

Capítulo 1

QUALIDADE DO ÓLEO DE SOJA E DE BATATA PRÉ-FRITA E CONGELADA DURANTE O PROCESSO DE FRITURA

*Dâmaris Cristine Landgraf
Rafael Motoki Bertho
Deise Aparecida da Silva Dijuli
Neusa Fátima Seibel*

1. INTRODUÇÃO

A fritura é uma operação unitária de cocção muito utilizada tanto industrialmente quanto no ambiente doméstico, por fornecer ao alimento frito características sensoriais como aumento da palatabilidade, diminuindo ou acentuando a cor, o sabor, a textura ou a consistência dos alimentos.

Cada alimento possui uma forma particular de absorção do óleo durante o processo de fritura, dependendo das condições oferecidas. Os fatores do processo incluem temperatura do óleo, tempo do óleo na fritadeira, material constituinte da fritadeira e tipo de equipamento utilizado, por batelada ou contínuo (OSAWA et al., 2010).

A população tem aumentado seu consumo de alimentos de procedência *fast-food* por estes oferecerem maior praticidade, porém, sua grande maioria é frito e pode conter substâncias provenientes de degradações lipídicas. O consumo de alimentos fritos, cada vez mais crescente com óleos oxidados, vem sendo associado a doenças cardiovasculares que se manifestam em idades precoces podendo provocar sérios riscos à saúde (LIMA et al., 2000).

No processo de fritura, o alimento é submerso em óleo quente na presença de ar, e assim, é exposto à oxidação interagindo com uma série de agentes como: ar, água, alta temperatura e componentes dos alimentos que estão sendo fritos; os quais causam degradações em sua estrutura, especialmente quando utilizados por um longo período, gerando compostos responsáveis por odor e sabor desagradáveis (BRASIL, 2004a).

Óleos utilizados para fritura não devem ultrapassar a temperatura de 180 °C e devem ser substituídos de imediato sempre que demonstrarem alterações evidentes em suas características físico-químicas ou sensoriais, como o início da formação de espuma e fumaça, além de modificações no aroma e sabor (BRASIL, 2004b). Os efeitos do aquecimento prolongado da fritura nos alimentos podem resultar em perdas nutricionais de vitaminas lipossolúveis, alterações na qualidade das proteínas, gorduras e carboidratos. Já os efeitos do aquecimento prolongado do óleo, na presença de oxigênio, causam a oxidação que origina uma variedade de compostos carbonílicos voláteis e ácidos graxos contendo outros grupos funcionais como hidroxila, cetona e epóxidos.

Visando a determinação da qualidade do óleo de soja utilizado para a fritura de batata congelada e pré-frita, este trabalho teve por finalidade a determinação dos índices de peróxido, acidez, iodo e saponificação. Além das análises de cor, umidade, atividade de água e absorção de óleo das batatas congeladas e após a fritura.

2. OXIDAÇÃO LIPÍDICA

A oxidação lipídica é um processo espontâneo e inevitável. É neste processo que ocorre a produção de compostos *off flavors* e também o desenvolvimento do ranço. Este tipo de reação acarreta na diminuição do valor nutritivo dos alimentos e na diminuição do tempo de vida útil.

2.1 ÓLEO DE SOJA

O óleo de soja possui em sua composição ácidos graxos insaturados que representam 85% do total de lipídios, e aproximadamente 60% destes são constituídos pelos ácidos graxos essenciais, como oleico e linolênico. Dentre os compostos minoritários do óleo de soja, estão os tocoferóis (JORGE, 2009).

O óleo de soja é o óleo vegetal mais utilizado, tanto diretamente como óleo de cozinha, quanto como matéria-prima na preparação de outros alimentos. Isso se deve ao seu baixo preço, com a grande industrialização deste grão e a sua qualidade nutricional (SEIBEL, 2018).

