

AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE LIPÍDICA DE CANUDINHOS FRITOS COM ADIÇÃO DE RESÍDUOS DO PROCESSO PRODUTIVO

Juliana Rech, Junia Capua de Lima Novelo, Elizete Maria Pesamosca Facco

RESUMO

O método de cocção por meio de fritura para alimentos é, usualmente, utilizado e difundido em todo o mundo. O consumo expressivo, aliado aos aspectos sensoriais agradáveis de um alimento frito, desafia a indústria de alimentos a encontrar ferramentas capazes de aumentar seu tempo de prateleira. Neste contexto, o trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a oxidação lipídica de canudinhos fritos elaborados com resíduos (subprodutos oriundos do processo produtivo que não passaram pelo controle de qualidade para serem comercializados) desse alimento pronto para consumo. Análises foram realizadas para obter a atividade de água (*aw*), o índice de peróxidos e as substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico durante o período de 180 dias de armazenamento. Os resultados mostraram que a *aw* aumentou conforme o aumento do tempo de armazenamento. O índice de peróxidos e as substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico alteraram significativamente durante os tempos iniciais (até 90 dias), mas depois se mantiveram estáveis. No mesmo contexto de análises para verificação da estabilidade ao longo do armazenamento, a análise de *shelf life* sensorial realizada indicou que o produto, ao longo dos 180 dias, não apresentou alteração de sabor, odor e textura, mas apresentou alteração de cor. Portanto, mesmo com a incorporação de um resíduo frito à formulação do canudinho nas etapas iniciais de processamento, o processo de oxidação lipídica mostrou-se estável ao decorrer do tempo de armazenamento de 180 dias, demonstrando que é possível a reutilização do resíduo e a manutenção da qualidade organoléptica do produto com controle da oxidação lipídica.

1 INTRODUÇÃO

A utilização de óleos vegetais e animais para cozinhar alimentos é um dos métodos mais antigos da humanidade (Adu et al., 2019). O cozimento

através da fritura por imersão é popular devido a alguns fatores, por exemplo sabor, textura, rapidez, versatilidade e baixo custo (Sahasrabudhe et al., 2019). Neste método de cocção, os alimentos são submersos em óleo quente para cozinhar. É comumente usado para preparar uma variedade de alimentos fritos, como batatas, frango e peixe (Mishra et al., 2023), com o qual pode resultar em alimentos com uma textura crocante por fora e macia por dentro devido ao rápido cozimento em altas temperaturas. No entanto, imergir alimentos em gordura leva à absorção de uma quantidade significativa de óleo, o que, conseqüentemente, aumenta também o teor calórico da refeição. Se consumidos em excesso, os alimentos calóricos contribuem para problemas de saúde como obesidade, doenças cardíacas e diabetes (Sanibal & Mancini-Filho, 2004; Vieira et al., 2017).

Muitas propriedades do alimento são alteradas durante o processo de fritura e ao longo do período de estocagem e levam a alteração dos aspectos sensoriais, físico-químicos e de toxicidade. Isso acontece, especialmente durante o aquecimento do óleo, onde há o desenvolvimento de uma série de reações complexas que contribuem para a degradação do produto frito (Corsini & Jorge, 2006; Freire et al., 2013). A principal delas é a oxidação lipídica ou rancidez, que é um processo natural, e ocorre quando os lipídeos presentes nos alimentos reagem com o oxigênio do ar (Dobarganes & Márquez-Ruiz, 2015). Temperatura e tempo do processo de fritura são fatores iniciais importantes a serem controlados para evitar a rancidez durante a vida de prateleira do produto alimentício (Liberty et al., 2019). Isso porque, nos produtos fritos, a alta temperatura do óleo pode acelerar o processo de oxidação, especialmente se o óleo for reutilizado várias vezes (Dobarganes & Márquez-Ruiz, 2015). A alta temperatura e a disponibilidade de água dos alimentos, quando juntos, aceleram as reações de hidrólise e oxidação do óleo de fritura como também do alimento (Vieira et al., 2017).

O processo de rancificação hidrolítica em lipídios acontece por meio de agentes químicos ou estresse térmico. Através desses agentes, as ligações ésteres dos triacilgliceróis sofrem hidrólise e resultam na produção de ácidos graxos livres. Ao estarem livres, os ácidos graxos reduzem a resistência do óleo à altas temperaturas e aceleram o processo de degradação (Osawa et al., 2006).

A presença de agentes pró-oxidantes, como metais catalíticos ferro e estanho, por exemplo, também interferem na velocidade do processo oxidativo,

assim como a radiação solar e incidência de luz direta durante o armazenamento do produto (Jorge, 2009). O primeiro indicador de oxidação de um alimento é a formação de peróxidos, porém não são os últimos produtos resultantes (Ahmed et al., 2016).

Em indústrias de alimentos, a busca por aumentar a vida de prateleira de alimentos fritos percorre análises, avaliações e inovações com o escopo de encontrar soluções para controlar e reduzir a oxidação lipídica durante o processo de fritura e de estocagem (Ramalho & Jorge, 2006).

Em alimentos de panificação que possuem massa fina, e cujo principal ingrediente é a farinha de trigo, como os canudinhos fritos, o processo de fritura ocorre rapidamente devido à alta capacidade de calor aplicada. Ao mesmo tempo, a transferência de óleo e de massa ocorre com alta perda de umidade e por aumento da absorção de óleo pelos alimentos (Habeebrakuman, 2019).

