada utilizando o método Q10, empregado para avaliar a influência da temperatura na velocidade das reações de deterioração em alimentos. Esse método baseia-se no princípio de que reações químicas e bioquímicas aceleram com o aumento da temperatura, permitindo prever alterações na estabilidade do produto durante o armazenamento (LABUZA, 1982; SUN, 2012).

De acordo com a Portaria CVS nº 5/2013, alimentos congelados armazenados abaixo de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ podem apresentar vida útil de até 90 dias, dependendo das características do produto e das condições de processamento, embalagem e armazenamento. Produtos de panificação com recheios e coberturas, categoria semelhante aos salgados analisados neste estudo, apresentam maior estabilidade microbiológica quando mantidos sob congelamento adequado, devido à redução da atividade microbiana e da velocidade das reações deteriorativas, especialmente em temperaturas inferiores a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, recomendadas para conservação de alimentos congelados (PORTARIA CVS nº 5, 2013). A estimativa foi realizada utilizando a Equação de Arrhenius adaptada para o cálculo do fator Q10, que representa a variação da velocidade das reações de deterioração a cada alteração de $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ na temperatura de armazenamento, considerando energia de ativação (E_a) de $47,7\text{ kcal/mol}$, equivalente a 47700 cal/mol . Também foi considerada a temperatura média de processamento térmico dos salgados de $74\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($347,15\text{ K}$), referente ao tratamento térmico aplicado durante o preparo dos produtos. O valor de Q10 encontrado foi de 7,24, indicando elevada sensibilidade das reações de deterioração à variação de temperatura. Esse resultado demonstra que, para cada aumento de $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ na temperatura de armazenamento, a velocidade das reações deteriorativas nos salgados congelados tende a aumentar aproximadamente 7,24 vezes, reduzindo significativamente a estabilidade e a vida útil do produto. Segundo Theodore P. Labuza (1982), valores elevados de Q10 demonstram maior sensibilidade das reações deteriorativas às variações térmicas, especialmente em alimentos ricos em lipídios, proteínas e amido, como produtos empanados e recheados.

Considerando como referência a vida de prateleira estimada de 90 dias para produtos armazenados abaixo de -18°C , verificou-se que a redução de 10°C na temperatura de armazenamento, atingindo -28°C , aumentaria a estabilidade do produto em aproximadamente 7,24 vezes, resultando em vida útil estimada de cerca de 652 dias, equivalente a aproximadamente 21 meses. Por outro lado, o aumento de 10°C na temperatura de armazenamento, atingindo -8°C , reduziria a vida útil para aproximadamente 12 dias.

Esses resultados demonstram a importância do controle rigoroso da temperatura durante o armazenamento congelado, uma vez que oscilações térmicas podem acelerar reações de deterioração físico-química e comprometer a estabilidade dos alimentos. Segundo Sun (2012), temperaturas inadequadas de armazenamento favorecem alterações estruturais nos alimentos congelados, incluindo migração de água, recristalização do gelo e intensificação de reações oxidativas, reduzindo a vida útil dos produtos.

Além disso, o Guia nº 16/2018 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) reforça que a definição da vida de prateleira deve considerar fatores relacionados ao processamento, condições de armazenamento, tipo de embalagem e estabilidade físico-química do alimento (ANVISA, 2018).

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho permitiu avaliar a influência de diferentes materiais de embalagem e sistemas de selagem sobre a estabilidade físico-química de coxinhas e mini empadas congeladas durante o armazenamento. Os resultados demonstraram que as características de barreira dos materiais utilizados exerceram influência direta na conservação dos produtos, afetando parâmetros como umidade, atividade de água, acidez e luminosidade.

Entre os parâmetros físico-químicos avaliados, a umidade foi a variável que apresentou as maiores oscilações ao longo do armazenamento, demonstrando maior sensibilidade às características das embalagens e às mudanças promovidas pelo congelamento. Por outro lado, a atividade de água e a acidez apresentaram menor amplitude de variação na maioria dos tratamentos, indicando maior estabilidade desses parâmetros e menor influência das condições de armazenamento sobre sua evolução durante a vida de prateleira. As embalagens associadas ao sistema de vácuo apresentaram desempenho superior em diversos aspectos, especialmente na preservação da aparência visual e na redução das oscilações observadas nos parâmetros físico-químicos. Entre os materiais avaliados, o polipropileno e o filme poliolefínico associados ao vácuo demonstraram maior potencial para o acondicionamento de salgados congelados, contribuindo para minimizar os efeitos da oxidação, da migração de umidade e das trocas gasosas com o ambiente. Em entretanto, o polietileno apresentou maior suscetibilidade às alterações decorrentes de sua maior permeabilidade ao oxigênio e ao vapor d'água.

A estimativa da vida de prateleira pelo método Q10 evidenciou elevada sensibilidade das reações deteriorativas às variações de temperatura, reforçando a importância da manutenção da cadeia de congelamento durante armazenamento, transporte e comercialização dos produtos. O valor de Q10 obtido indicou que pequenas oscilações térmicas podem acelerar significativamente os processos de deterioração, comprometendo a qualidade e a estabilidade dos salgados congelados.