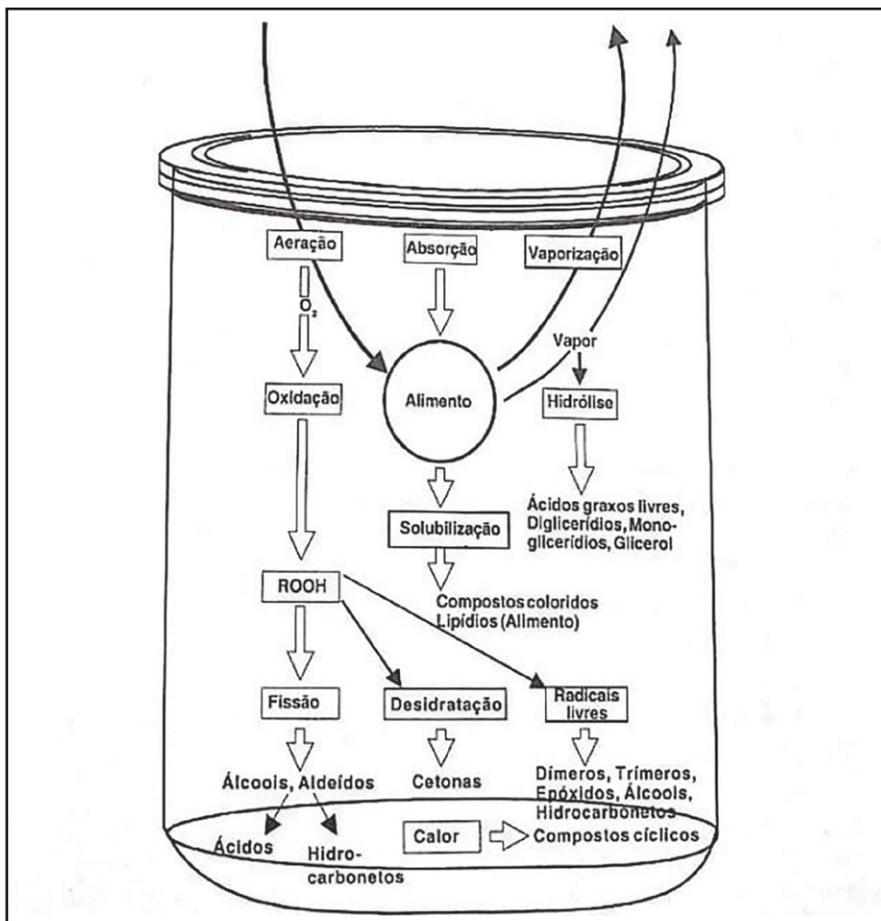
Em estudos comparativos foi verificado que o óleo de soja se manteve mais estável por mais tempo, demorando 6,5 horas para produzir 25% de polares totais. Essa maior estabilidade pode ser devido ao seu caráter vitamínico e sua atividade antioxidante, sendo os principais compostos minoritários desse óleo (SEIBEL, 2018).

Degradação do óleo de soja

A oxidação lipídica é responsável pelo desenvolvimento de sabores e odores desagradáveis, modificando a qualidade sensorial dos alimentos e os tornando impróprios para consumo, além de também provocar outras alterações na qualidade nutricional, devido à degradação de vitaminas lipossolúveis e de ácidos graxos essenciais, através da formação de compostos poliméricos potencialmente tóxicos (ARAÚJO, 2008).

As alterações do óleo durante o processo de fritura dependem de diversos fatores como, exposição prolongada ao calor, oxigênio e a luz. As temperaturas utilizadas nestes processos são comumente altas, provocando a formação de compostos de deterioração como, epóxidos, dihidroperóxidos, ácidos graxos cíclicos e dímeros, descritos na Figura 1 (ARAÚJO, 2008).

Figura 1 – Transformações químicas no óleo durante a fritura



Fonte: ARAÚJO (2008).

Os processos oxidativos intensificam a degradação de óleos e gorduras, podendo também ocorrer por hidrólise, polimerização e pirólise, implicando assim nas características sensoriais como sabor e coloração final dos óleos e gorduras (HIDALG; NOGALES; ZAMORA, 2007). Dependendo dos alimentos que são utilizados, do óleo e do processo de fritura, a formação dos produtos de degradação (Tabela 1) pode ser resumida pela formação de compostos voláteis que são eliminados em razão da sua natureza durante a fritura, tendo grande influência nas características sensoriais do produto e do óleo (ARAÚJO, 2008).

Tabela 1 – Alterações do óleo durante a fritura

Tipo de Alteração	Agente	Compostos Resultantes
Hidrólise	Umidade	Ácidos graxos Monoglicerídeos Diglicerídeos Glicerol
Oxidação	Oxigênio	Monômeros cíclicos, polímeros, voláteis (aldeídos, ácidos, hidrocarbonetos, cetonas, álcoois etc.)
Alterações térmicas	Temperatura	Monômeros cíclicos, dímeros e polímeros

Fonte: ARAÚJO (2008).

A velocidade de deterioração dos óleos e das gorduras é diferente, os estágios da evolutiva oxidação englobam o período de indução, seguida da formação de peróxidos, decomposição, polimerização e degradação, que resultam em uma série de mudanças físicas (ARAÚJO, 2008).

Durante o processo de fritura, óleos e gorduras estão expostos à ação de agentes que diminuem a qualidade e modificam suas estruturas, sendo eles, a umidade proveniente dos alimentos, que é a causa da alteração hidrolítica, o oxigênio do ar, que entra em contato com o óleo através da superfície, possibilitando a alteração oxidativa e a elevada temperatura no processo, que provoca a alteração térmica (JORGE et al., 2005).

A combinação dos fatores, calor, ar, luz, umidade e fragmentos do produto submetidos ao aquecimento prolongado, contribuem para a oxidação dos óleos que alteram substancialmente as propriedades químicas e físicas, um exemplo são as reações que envolvem as insaturações que provocam a diminuição do índice de iodo (ARAÚJO, 2008).

2.2 AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO DO ÓLEO

Índice de Peróxido

O Índice de Peróxido é um indicador muito significativo no estágio inicial da oxidação, sua presença é um indício de deterioração do óleo afetando,

sabor e odor. Quando sua concentração atinge certo nível, mudanças complexas ocorrem, formando compostos de baixo peso molecular, provindos de sua degradação (ARAÚJO, 2006).