A reutilização de produtos secundários no processamento, é uma prática utilizada para evitar perdas na indústria alimentícia. A redução do desperdício de alimentos por meio do reaproveitamento, resulta na redução de custos de produção, no aumento da disponibilidade de recursos à população e conseqüentemente, no cumprimento com as obrigações ambientais (Giannoni et al., 2017). Alimentos desenvolvidos à base de resíduos são também um desafio para a indústria de alimentos, ao que tange o aprimoramento de novas formulações e a adequação às legislações vigentes (Micheletti et al., 2018).

Atualmente, a adoção de medidas que limitem o processo de oxidação nas fases de processamento e armazenamento, a fim de aumentar a qualidade e o *shelf-life*, além do reaproveitamento de produtos que seriam descartados durante o processamento, é inegável para a viabilidade econômica e segurança dos alimentos.. Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a oxidação lipídica de um produto panificado do tipo canudinho, incorporado de canudinhos danificados, subprodutos deste processamento..

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Amostras e processo de elaboração do alimento

As amostras (2.500 g, divididos em 12 pacotes de 200 g, com 36 unidades de canudinhos cada) de canudinhos fritos foram coletadas na Indústria e

Comércio de Produtos Alimentícios Canuttos Ltda[®], logo após o processo de produção e armazenamento em embalagens poliméricas de polipropileno (PP). A formulação do produto, em proporção de ingredientes, é sigilo industrial, entretanto, os ingredientes utilizados no estudo se encontram listados na Tabela 1. Os canudinhos danificados que não podem ser comercializados (resíduos do processo) foram previamente triturados em moinho de farinha (GPANIZ, Brasil) até formar uma farinha. A porcentagem de 8% (m/m) foi incorporada a uma nova batelada de fabricação deste alimento. A gordura utilizada na fritura (imersão) foi um *blend* de gordura de palma e óleo de algodão (FRS, Brasil).

Tabela 1 – Formulação dos canudinhos fritos.

Formulação	Ingredientes
Teste	Farinha de trigo enriquecida com ferro e ácido fólico (Roseflor, Brasil), água potável, óleo de soja refinado (Coamo, Brasil), sal refinado (Zizo, Brasil) e aguardente de cana (Martelinho, Brasil) e 8% (m/m) do resíduo da produção do próprio produto frito, previamente triturado (farinha).

O processo de fritura foi conduzido em fritadeira industrial contínua, (ÚNICA, Brasil), com volume controlado de 120 L, com potência calorífica efetiva de 70.000 kcal/h, a 180 °C.

Antes de iniciar o processo de fritura, as gorduras foram aquecidas por 15 min. Um lote de 2.500 g de canudinhos foram fritos por 3 min em temperatura média de 180 °C. As amostras foram coletadas logo após a finalização do processo de fritura, divididas em 12 pacotes de polipropileno (PP) de 200 g e identificadas com data de produção e lote, sendo analisadas a cada 15 dias, durante um período de 6 meses (0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150, 165 e 180 dias)

O produto obtido após processo de fritura apresentou coloração caramelo, com tamanho aproximado de 8 cm, e diâmetro de bocal de 2,7 cm, com peso aproximado de 6 g e aroma característico de gordura após fritura (Figura 1).

Figura 1 – Foto ilustrativa do produto final “Canudinho” obtido após processo de fritura.



Fonte: o autor (2024).

Após, as amostras foram submetidas às análises físico-químicas (a_w , dosagem dos peróxidos e das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico) no Laboratório de Análise de Alimentos da Universidade de Caxias do Sul e Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Aw). As análises de *shelf-life* sensorial foram realizadas na empresa Canuttos por uma Engenheira de Alimentos *expert* para análises realizadas (cor, odor e textura). Os resultados encontrados por Rech *et al.* (2021) foram utilizados para validar os dados obtidos neste trabalho.

2.2 Atividade de água (a_w)

A atividade de água foi medida por aparelho Aqualab PRE Dewpoint (Meter Group, Brasil), a 25 °C com medida baseada no método primário do ponto de orvalho. (METER GROUP, 2024)

2.3 Índice de peróxidos

Utilizou-se metodologia analítica do Instituto Adolfo Lutz (Instituto Adolfo Lutz, 2008), para determinação do índice de peróxidos. Os resultados foram expressos em miliequivalentes de peróxido por 1000 g de amostra.

2.4 Substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico (TBARs)

A quantificação de malonaldeído foi realizada a partir de curvas de calibração construídas com concentrações conhecidas do reagente

(Papastergiadis et al., 2012). As medidas de TBA foram realizadas no espectrofotômetro modelo 10 UV (Thermo Genesys, EUA). O resultado foi expresso em nanomol de MDA por grama de amostra.

2.5 Análise estatística

Os dados das análises físico-químicas foram obtidos em duplicata e apresentados como média \pm desvio padrão. As comparações estatísticas foram realizadas por Análise de variância (ANOVA) seguido de teste de Tukey na significância de 5%. Foi utilizado o pacote estatístico *Statistical Package for Social Sciences* (SPSS), versão 20.0 (IBM Corp, 2011).

2.6 Análise de *shelf-life* sensorial

As amostras de canudinhos foram submetidas a análise de *shelf life* desenvolvida por uma profissional expert para a detecção em oxidação lipídica para avaliação dos indicadores de cor, sabor (presença ou não de oxidação), odor e textura, através de ficha de controle de vida de prateleira da empresa Canuttos a cada 90 dias (Figura 2).