Além dos aspectos relacionados à conservação, o desenvolvimento das propostas de embalagem e da rotulagem nutricional demonstrou a importância da integração entre requisitos técnicos, legais e mercadológicos, contribuindo para a valorização comercial dos produtos e para o fornecimento de informações adequadas ao consumidor.

Dessa forma, conclui-se que a utilização de embalagens de polipropileno ou poliolefínicas associadas ao sistema de vácuo constitui uma alternativa eficiente para o acondicionamento de coxinhas e mini empadas congeladas, proporcionando maior estabilidade físico-química, melhor preservação da qualidade visual e potencial aumento da vida útil dos produtos durante o armazenamento congelado.

Como perspectiva para trabalhos futuros, recomenda-se a realização de análises microbiológicas ao longo do período de armazenamento, bem como estudos de vida de prateleira em tempo real, a fim de complementar os resultados obtidos por meio da modelagem preditiva. Também são sugeridas avaliações da oxidação lipídica, da textura e de análises sensoriais periódicas, permitindo uma caracterização mais abrangente da qualidade dos produtos durante o armazenamento. Além disso, estudos envolvendo novas embalagens de alta barreira e materiais sustentáveis poderão contribuir para o desenvolvimento de soluções que aliem maior eficiência na conservação dos alimentos à redução dos impactos ambientais.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Guia para determinação de prazos de validade de alimentos: Guia nº 16/2018**. Brasília: ANVISA, 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Instrução Normativa nº 75, de 8 de outubro de 2020**. Estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados. Brasília: ANVISA, 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Resolução RDC nº 216, de 15 de setembro de 2004**. Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação. Brasília: ANVISA, 2004.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Resolução RDC nº 259, de 20 de setembro de 2002**. Regulamento técnico sobre rotulagem de alimentos embalados. Brasília: ANVISA, 2002.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Resolução RDC nº 429, de 8 de outubro de 2020**. Dispõe sobre a rotulagem nutricional dos alimentos embalados. Brasília: ANVISA, 2020.

AHVENAINEN, Raija. **Novel Food Packaging Techniques**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2003.

ALBERT, A. et al. **Adhesion in fried battered nuggets: Performance of different hydrocolloids as preducts using three cooking procedures**. *Food Hydrocolloids*, v. 23, n. 5, p. 1443–1448, 2009. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2008.11.015.

ANVISA. **Rotulagem nutricional de alimentos embalados: perguntas e respostas**. Brasília: ANVISA, 2021.

AOAC INTERNATIONAL. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 20. ed. Gaithersburg: AOAC International, 2016.

BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; FONTANA, A. J.; SCHMIDT, S. J.; LABUZA, T. P. **Water Activity in Foods: Fundamentals and Applications**. Oxford: Blackwell Publishing, 2007.

BEMILLER, J. N.; WHISTLER, R. L. **Starch: chemistry and technology**. 3. ed. New York: Academic Press, 2009.

BRASIL. **Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990**. Código de Defesa do Consumidor. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 1990

CELHAY, F.; FOLCHER, P. **Design du packaging et codes visuels catégoriels: Etude sémiotique des codes visuels des grands crus bordelais**. In: *28ème Congrès International de l'Association Française du Marketing*. Brest, France: AFM, 2012.

CIE – COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ÉCLAIRAGE. **Colorimetry: Technical Report CIE 15:2018**. 4. ed. Vienna: CIE Central Bureau, 2018.

COUTINHO, F. M. B.; MELLO, I. L.; SANTA MARIA, L. C. Polietileno: principais tipos, propriedades e aplicações. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 13, n. 1, p. 1–13, 2003.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Fennema's Food Chemistry**. 4. ed. Boca Raton: CRC Press, 2008.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

DAMODARAN, Srinivasan; PARKIN, Kirk L. (ed.). **Fennema's Food Chemistry**. 5. ed. Boca Raton: CRC Press, 2017.

EVANGELISTA, José. **Tecnologia de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2008.

FAN, X. et al. **Effects of freezing methods on the formation of ice crystals and the physicochemical properties of beef**. *Journal of Food Process Technology*, v. 15, p. 1122, 2024.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e práticas**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

FELLOWS, P. J. **Food Processing Technology: Principles and Practice**. 4. ed. Cambridge: Woodhead Publishing, 2017.

FENNEMA, O. R. **Food Chemistry**. 4. ed. Boca Raton: CRC Press, 2010.

FERRARI, Carlos Kusano Bucalen. **Avaliação da capacidade antioxidante total (CAT) e colorimetria de vinte e um diferentes tipos de alimentos comercializados no município de São Paulo (SP), Brasil**. 2002. Tese (Doutorado em Nutrição) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

GAVA, Altanir Jaime; SILVA, Carlos Alberto Bento da; FRIAS, Jenifer Ribeiro Gava. **Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações**. São Paulo: Nobel, 2008.