Estes produtos possuem propriedades radicalares que ao estabilizarem-se subtraem hidrogênios de ácidos graxos, decompondo-os em radicais livres de ácidos graxos. Esta etapa, chamada de propagação, é um processo autocatalítico que não necessita da participação dos radicais livres de oxigênio da etapa de iniciação. Durante a propagação, a formação de peróxidos ganha certa velocidade, acompanhada pelo consumo elevado de oxigênio causando modificações estruturais no lipídeo (VALENZUELA; NIETO, 2001).

A tendência que normalmente se verifica é de um acréscimo no valor do índice de peróxido nas primeiras vinte horas do processo de fritura, seguido de uma redução, indicando que a decomposição de hidroperóxidos ocorre numa velocidade maior que a da sua formação (WITSCHINSKI; GHISLENI; VALDUGA, 2012).

Índice de Acidez

A análise de índice de acidez demonstra mudanças nas concentrações de íons hidrogênio. O aumento da acidez na amostra evidencia processos de alterações na estrutura dos óleos, isto é, a hidrólise e oxidação, que são aceleradas pela ação conjunta dos fatores, luz, aquecimento e umidade do produto utilizado no processo (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

A determinação da acidez pode fornecer um dado importante para a avaliação do estado de conservação do óleo. Um processo de decomposição, seja por hidrólise, oxidação ou fermentação, podendo alterar a concentração dos íons hidrogênio (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

A decomposição das gorduras através da lipase é acelerada por luz e calor, com formação de ácidos graxos livres que causam um sabor-odor desagradáveis. Porém, em gorduras com ácidos graxos não-voláteis, o sabor-odor característico não aparece juntamente com a deterioração. Neste caso, é muito importante a medida quantitativa dos ácidos graxos livres para a determinação do grau de deterioração (CECCHI, 2003).

Índice de Iodo

Segundo Maia (2006), quanto maior o índice de iodo, maior o número de duplas ligações (insaturações) presentes no óleo, sendo assim, há maior

probabilidade da amostra ser considerada um óleo do que uma gordura, pois, é notória que os óleos possuem um maior grau de insaturação do que as gorduras, o que justifica o estado físico dela à temperatura ambiente (25 °C).

O índice de iodo de um óleo é a medida do seu grau de insaturação, é expresso em termos do número de centigramas de iodo absorvido por grama da amostra (% iodo absorvido). O Wijs é o método aplicável a todos os óleos e gorduras que não contenham ligações duplas conjugadas (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

Cada óleo possui um respectivo intervalo característico no valor do índice de iodo. A fixação do iodo ou de outros halogênios ocorre nas ligações etilênicas dos ácidos graxos (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

Índice de Saponificação

O índice de saponificação de um óleo ou gordura é determinado com o número de miligramas de hidróxido de potássio necessário para a neutralização dos ácidos graxos resultantes da hidrólise de 1 g de amostra, indicando a quantidade relativa de ácidos graxos de alto e baixo peso molecular (CECCHI, 2007).

É utilizado para estimar o peso molecular médio dos ácidos graxos que constituem a gordura, pois a cada um grama de gordura compõe-se uma quantidade maior de ácidos graxos, se estes são de cadeia curta (RIBEIRO, 2004).

Esse procedimento inclui o aquecimento da solução alcoólica de hidróxido de potássio em excesso, contendo uma quantidade conhecida da amostra, até a completa saponificação. O excesso de base é então titulado como ácido clorídrico padronizado (ARAÚJO, 2006).

2.3 BATATA PRÉ-FRITA CONGELADA

A batata (*Solanum tuberosum L.*) é uma das culturas alimentares mais consumidas. No Brasil é uma das hortaliças que apresentam maior relevância econômica, com uma produção anual de aproximadamente 3,5 milhões de toneladas, onde a maior parte da produção é comercializada *in natura*, sendo uma parcela destinada ao processamento industrial, nas formas de pré-frita congelada, chips e batata palha (EMBRAPA, 2016).

A rotina diária acelerada do mundo globalizado vem fazendo com que o alimento do tipo expresso ganhe notoriedade, visando agilidade no preparo e

realização das refeições. Nessa perspectiva, a batata pré-frita congelada se destaca como forte opção de consumo (JESUS et al., 2016).

Na produção de batatas pré-fritas congeladas, as batatas *in natura* são submetidas ao fatiamento, seguidas para o branqueamento, feito através da imersão das batatas em água fervente por um minuto e posterior mergulho em água fria por dois minutos. A temperatura utilizada na pré-fritura é de 140 a 150 °C, estas batatas são embaladas e congeladas a -18 °C (MALDONADE; CARVALHO; FERREIRA, 2013).

3. METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada por meio de uma fritura utilizando óleo de soja e com o acompanhamento da degradação do mesmo durante este tempo, através da determinação dos índices de peróxido, acidez, iodo e saponificação. Além da avaliação inicial e final do produto utilizado na fritura, verificando mudanças de cor, umidade, atividade de água e absorção de óleo. Todas as análises foram executadas nos laboratórios da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina.