Figura 2 – Ficha de avaliação de atributos sensoriais para *shelf life*.

FICHA DE AVALIAÇÃO DE ATRIBUTOS SENSORIAIS PARA *SHELF LIFE*

PRODUTO:
DATA DE FABRICAÇÃO:
VALIDADE:
LOTE:
OBJETIVO:

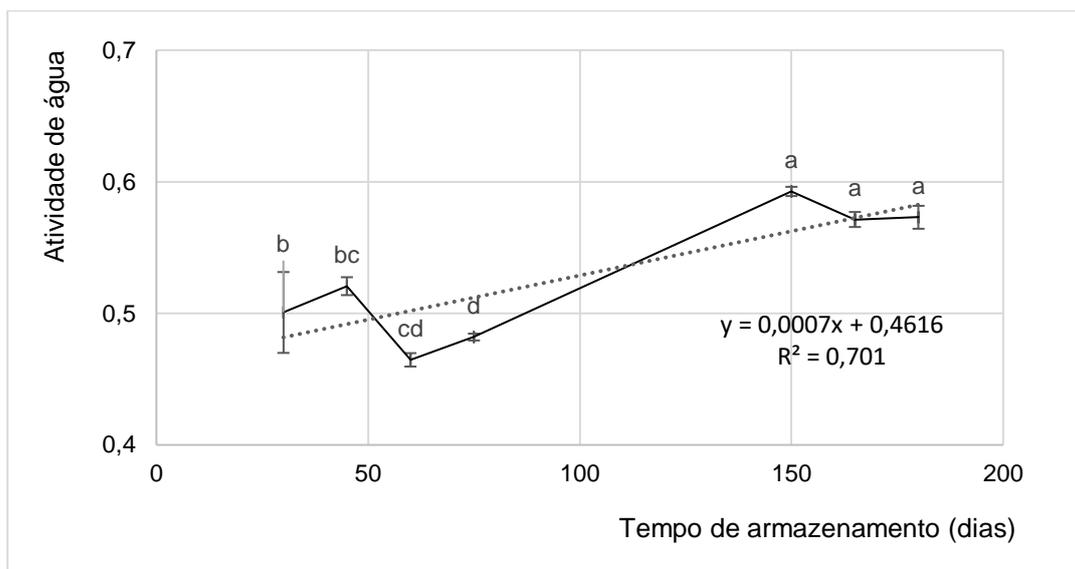
	TEMPO		
ANÁLISES	0 DIAS	90 DIAS	180 DIAS
Cor			
Odor			
Sabor			
Textura			

3 Resultados e discussão

A estabilidade lipídica é fator importante para que haja controle de qualidade durante a vida de prateleira de produtos fritos. As análises incluídas na presente estudo, são indicadores de controle para este parâmetro ser validado.

A Figura 3 apresenta os valores de a_w para os canudinhos fritos durante o armazenamento. Os resultados obtidos nos tempos de 30 e 60 dias não diferem estatisticamente ($p > 0,05$), entretanto, há diferença significativa da a_w de 60 para 150 dias ($p < 0,05$). Após este período, os valores de a_w (tempos de 150, 165 e 180 dias) não diferiram entre si ($p > 0,05$). Análises entre 75 dias a 150 dias não foram efetuadas e, portanto, não puderam ser comparadas estatisticamente.

Figura 3 – Variação da atividade de água (aw) das amostras de canudinho ao longo do tempo de armazenamento (dia).



Fonte: o autor (2024)

A aw em alimentos é uma medida que indica a disponibilidade de água para reações químicas e a possibilidade de multiplicação microbiana nos alimentos. A água disponível nos alimentos é importante para a qualidade e segurança microbiológica, uma vez que os baixos valores de aw, evitam a multiplicação microbiana e a síntese de toxinas (Francelin et al., 2021). Produtos alimentícios com aw elevada, acima de 0,85, estão mais propensos a deterioração microbiana, pois fornecem um ambiente favorável para a multiplicação de micro-organismos, como bactérias, leveduras e fungos (Neto et al., 2005).

Por outro lado, para alguns alimentos, por exemplo os fritos, que possuem aw inferior a 0,3, apresentam maior probabilidade de deterioração. Isso ocorre porque há desidratação do alimento, removendo água das camadas de solvatação, atingindo zonas de adsorção primária da água (monocamada), o que acelera a oxidação, principalmente pela catalisação de metais (Degaspari & Waszczyński, 2004). Os resultados de aw encontrados no presente estudo estão entre 0,50 (tempo inicial) e 0,58 (tempo final), ou seja, em uma faixa na qual a aw promove uma estabilidade química para o produto.

Estudos semelhantes também apresentam resultados de alteração de atividade de água em alimentos. Em um estudo que avaliou a aw para três

formulações de biscoito tipo *cookies*, com diferentes porcentagens de farinha residual de algaroba (uma espécie vegetal arbórea), armazenadas em embalagens de polipropileno (PP), durante um período de 120 dias, Gusmão et al. (2018) verificaram que os valores de a_w aumentaram durante a vida de prateleira em aproximadamente 30% do valor inicial em todas as formulações.