HUNTER, R. S.; HAROLD, R. W. **The Measurement of Appearance**. 2. ed. New York: Wiley-Interscience, 1987.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985. p. 21-22.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985. p. 25-26.

JAY, J. M.; LOESSNER, M. J.; GOLDEN, D. A. **Modern food microbiology**. 7. ed. New York: Springer, 2005.

KONICA MINOLTA. **Colorimetry and Color Difference**. Technical Paper. Osaka: Konica Minolta, 2012.

KORKMAZ, O. et al. **Infrared radiation for thermal treatment of wheat flours: An innovative approach.** *Food and Bioproducts Processing*, v. 129, p. 131–139, 2021.

KORKMAZ, O.; TUNCEL, G. **The effect of infrared radiation on the properties of wheat flour.** *LWT - Food Science and Technology*, v. 155, p. 112–118, 2022.

KÖPRÜALAN AYDIN, Ö.; YÜKSEL SARIOĞLU, H.; DIRIM, S. N.; KAYMAK-ERTEKIN, F. **Recent advances for rapid freezing and thawing methods of foods.** *Food Engineering Reviews*, v. 15, p. 667–690, 2023.

KOTLER, P.; KELLER, K. L. **Administração de Marketing.** 14. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2012.

LABUZA, T. P. **Shelf-life of coffee and tea.** In: **Shelf-life dating foods.** Chicago: Food & Nutrition Press, 1982. p. 359–372.

LABUZA, Theodore P. **Shelf-Life Dating of Foods.** Westport: Food and Nutrition Press, 1982.

LABUZA, T. P.; ALTUNAKAR, B. **Water activity prediction and moisture sorption isotherms.** In: BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. et al. **Water activity in foods: fundamentals and applications.** Ames: Blackwell Publishing, 2007. p. 109–154.

LI, B.; SUN, D.-W.; DUAN, X. **Non-destructive methods for measuring and predicting water-holding capacity in meat: a review.** *Trends in Food Science & Technology*, v. 77, p. 260–270, 2018.

MA, J. et al. **Traditional thermal processing technologies and their limitations: A review.** *Food Science and Technology*, v. 59, p. 417–426, 2021.

MINOLTA. **Precise Color Communication: Color Control from Feeling to Instrumentation.** Osaka: Minolta Co., Ltd., 1998.

MONTGOMERY, Douglas C.; RUNGER, George C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros.** 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

NEPA – Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO.** 4. ed. Campinas: UNICAMP, 2011.

NGUYEN, A. T. et al. **A consumer definition of eco-friendly packaging.** *Journal of Cleaner Production*, v. 252, 2020.

ROBERTSON, G. L. **Food Packaging – Principles and Practice.** New York: Marcel Dekker, 1992.

ROBERTSON, G. L. **Food packaging: principles and practice.** 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2013.

ROBERTSON, G. L. **Food Packaging: Principles and Practice.** 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2016.

RUDIN, A.; CHOI, P. **Ciência e engenharia de polímeros**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

RUNDH, M. **The multi-faceted dimension of packaging: marketing logistic or marketing tool?** *British Food Journal*, v. 118, n. 10, p. 2491–2511, 2016.

SÃO PAULO (Estado). Centro de Vigilância Sanitária. **Portaria CVS nº 5, de 09 de abril de 2013**. Aprova o regulamento técnico sobre boas práticas para estabelecimentos comerciais de alimentos e para serviços de alimentação. São Paulo, 2013.

SARANTÓPOULOS, C. I. G. L. et al. **Embalagens plásticas flexíveis: propriedades e aplicações**. Campinas: CETEA/ITAL, 2002.

SARANTÓPOULOS, Claire I. G. L.; OLIVEIRA, Léa Mariza de; CANAVESI, Érica. **Requisitos de conservação de alimentos em embalagens flexíveis**. 2. ed. Campinas: Centro de Tecnologia de Embalagem, 2002.

SARANTÓPOULOS, C. I. L.; TEIXEIRA, F. G. **Embalagens plásticas flexíveis: Principais polímeros e avaliação de propriedades**. 2. ed. Campinas: CETEA/ITAL, 2017.

SUN, Da-Wen. **Handbook of Frozen Food Processing and Packaging**. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2012.

TAN, M. et al. **Advances in understanding ice crystallization during freezing process in foods: a review**. *Trends in Food Science & Technology*, v. 113, p. 59–72, 2021.

VISCIANO, P.; SCHIRONE, M.; PAPARELLA, A. **An overview of histamine and other biogenic amines in fish and fish products**. *Foods*, v. 9, n. 12, p. 1795, 2020.

YAZDANI, M.; HOSSEINI, S. V.; REZAEI, M.; KHODABAKHSHI, M. **Effect of freezing on the quality and shelf life of seafood products: a review**. *Journal of Food Quality*, v. 2020, p. 1–10, 2020.

ZHAO, Y.; PATANGE, A.; SUN, D.-W.; TIWARI, B. **Regulating ice formation for enhancing frozen food quality: materials, mechanisms and challenges.** *Trends in Food Science & Technology*, v. 139, p. 104116, 2023.