O óleo de soja escolhido para o experimento foi da marca, Cocamar® 900 mL, embalado em garrafa PET. Sua composição era constituída de óleo vegetal de soja (geneticamente modificada a partir de *Agrobacterium Sp*) e dos antioxidantes, TBHQ e Ácido Cítrico. A marca escolhida de batatas pré-fritas congeladas para a fritura no estudo foi a RapiPad® tradicional. Sua lista de ingredientes era composta por batatas, óleo vegetal, dextrose, estabilizador INS – 450 (pirofosfato ácido de sódio) e era de origem argentina.

3.1 MÉTODOS

Condições de Fritura

A fritura aplicada na batata pré-frita congelada foi realizada com o uso de 3,5 litros de óleo de soja, em fritadeira elétrica aberta, Progás de inox com dois cestos, a 180 °C, sem reposição do óleo pelo período de três horas continuamente. Foram adicionados 200 gramas de batata congelada que eram fritas durante três minutos, então retiradas e esperava-se mais sete minutos para a adição de mais batatas. A temperatura do procedimento foi controlada por um termômetro

digital tipo espeto da marca Incoterm. O óleo ficou em todo momento exposto a 180 °C, luz, oxigênio e a água proveniente do alimento. A cada uma hora de fritura eram retirados 60 mL de óleo com auxílio de uma proveta de 100 mL e uma concha utilizada na transferência do material ainda quente.

3.2 ANÁLISE DO ÓLEO DE SOJA

Índice de peróxido

A determinação do índice de peróxido foi realizada seguindo a metodologia do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2008), que determina todas as substâncias, em termos de miliequivalentes de peróxido por 1000 g de amostra, que oxidam o iodeto de potássio. Foram pesados cinco gramas de amostra em um frasco Erlenmeyer de 250 mL, com a adição de 30 mL da solução de ácido acético-clorofórmio 3:2 até a dissolução da amostra, e 0,5 mL de solução saturada de KI. Após este período, foram acrescentados 30 mL de água e um mL da solução indicadora de amido 1% (m/v). A titulação ocorreu com a adição gota a gota de tiosulfato de sódio 0,01 N, em constante agitação, a titulação terminou quando houve o desaparecimento da coloração azul.

Índice de Acidez

A determinação consistiu na pesagem de dois gramas da amostra, com adição de 25 mL da solução éter etílico e álcool etílico (2:1) e duas gotas do indicador fenolftaleína, a titulação com o hidróxido de sódio 0,1 N e prosseguiu até o aparecimento da coloração rósea (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

Índice de Iodo

Foram pesados aproximadamente 0,25 gramas de amostra em um Erlenmeyer de 500 mL, com a adição de 10 mL de ciclohexano, 25 mL de solução de Wijs, com agitação cuidadosa, esta mistura foi deixada sob repouso ao abrigo da luz e à temperatura ambiente, por 30 minutos. Foram adicionados 10 mL da solução de iodeto de potássio 15% e 100 mL de água recentemente fervida e fria, e um mL de solução indicadora de amido 1% (m/v). A titulação com a solução de tiosulfato de sódio 0,1 N, terminou com o completo desaparecimento da cor azul. Foi preparada uma determinação em branco seguindo os mesmos

procedimentos para que fosse possível a realização do cálculo (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

Índice de Saponificação

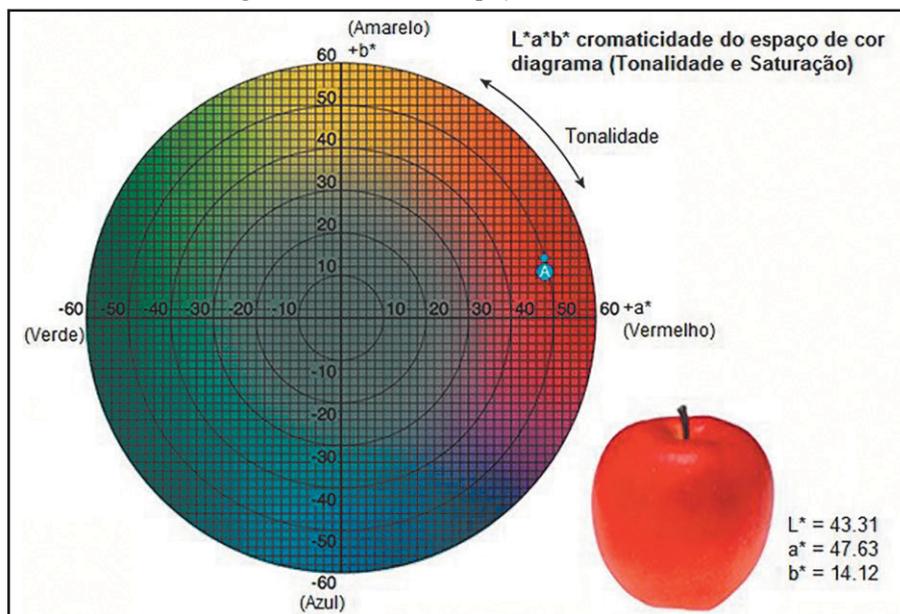
A determinação consistiu na pesagem de cinco gramas da amostra em um balão de fundo chato de 250 mL, com adição posterior de 50 mL de solução alcoólica de KOH, um branco foi preparado e analisado simultaneamente. A amostra foi deixada sob refluxo durante 1 hora até a completa saponificação dela. Após o resfriamento do frasco, foi adicionado 4 gotas do indicador fenolftaleína e a titulação foi realizada com a solução de ácido clorídrico 0,1 N até o desaparecimento da cor rósea (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

Análise de cor

A análise de cor do óleo foi realizada utilizando-se o colorímetro digital (KONICA MINOLTA – Chroma Meter CR-400). As amostras de óleo foram dispostas em uma placa de Petri para a leitura de cor em 12 pontos escolhidos aleatoriamente, visando uma ampla coleta de dados.