Colussi et al. (2013) observaram em um estudo de correlação entre a_w e rancidez hidrolítica em barras de cereais, durante um período de estocagem de 60 dias, que houve aumento proporcional da a_w e do índice de acidez. Estes pesquisadores concluíram que a ação de hidrólise de lipídeos está relacionada com a água disponível no alimento e com a embalagem utilizada para comercialização.

O controle da a_w durante a vida de prateleira é um dos fatores responsáveis por minimizar reações auto catalíticas que induzem a oxidação de lipídeos (Sandulachi, 2012). As embalagens de alimentos exercem papel fundamental para retardar a deterioração do produto, uma vez que protegem contra fatores químicos, biológicos e físicos. A proteção química evita influências ambientais como gases, umidade e luz, porém embalagens poliméricas, mesmo que ofereçam uma barreira para agentes externos, são mais permeáveis quando comparados à vidros e metais (Marsh & Bugusu, 2007).

Singh e Anderson (2004) correlacionaram diversos tipos de alimentos com os indicadores de deterioração que podem sofrer ao longo do período de armazenamento e verificaram que alimentos de panificação fritos, sofrem com luminosidade, oxigênio, temperatura e umidade. Apesar de a embalagem de polipropileno não impedir o aumento da a_w nos canudinhos fritos, ainda assim, esse aumento foi insuficiente para indicar alterar a vida de prateleira do produto.

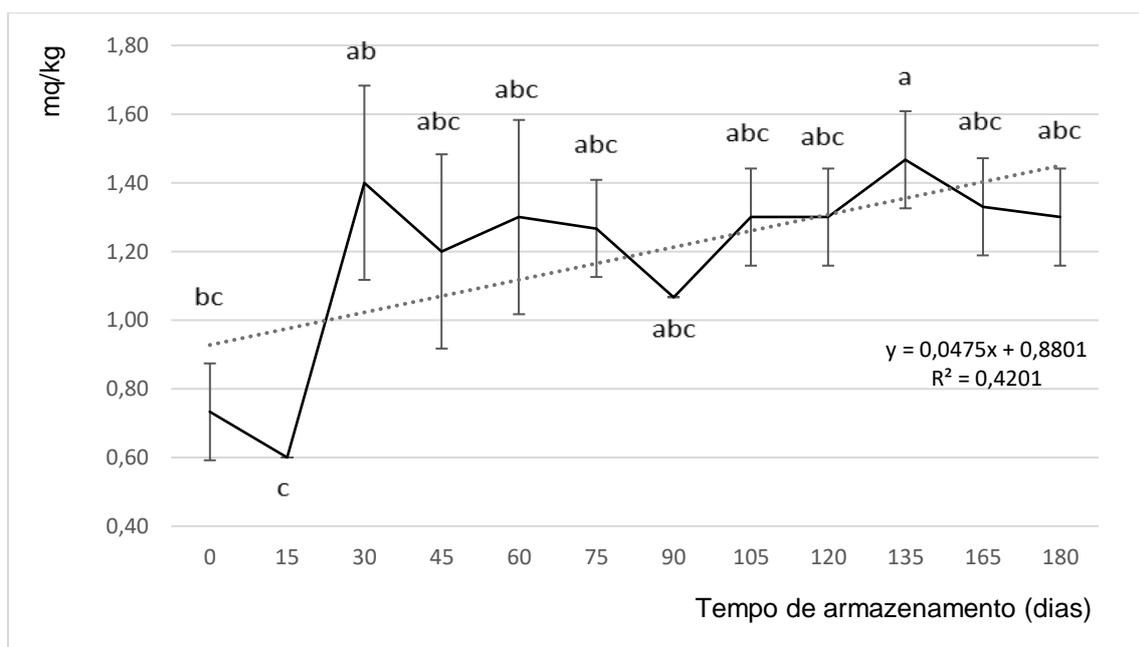
Toshiyuki (2014) observou que em uma massa frita formulada com farinha, ovos e óleo de milho, com diferentes índices de umidade, os valores de peróxidos aumentaram entre o tempo de 12 a 20 dias de armazenamento para as amostras de 0, 10 e 20% de conteúdo de água. A amostra com 30% de umidade apresentou estabilidade oxidativa durante a maior parte do período de vida de prateleira (tempo final de 20 dias).

Alimentos fritos apresentam, durante o período de armazenamento, deterioração por rancidez de acordo com a elevada quantidade de lipídios presentes na amostra. A análise de peróxidos é utilizada para medir a fase inicial

da oxidação, na qual há liberação destes produtos, porém as alterações sensoriais ainda não são percebidas (Shahidi & Zhong, 2010).

Valores de peróxidos para diferentes tempos de armazenamento dos canudinhos fritos variaram entre 0,600 e 1,467 meq/kg (Figura 4). Valores de peróxidos no tempo 0 e 15 dias foram significativamente inferiores ($p < 0,05$) àqueles valores encontrados nos tempos finais (135, 165 e 180 dias).

Figura 4 – Valores dos índices de peróxidos (mq/kg) para as amostras de canudinhos ao longo do tempo de armazenamento (dia).



Fonte: o autor (2024).

Durante o período de armazenamento, o índice de peróxidos dos canudinhos fritos adicionados de 8% (m/m) de resíduo do próprio produto apresentou aumento significativo ($p < 0,05$) quando comparado aos primeiros dias de estocagem. Possivelmente, indica que a oxidação lipídica começou com uma fase de latência na qual ocorre pouca oxidação (iniciação), seguida por um rápido acúmulo de produtos de oxidação (propagação) (Laguerre et al., 2007).