O método de avaliação utilizado foi o CIELAB (Commission Internationale de l'Eclairage), o qual define que o espaço de cor $L^*a^*b^*$ são correlacionados com os valores de cor da percepção visual. Para que a cor avaliada seja precisa, é necessária a ordenação em termos de tonalidade, luminosidade e saturação, através de escalas (KONICA MINOLTA, 2019). A Figura 2 mostra ilustrativamente onde se encaixam os eixos em um gráfico de colorimetria. O sistema CIELAB determina as coordenadas constantes no espaço tridimensional de cor, sendo que “ L^* ” é a luminosidade, que varia do preto total (0) ao branco total (100) e “ a^* ” e “ b^* ” contêm as informações de croma, onde “ a^* ” corresponde a um eixo que varia do vermelho ao verde e “ b^* ” é um eixo que varia do amarelo ao azul (HUNTERLAB, 1996; MINOLTA, 1998).

Figura 2 – Gráfico de espaço de cor CIELAB



Fonte: Konica Minolta (2019).

3.3 ANÁLISES DAS BATATAS FRITAS

Para as análises das batatas fritas, foram coletados 200 gramas de amostra para cada hora de fritura em óleo de soja, nestas foram analisadas, em triplicata, a atividade de água, umidade e a quantidade de absorção de óleo após o período de fritura. A cor foi determinada com o colorímetro Konica Minolta CR-400 em três pontos diferentes de 20 amostras de batata, pois devido à diferença de tamanho e espessura das batatas (forma palito) a fritura não apresentou uniformidade de cor.

Atividade de água

A atividade de água foi determinada a $25\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 1$ utilizando o higrômetro elétrico de medida direta (AQUALAB 4TE, Decagon CX-2, Pullman, Estados Unidos) aferido com água destilada, quantificando as amostras em triplicata no início e a cada 1 hora de fritura.

Umidade

A umidade foi realizada seguindo a metodologia da AOAC (2016). As cápsulas utilizadas no experimento foram taradas previamente em estufa por 3 horas a 105 °C, as amostras foram então coletadas em triplicata no tempo inicial e depois sucessivamente a cada uma hora de fritura, trituradas e pesadas 5 gramas em cada cápsula. A determinação aconteceu pela submissão das amostras em estufa para secagem a 105 °C com circulação de ar durante 5 horas.

Absorção de óleo

A quantificação de lipídios das amostras de batata frita foi realizada seguindo metodologia da AOAC (2016), onde foram moídas e pesadas cerca de 0,5 gramas dentro de cartuchos de papel filtro, estes levados à estufa para secagem, durante 2 horas. Os cartuchos em triplicata foram dispostos dentro dos extratores de Soxhlet e deixados sob refluxo com o reagente éter de petróleo durante 30-60 °C. Ao final foram colocados em estufa para secagem durante 1 hora a 105 °C e pesados em balança analítica para realização dos cálculos.

3.4 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados obtidos foram avaliados por Análise de Variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%, com auxílio do software Statistica TM.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura utilizada no processo de fritura foi escolhida com base na legislação que estabelece 180 °C como a temperatura máxima, pois temperaturas excessivamente altas causam alterações térmicas, com a liberação de compostos voláteis e a formação de monômeros cíclicos, dímeros e polímeros. Além da exposição do óleo ao oxigênio e umidade oriunda do alimento que também provocam reações de hidrólise e oxidação.

Na Tabela 2 são apresentados os dados das análises dos índices de saponificação, acidez, iodo e saponificação, realizadas no óleo sem fritura e submetido

a esse processo, a cada hora. Durante o processo de fritura, o óleo de soja não apresentou diferença significativa em nenhum dos índices avaliados.

O processo de oxidação dos óleos é dividido em duas etapas, na iniciação, são formados radicais, em condições de exposição à luz e calor. A propagação é a etapa em que os radicais livres são sujeitos a influências exteriores, de luz, calor e oxigênio, sendo transformados em outros radicais, formando peróxidos e hidroperóxidos, e diversos produtos primários de oxidação (BORGIO; ARAÚJO, 2005; RAMALHO; JORGE, 2006).

Tabela 2 – Qualidade do óleo de soja refinado durante a fritura

Índices	Tempo de fritura (h)			
	Inicial	1h	2h	3h
Peróxido (mEq.kg ⁻¹)	2,60 ± 0,18 ^a	2,09 ± 0,21 ^a	2,18 ± 0,18 ^a	2,46 ± 0,21 ^a
Acidez (mg/KOH)	0,01 ± 0,007 ^a	0,03 ± 0,05 ^a	0,03 ± 0,0003 ^a	0,03 ± 0,0001 ^a
Iodo (gI ₂ /100g)	146,0 ± 1,02 ^a	143,6 ± 2,09 ^a	141,7 ± 2,11 ^a	139,8 ± 2,59 ^a
Saponificação (mg KOH/g)	212,6 ± 0,68 ^a	211,8 ± 0,054 ^a	211,1 ± 1,24 ^a	210,2 ± 1,84 ^a

Média em triplicata ± desvio padrão. Letras iguais, na mesma linha, não apresentam diferença significativa ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey (ANOVA).

Fonte: Autoria Própria (2019).

Diversos pesquisadores constataram que óleos submetidos ao processo de fritura apresentaram comportamentos instáveis principalmente o índice de peróxido, e justificaram que isso se deve ao fato de que os peróxidos são substâncias que se decompõem rapidamente em produtos secundários de oxidação nas temperaturas usuais dos processos de fritura (VERGARA et al., 2006).

Não houve diferença significativa entre os tempos de fritura, isto pode ser atribuído à composição do óleo de soja da marca COCAMAR, já que este contém em sua composição antioxidante TBHQ. O TBHQ é considerado um dos melhores antioxidantes para utilização em óleos de fritura, pois além de resistir ao calor, proporciona uma excelente estabilidade para os produtos fritos (RAMALHO; JORGE, 2006).

O índice de acidez leva em consideração as degradações hidrolíticas, oxidativas ou térmicas que por consequência alteram a concentração de íons hidrogênio assim como as cadeias orgânicas dos ácidos graxos, que por resultado causam alterações indesejáveis. (MENDONÇA et al., 2008).

Os resultados referentes ao índice de acidez apresentaram valores bem abaixo aos descritos nas legislações, a qual preconiza máximo de 0,20 miligramas de KOH, por grama de amostra de óleo, sendo que os valores encontrados não foram superiores a 0,03, e isso se deve ao fato da presença de antioxidantes na composição do óleo e ao tempo do processo de fritura, o qual foi de apenas 3 horas.

A velocidade de formação dos ácidos graxos livres é influenciada por vários fatores, entre os quais a temperatura de fritura, a quantidade de água liberada pelo alimento que está sendo frito, o número de vezes de aquecimento e resfriamento do óleo e a quantidade de partículas queimadas provenientes do alimento (ARAÚJO, 2008).

Os resultados das análises se assemelham aos resultados de Jorge e Lunardi (2005), que obteve amostras de diferentes óleos submetidos à fritura doméstica, a 180 °C, de batata *in natura*, com retirada de amostras a cada 25 minutos do procedimento, onde foram verificados que os valores de ácidos graxos livres não diferiram entre si para o óleo de soja no tempo de fritura 1,5 horas, e apenas começaram a aumentar após as 7,5 horas de fritura.

O índice de iodo permaneceu dentro do valor de referência comercial, o qual deve ser superior a 120 gI₂/100g, sugerindo que as insaturações das cadeias lipídicas não foram afetadas significativamente. Rampazzo (2015) analisou por cromatografia diversos óleos de origem vegetal, sem tratamento térmico e submetidos a 180 °C durante 8 horas, onde observou que o óleo de soja apresentou um maior número de insaturações nas amostras sem o tratamento térmico do que após o tratamento térmico.

O índice de saponificação do óleo de soja, segundo ANVISA (2007), deve apresentar os valores entre 180-200 mg KOH/g. O índice de saponificação é considerado inversamente proporcional à massa molar média dos ácidos graxos presentes nos triacilgliceróis, é proficiente na identificação de adulteração com outros óleos e gorduras, que contém ácidos graxos com tamanhos diferentes ao óleo de soja, ou até mesmo com material insaponificável, como parafina e óleo mineral (GRANATO; NUNES, 2016). Com os valores observados nesse experimento foi constatado que no óleo de soja utilizado não havia adulteração e que o processamento de fritura não afetou a massa molecular dos ácidos graxos presentes.

Nos resultados de análise de cor (Tabela 3), foram observadas diferenças estatísticas nos três parâmetros avaliados. A luminosidade, representada pelo parâmetro L^* , foi diminuindo durante o processo de fritura, ou seja, o óleo tornou-se mais escuro ao final do tratamento térmico. O parâmetro a^* negativo indicou que a cor do óleo de soja refinado tende para a tonalidade verde, a qual perdeu um pouco da intensidade até 2 horas de fritura, mas com 3 horas de processo a cor verde tornou-se mais intensa. O parâmetro b^* positivo indicou tendência para a tonalidade amarela, a qual foi intensificada ao final do período analisado. Todas essas variações de intensidades podem ser justificadas pelo tempo ao qual o óleo de soja foi exposto a várias alterações térmicas.

Tabela 3 – Análise de cor do óleo de soja refinado durante a fritura

Cor	Tempo de fritura (h)			
	Inicial	1h	2h	3h
L^*	$47,88 \pm 1,48^a$	$46,35 \pm 0,54^b$	$45,26 \pm 1,38^b$	$42,21 \pm 1,44^c$
a^*	$-1,89 \pm 0,21^a$	$-1,27 \pm 0,20^b$	$-1,31 \pm 0,16^b$	$-1,82 \pm 0,12^a$
b^*	$6,09 \pm 0,66^b$	$5,17 \pm 1,06^b$	$5,35 \pm 0,88^b$	$8,72 \pm 1,33^a$

Média em triplicata \pm Desvio padrão. Letras iguais, na mesma linha, não apresentam diferença significativa ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey (ANOVA).