No período final de armazenamento, a amostra apresentou estabilidade oxidativa, visto que os valores de peróxidos se mantiveram estáveis a partir do 30º dia de armazenamento. Na fase final de oxidação, diversos compostos como cetonas e aldeídos são formados e indicam, uma diminuição na taxa de oxidação

(terminação) e corroboram com os resultados obtidos neste trabalho (Laguerre et al., 2007).

Em 90 dias de armazenamento Rech et al. (2021) encontrou valores de 4,65 mg/kg para canudinhos fritos com a utilização de resíduos obtidos no processo. Portanto, um valor superior ao encontrado neste trabalho (1,067 mg/kg), o que valida a utilização dos resíduos para a elaboração de novos canudinhos.

A rancidez final do produto frito, que já apresenta aldeídos e álcoois podem ser perceptível em análises sensoriais, porém mesmo em painéis com avaliadores treinados, a correlação entre as notas dos julgadores e os estudos de *shelf life* é baixa. A falta de percepção da rancidez pode ser relacionada aos baixos teores de TBA e conseqüentemente de aldeídos e álcoois (Osawa et al., 2006).

Dados demonstraram que batatas *chips* fritas em dois diferentes tipos de óleo de fritura (girassol e girassol parcialmente hidrogenado) apresentaram aumento gradual nos valores de peróxidos, durante o processo de armazenamento em 210 dias. O mesmo estudo, no tempo de 180 dias, mostrou um aumento de mais de 15 vezes sobre o valor inicial e, portanto, demonstraram, que há, ao longo do período de armazenamento de um produto frito (*chips*), alterações significativas no perfil oxidativo do produto (Masson et al., 2002).

Rech et al. (2021), em um estudo com canudinhos fritos em gordura de palma e armazenados por 105 dias ao abrigo da luz, observaram que houve diferença de 2,14 vezes maior entre os valores dos índices de peróxidos do tempo inicial (dia zero) e final (105 dias). Verificaram também que a variação dos resultados para o índice de peróxidos foi semelhante aos valores encontrados para este mesmo parâmetro no presente estudo, após a primeira quinzena de estocagem.

Um das suposições para o aumento rápido de peróxidos durante os primeiros dias de armazenamento, é que o ferro adicionado obrigatoriamente como fortificador em farinhas de trigo no Brasil, segundo a RDC N° 344 de 2022 (BRASIL, 2022), pode atuar como um catalisador na oxidação lipídica. Quando o ferro está presente em alimentos ou durante o armazenamento ou no processamento, ele pode promover a formação de radicais livres a partir dos

lipídios que, por sua vez, iniciam reações em cadeia de oxidação (Artz et al., 2005).

Esta reação inicia-se pela fase de indução da oxidação lipídica e ocorre na presença de iniciadores, que podem ser luz, calor, atividade enzimática e presença de íons metálicos. Nesse estágio, ácidos graxos insaturados perdem átomos de hidrogênio das duplas ligações e liberam radicais livres (Shahidi & Zhong, 2010).

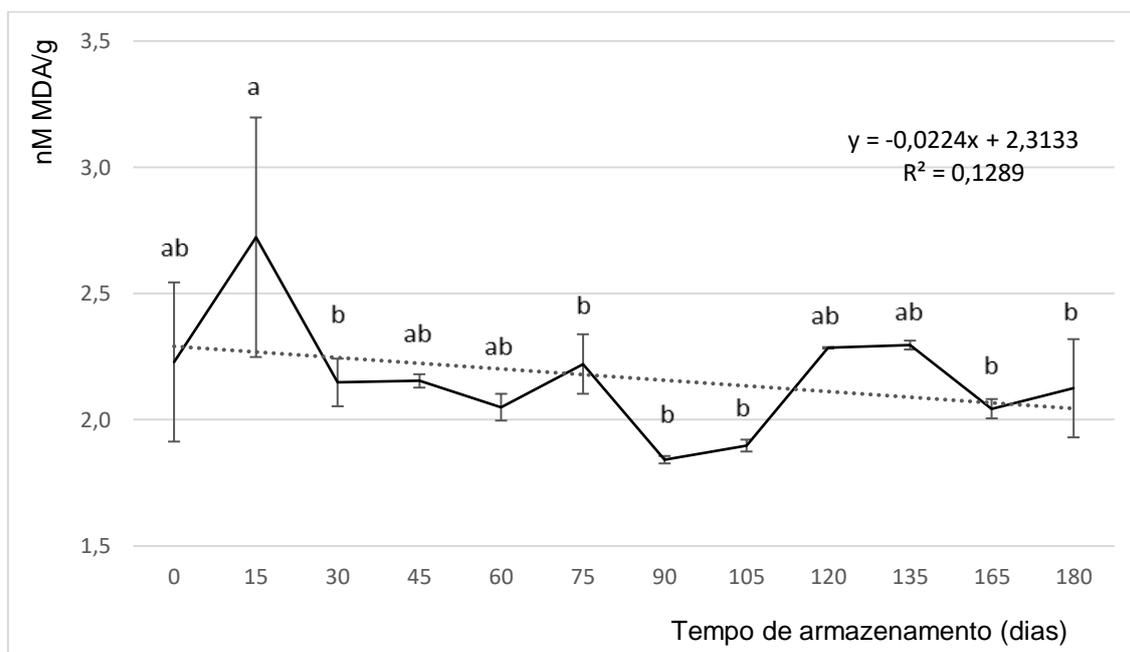
Os metais são, de certa maneira, um dos elementos que promovem a oxidação lipídica em óleos e alimentos fritos. Isso porque estão presentes de diversas maneiras em alimentos e podem ser provenientes de diferentes meios durante o processo produtivo. Além disso, a catálise pode ocorrer com quantidades mínimas de metal disponível, como é o caso, no processo de fabricação dos canudinhos, da farinha de trigo enriquecida com ferro e dos moldes cônicos metálicos que são utilizados durante o processo de fritura (Prior et al., 2005).