Fonte: Autoria Própria (2019).

A atividade de água é um fator de grande importância a ser considerado na composição dos alimentos, esta atividade vai determinar como o alimento se comportará, durante sua vida útil, pois dependendo da quantidade de água livre presente no alimento, este vai estar mais propenso ao desenvolvimento de micro-organismos.

As leituras da atividade de água presente nas batatas (Tabela 4) apresentaram o maior valor no tempo inicial, havendo diferença estatística significativa com o processamento da fritura. Todos os resultados se apresentaram acima de 0,95, faixa onde a água do alimento está passível de ser utilizada em reações químicas, enzimáticas e para o desenvolvimento de micro-organismos (FOOD SAFETY BRASIL, 2016). No entanto, produtos fritos por imersão, onde se obtém crocância externa e maciez interna, são alimentos para serem consumidos imediatamente, para evitar alterações na sua textura.

Tabela 4 – Atividade de água das batatas pré-fritas e congeladas e fritas por imersão

	Tempo de fritura (h)			
	Inicial	1h	2h	3h
Aw	0,9869 ± 0,0011 ^a	0,9726 ± 0,0048 ^b	0,9758 ± 0,0015 ^b	0,9742 ± 0,0015 ^b

Média em triplicata ± desvio padrão. Letras iguais, na mesma linha, não apresentam diferença significativa ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey (ANOVA).

Fonte: Autoria Própria (2019).

Os valores de umidade das batatas fritas durante as frituras tiveram diferença significativa no tempo inicial em comparação ao restante do tempo, sendo maior no início, pois as batatas possuíam grande quantidade de água em sua estrutura, apresentando 72,9% de umidade (Tabela 5). Este valor foi menor do que o encontrado no trabalho de Jorge e Lunardi (2005), onde na batata *in natura* apresentou 83,8% de umidade. Isso é explicado, pois batatas congeladas são branqueadas e fritas previamente ao congelamento, onde ocorre perda de água.

Tabela 5 – Umidade das batatas pré-fritas e congeladas e fritas por imersão

	Período (h)			
	Inicial	1h	2h	3h
Umidade (%)	72,9 ± 0,39 ^a	48,5 ± 1,33 ^b	44,7 ± 1,00 ^b	41,8 ± 4,30 ^b

Média em triplicata ± desvio padrão. Letras iguais, na mesma linha, não apresentam diferença significativa ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey (ANOVA).

Fonte: Autoria Própria (2019).

Após as frituras, os teores de umidade foram menores do que o produto inicial, sendo que a perda de umidade nas batatas fritas correspondeu a 33,47%; 38,68% e 42,66%, respectivamente, em relação às batatas pré-fritas e congeladas. Durante a fritura, diversas reações de transferência ocorrem, sendo elas, de calor do óleo para o alimento, deslocamento da massa de umidade e da absorção do óleo pelo alimento, sendo um processo semelhante à desidratação. As batatas sofrem uma diminuição da umidade, pois a fritura é um processo que provoca a evaporação da água, que ocasiona a desidratação dos tecidos onde auxilia na formação da crosta, característica de produtos fritos (FELLOWS, 2019).

Os resultados obtidos com a extração de lipídeos das amostras de batata frita são apresentados na Tabela 6, nela é possível observar que após o início da fritura o teor de óleo aumentou, havendo diferença significativa entre o início e o restante da fritura. A absorção do óleo pelas batatas nos tempos de uma e duas horas dobrou em comparação com o início, e nas três horas triplicou, demonstrando que a capacidade de absorção de óleo pelas batatas com o passar do tempo é aumentada.

Tabela 6 – Extração do óleo das batatas pré-fritas e congeladas e fritas por imersão.

	Período (h)			
	Inicial	1h	2h	3h
Óleo extraído (%)	5,20 ± 0,33 ^b	12,70 ± 1,59 ^a	11,97 ± 1,14 ^a	17,35 ± 1,11 ^a

Média em triplicata ± desvio padrão. Letras iguais, na mesma linha, não apresentam diferença significativa ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey (ANOVA).

Fonte: Autoria Própria (2019).

O óleo que permanece sob aquecimento em temperatura elevada sofre alterações também na viscosidade e densidade ocasionando maior absorção lipídica pelo alimento. Jorge e Lunardi (2005) observaram numa fritura a 175 °C, que as batatas fritas tiveram em média o teor lipídico de 29,26%, após 8,5 horas de fritura. No entanto, ressaltaram que o óleo de soja foi o óleo com a menor absorção lipídica, em comparação com os óleos de girassol e milho.

Na análise de cor das batatas fritas (Tabela 7), a luminosidade não apresentou diferença significativa em nenhum dos tempos avaliados, e todos os produtos são claros. Coleman (2004) classificou a luminosidade da batata após a fritura como sendo de qualidade inaceitável ($L^* < 55$); aceitável ($L^* \geq 55$ e ≤ 70) e de alta qualidade ($L^* > 70$), assim, todas as batatas fritas foram aceitáveis, sendo que a frita após 1h de utilização do óleo está classificada como de alta qualidade.