Apesar de a embalagem de polipropileno (PP) apresentar propriedades de barreira, esta não é suficiente para evitar o acometimento do oxigênio atmosférico aos radicais livres formados durante o processo de iniciação da autooxidação dos lipídios. Este oxigênio, junto à luz, uma vez que a embalagem é transparente, podem ser responsáveis por desencadear as etapas iniciais do processo oxidativo (Ramalho & Jorge, 2011).

A fase da terminação da oxidação lipídica pode ser determinada através do índice de ácido 2-tiobarbitúrico – TBA. A reação entre o ácido 2-tiobarbitúrico com o malonaldeído produz um composto de cor vermelha, identificado por espectrofotometria a 532 nm de comprimento de onda (Papastergiadis et al., 2012), e que determina o produto predominante da oxidação secundária de lipídios (Pan et al., 2020).

Durante o período de 180 dias de armazenamento dos canudinhos fritos, observou-se valores obtidos de TBA diferentes estatisticamente ($p < 0,05$) no 15º e 30º dia, porém não divergentes quando comparados durante todo o período de estocagem (Figura 5).

Figura 5 – Resultados da análise de TBA (nM MDA/g) em amostras de canudinho ao longo do tempo de armazenamento (dias).



Fonte: o autor (2024).

Durante o processo de fritura em temperatura mais elevada, os hidroperóxidos se decompõem rapidamente em carbonila e aldeídos (Nayak et al., 2016). A diminuição dos peróxidos, precursores do malonaldeído, pode ser a causa para que índices de TBA tenham se mantidos estáveis a partir de 30 dias até o final da estocagem (Figura 5).

Rech *et al.*, (2021) estudaram a oxidação lipídica em canudinhos fritos durante 105 dias de estocagem a exposição da luz e sem a incidência de luz e constataram que índices de TBA não divergiram estatisticamente ($p > 0,05$), nas condições de tempo (0 a 105 dias) e tampouco de luminosidade, indicando que há estabilidade oxidativa em canudinhos fritos durante o armazenamento.

O estudo da oxidação lipídica através de catalisadores metálicos pode ser definido através de inserção de metais em alimentos. Em cortes de frango, a aplicação do procedimento de oxidação por catalisação de metais, aumentou significativamente os índices de TBA, que é fator de terminação da oxidação lipídica e que, sensorialmente, aparecem compostos indesejáveis ao consumo (Botsoglou et al., 2002).

Poucos são os estudos que analisaram os parâmetros de TBA de produtos fritos ao longo de um período de armazenamento. Pan et al. (2020), aferiu valores de TBA de seis diferentes misturas de óleos, sendo eles constituídos de noz e amêndoa. Verificaram que há uma tendência de aumento crescente entre o período de 24 dias de armazenamento, mas que esse comportamento não apresenta padrão regular e, portanto, não pode ser considerado divergente.

Múltiplos são os fatores que podem influenciar a análise de TBA em alimentos fritos. O perfil lipídico do óleo de fritura, a matriz do alimento, a técnica aplicada de índice de TBA e a presença de substâncias reativas podem interferir no resultado ou diminuir a oxidação (Jorge & Janieri, 2005).

Durante o processo de análises, foi aplicado teste de *shelf life* sensorial, onde parâmetros foram analisados para corroborar com as análises laboratoriais. A figura 6 apresenta as alterações percebidas ao longo da análise.

Figura 6 – Análise e alteração de cor em canudinhos fritos adicionados de resíduos com tempo 0 e 180 dias.



Durante as análises de *shelf life*, não houve percepção de qualquer modificação do sabor (oxidação), textura e odor pela avaliadora, ao longo de 180 dias de avaliação. Entretanto, detectou-se visualmente a modificação da cor

(figura 3) durante o período máximo de análise (180): os canudinhos tornaram-se esbranquiçados, perdendo, portanto, a cor “dourada”.

CONCLUSÃO

As análises realizadas para as amostras de canudinhos fritos com utilização de farinha de resíduo final do processo deste alimento demonstram que a rápida ocorrência do processo de oxidação lipídica está na fase inicial de armazenamento, durante os primeiros 30 dias e, após esse período, existiu uma tendência à estabilidade da rancidez por 180 dias. Não houve modificação do sabor, odor e da textura, mas houve perda da cor neste período. Estudos podem ser futuramente realizados para avaliar se esta perda da cor é um importante atributo que impedirá a escolha do produto no mercado.

Ainda assim, é relevante concluir que resíduos oriundos do processo final de produção, podem ser incorporados para elaboração de novos canudinhos sem a perda de odor, sabor e textura, o que reduz de forma significativa as perdas alimentícias e econômicas para a empresa.

O rápido processo de oxidação nos primeiros dias após o processo de fritura, suas reações químicas e interações catalisadoras de metais não puderam ser mensuradas neste estudo e são decisivas para que haja uma medida eficaz de determinação da oxidação lipídica.

Por fim, são necessários estudos adicionais para verificar se o ferro presente na farinha é um ingrediente importante para iniciar o processo oxidativo e quantificar o número de vezes que é possível incorporar os resíduos do processo à formulação inicial sem que haja perdas sensoriais e físico-químicas no produto ao longo do prazo de validade, atualmente estipulado pela empresa de 90 dias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adu, O., Fajana, O., Ogunrinola, O., Okonkwo, U., Evuarherhe, P., & Elemo, B. (2019). Effect of continuous usage on the natural antioxidants of vegetable oils during deep-fat frying. *Scientific African*, 5, e00144. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00144>

- Ahmed, M., Pickova, J., Ahmad, T., Liaquat, M., Farid, A., & Jahangir, M. (2016). Oxidation of Lipids in Foods. *Sarhad Journal of Agriculture*, 32(3), 230–238. <https://doi.org/10.17582/journal.sja/2016.32.3.230.238>
- Artz, W., Osidacz Williamson, P., & Coscione, A. (2005). Acceleration of the thermoxidation of oil by heme iron. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 82, 579–584. <https://doi.org/10.1007/s11746-005-1112-3>
- Botsoglou, N. A., Florou-Paneri, P., Christaki, E., Fletouris, D. J., & Spais, A. B. (2002). Effect of dietary oregano essential oil on performance of chickens and on iron-induced lipid oxidation of breast, thigh and abdominal fat tissues. *British Poultry Science*, 43(2), 223–230. <https://doi.org/10.1080/00071660120121436>
- BRASIL. RDC nº 344 de 13 de dezembro de 2002. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para a Fortificação das Farinhas de Trigo e das Farinhas de Milho com Ferro e Ácido Fólico. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 13 dez 2002*. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2002/rdc0344_13_12_2002.html. Acesso em 30 out 2023.
- Colussi, R., Baldin, F., Biduski, B., Noello, C., Hartmann, V., & Gutkoski, L. C. (2013). Aceitabilidade e estabilidade físico-química de barras de cereais elaboradas à base de aveia e linhaça dourada. *Brazilian Journal of Food Technology*, 16(4), 292–300. <https://doi.org/10.1590/S1981-67232013005000035>
- Corsini, M. D. S., & Jorge, N. (2006). Estabilidade oxidativa de óleos vegetais utilizados em frituras de mandioca palito congelada. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 26(1), 27–32. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612006000100005>
- Degaspari, C. H., & Waszczynskyj, N. (2004). Propriedades antioxidantes de compostos fenólicos. *Visão Acadêmica*, 5, 33–40. <https://doi.org/10.5380/acd.v5i1.540>
- Dobarganes, C., & Márquez-Ruiz, G. (2015). Possible adverse effects of frying with vegetable oils. *British Journal of Nutrition*, 113(S2), S49–S57. <https://doi.org/10.1017/S0007114514002347>
- Francelin, M., Machado, L., Silva, D., Alves, E., Peralta, R., Costa, S., & Monteiro, A. (2021). Desenvolvimento e caracterização de snack de milho extrusado com adição de farinha de ora-pro-nóbis. *Research, Society and Development*, 10, e2910312850. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i3.12850>
- Freire, P. C. M., Mancini-Filho, J., & Ferreira, T. A. P. de C. (2013). Major physical and chemical changes in oils and fats used for deep frying: Regulation and effects on health. *Revista de Nutrição*, 26, 353–358. <https://doi.org/10.1590/S1415-52732013000300010>

- Giannoni, J. A., Imamura, K. B., Venâncio, A. C., Nascimento, R. R., Freitas, V. J., & Marinelli, P. S. (2017). Aproveitamento de resíduos orgânicos para o desenvolvimento de “beijinho” a base de mandioca amarela e rosada. *Revista da Associação Brasileira de Nutrição - RASBRAN*, 8(2), Artigo 2.
- Gusmão, R. P. D., Gusmão, T. A. S., Moura, H. V., Duarte, M. E. M., & Cavalcanti-Mata, M. E. R. M. (2018). Caracterização tecnológica de cookies produzidos com diferentes concentrações de farinha de algaroba durante armazenamento por 120 dias. *Brazilian Journal of Food Technology*, 21(0). <https://doi.org/10.1590/1981-6723.11617>
- Habeebrakuman R, Kaki SS, Bethala Lakshmi An PD, Maloo S, Vellanki B, Mallampalli Sri Lakshmi K. Influência do tipo de farinha em características físico-químicas durante a fritura profunda. *J Food Sci Technol*. 2019 Jul;56(7):3471-3480. doi: 10.1007/s13197-019-03835-1.
- IBM Corp. Released 2011. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0. Armonk, NY: IBM. Acesso em 10 maio 2023.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. 1a Edição Digital. 4o edição. São Paulo: [s. n.], 2008. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/nutricaoobromatologia/files/2013/07/NormasADOLFOLUTZ.pdf>. Acesso em 20 jun 2023.
- Jorge, N. (2009). *Química E Tecnologia De Óleos Vegetais*. Cultura Acadêmica Editora.
- Jorge, N., & Janieri, C. (2005). AVALIAÇÃO DO ÓLEO Evaluation of soybean oil submitted to the frying process of varied foods. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, 29, 1001–1007.
- Laguerre, M., Lecomte, J., & Villeneuve, P. (2007). Evaluation of the ability of antioxidants to counteract lipid oxidation: Existing methods, new trends and challenges. *Progress in Lipid Research*, 46(5), 244–282. <https://doi.org/10.1016/j.plipres.2007.05.002>
- Liberty, J. T., Dehghannya, J., & Ngadi, M. O. (2019). Effective strategies for reduction of oil content in deep-fat fried foods: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 92, 172–183. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.07.050>
- Marsh, K., & Bugusu, B. (2007). Food packaging—Roles, materials, and environmental issues. *Journal of Food Science*, 72(3), R39-55. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00301.x>
- Masson, L., Robert, P., Dobarganes, M., Urra, C., Romero, N., Ortiz-Viedma, J., Goicoechea, E., Pérez, P., Salame, M., & Torres, R. (2002). Stability of potato chip fried in vegetable oils with different degree of unsaturation. Effect of ascorbyl palmitate during storage. *Grasas y Aceites*, 53. <https://doi.org/10.3989/gya.2002.v53.i2.304>

- METER GROUP. Manual web. Disponível em: https://library.metergroup.com/Manuals/20115_AQUALAB4_Manual_Web.pdf. Acesso em: 17 maio 2023.
- Micheletti, J., Soares, J. M., Franco, B. C., Carvalho, I. R. A. D., Candido, C. J., Santos, E. F. D., & Novello, D. (2018). The addition of jaboticaba skin flour to muffins alters the physicochemical composition and their sensory acceptability by children. *Brazilian Journal of Food Technology*, 21(0). <https://doi.org/10.1590/1981-6723.08917>
- Mishra, S., Firdaus, M., Patel, M., & Pandey, G. (2023). A study on the effect of repeated heating on the physicochemical and antioxidant properties of cooking oils used by fried food vendors of Lucknow city. *Discover Food*, 3. <https://doi.org/10.1007/s44187-023-00046-8>
- Nayak, P. K., Dash, U., Rayaguru, K., & Krishnan, K. R. (2016). Physio-Chemical Changes During Repeated Frying of Cooked Oil: A Review. *Journal of Food Biochemistry*, 40(3), 371–390.
- Neto, C., Maria Feitosa de Figueirêdo, R., & Queiroz, A. (2005). Avaliação sensorial e da atividade de água em farinhas de mandioca temperadas. *Ciencia E Agrotecnologia - CIENC AGROTEC*, 29. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542005000400011>
- Osawa, C. C., Gonçalves, L. Ap. G., & Ragazzi, S. (2006). Titulação potenciométrica aplicada na determinação de ácidos graxos livres de óleos e gorduras comestíveis. *Química Nova*, 29(3), 593–599. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422006000300031>
- Pan, F., Wang, X., Wen, B., Wang, C., Xu, Y., Dang, W., & Zhang, M. (2020). Development of walnut oil and almond oil blends for improvements in nutritional and oxidative stability. *Grasas y Aceites*, 71(4), Artigo 4. <https://doi.org/10.3989/gya.0920192>
- Papastergiadis, A., Mubiru, E., Van Langenhove, H., & De Meulenaer, B. (2012). Malondialdehyde Measurement in Oxidized Foods: Evaluation of the Spectrophotometric Thiobarbituric Acid Reactive Substances (TBARS) Test in Various Foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(38), 9589–9594. <https://doi.org/10.1021/jf302451c>
- Prior, R. L., Wu, X., & Schaich, K. (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(10), 4290–4302. <https://doi.org/10.1021/jf0502698>
- Ramalho, V. C., & Jorge, N. (2006). Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. *Química Nova*, 29(4). <https://doi.org/10.1590/S0100-40422006000400023>
- Rech, Juliana, Finimundi, Norie, & Facco, Elizete Maria Pesamosca. (2021). Em Controle de qualidade: Análise sensorial, química de alimentos e análise de alimentos. (Vol. 2, p. 281–294).

- Sahasrabudhe, S. N., Staton, J. A., & Farkas, B. E. (2019). Effect of frying oil degradation on surface tension and wettability. *LWT*, 99, 519–524. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.026>
- Sandulachi, E. (2012). Water activity concept and its role in food preservation. *Meridian Ingineresc*, 4, 44–48.
- Sanibal, E. A. A., & Mancini-Filho, J. (2004). Frying oil and fat quality measured by chemical, physical, and test kit analyses. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 81(9), 847–852. <https://doi.org/10.1007/s11746-004-0990-8>
- Shahidi, F., & Zhong, Y. (2010). Lipid oxidation and improving the oxidative stability. *Chemical Society Reviews*, 39(11), 4067–4079. <https://doi.org/10.1039/b922183m>
- Singh, R. P., & Anderson, B. A. (2004). The major types of food spoilage: an overview. *Understanding and measuring the shelf-life of food*, 3-23.
- Toshiyuki, T. (2014). Rheological properties and oxidative stability during storage of dough fried made from corn oil with medium-chain triacylglycerols (MCT). *African Journal of Food Science*, 8(6), 356–360. <https://doi.org/10.5897/AJFS2014.1140>
- Vieira, S., Zhang, G., & Decker, E. (2017). Biological Implications of Lipid Oxidation Products. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 94. <https://doi.org/10.1007/s11746-017-2958-2>