Tabela 7 – Análise de cor das batatas pré-fritas e congeladas e fritas por imersão.

Cor	Tempo de fritura (h)			
	Inicial	1h	2h	3h
L*	67,86 ± 2,90 ^a	70,85 ± 4,91 ^a	67,37 ± 6,63 ^a	66,25 ± 5,72 ^a
a*	- 2,92 ± 0,54 ^b	- 0,935 ± 1,61 ^a	- 0,809 ± 1,94 ^a	- 0,061 ± 2,82 ^a
b*	14,53 ± 2,72 ^b	29,93 ± 3,64 ^a	26,96 ± 4,13 ^a	28,43 ± 4,50 ^a

Média em triplicata ± desvio padrão. Letras iguais, na mesma linha, não apresentam diferença significativa ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey (ANOVA).

Fonte: Autoria Própria (2019).

Os parâmetros a* e b* apresentaram diferença significativa entre os produtos fritos e a batata pré-frita e congelada. Com a fritura, os produtos perderam a intensidade verde, diminuindo os valores de a* negativo e intensificaram a cor amarela, b* positivo.

5. CONCLUSÃO

O óleo de soja refinado utilizado na fritura de batatas pré-fritas e congeladas não apresentou diferença significativa nos índices de peróxido, acidez, iodo e saponificação, demonstrando que não houve degradação do óleo durante o período de três horas nas condições avaliadas e que se encontra apto para continuar sendo utilizado em frituras. A luminosidade do óleo diminuiu com o tempo da fritura, tornando-o mais escuro após 3h de uso, os parâmetros a* e b* representaram as cores verde e amarela, respectivamente, cujas intensidades aumentaram no final do tempo analisado.

Durante o processamento da fritura, as batatas pré-fritas e congeladas apresentaram diminuição da atividade de água e de umidade e absorção de óleo. A perda de umidade dos produtos foi de 57,34% comparando as batatas não fritas e as batatas fritas em óleo utilizado por 3 horas. A absorção de óleo pelas batatas durante o processo de fritura foi comprovada, pois ao final do período analisado o teor de lipídios nas batatas aumentou três vezes. O parâmetro L* nas batatas não diferiu e caracterizou o produto como claro, o parâmetro a* representou a cor verde e diminuiu com a fritura, enquanto que o parâmetro b* foi intensificado e representou a cor amarela.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Departamento Acadêmico de Alimentos e ao Laboratório Multiusuário da UTFPR Câmpus Londrina.

REFERÊNCIAS

AOAC. **Official methods of analysis of AOAC International**. 20 ed. (2016).

ARAÚJO, J. M. A. Consequências Biológicas da Oxidação de Lipídios. In: _____. **Química de Alimentos**. 3ª Edição. Viçosa: Editora UFV. 2006.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: Teoria e prática**. 4ª ed. Viçosa: Editora UFV. 2008. p. 596.

BORGO, L.A., ARAÚJO W.M.C. Mechanisms of the process of lipid oxidation. **Higiene Alimentar**, v. 19, n. 30, p. 50-58, 2005.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Informe técnico nº11: Regulamenta Técnicas de Boas Práticas para Serviços de Alimentação de 05 de outubro de 2004**. Brasília, DF, 2004a.

_____. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução da Diretoria Colegiada nº 216: Regulamenta Técnicas de Boas Práticas para Serviços de Alimentação de 15 de setembro de 2004**. Brasília, DF, 2004b.

CECCHI, H. M. Lipídeos. In: _____. **Fundamentos Teóricos e práticos em análise de Alimentos**. 2ª Edição. Campinas: Editora Unicamp. 2007.

COLEMAN, W.K. Comparative performance of the L* a* b* colour space and North American colour charts for determining chipping quality in tubers of potato (*Solanum tuberosum* L.). **Agriculture and Agri-Food Canada**, Potato Research Centre, P.O. Canada, June, 2003.

EMBRAPA. **Sistema de produção da batata. Embrapa hortaliças**, 2ª ed., 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/hortalicas/batata>. Acesso em: 10 nov. 2019.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos**. 4ª Edição. Porto Alegre: Artmed, 2019.

FERREIRA, P. B. et al. **O Mercado de Batatas Congeladas no Brasil – Estudo de Caso: Batatas MCCAIN**. Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Rio Branco – Acre, jul de 2008.

FOOD SAFETY BRASIL. **A diferença entre Atividade de Água (Aw) e o Teor de Umidade nos alimentos**. 2016. Disponível em: <https://foodsafetybrasil.org/diferenca-entre-atividade-de-agua-aw-e-o-teor-de-umidade-nos-alimentos/>. Acesso em: 10 nov. 2019.

GRANATO, D.; NUNES, D.S. **Análises químicas, propriedades funcionais e controle de qualidade de alimentos e bebidas: uma abordagem teórica-prática**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

HIDALG, F.; NOGALES, F.; ZAMORA, R. The role of amino phospholipids in the removal of the cito-and geno-toxic aldehydes produced during lipid oxidation. **Food Chemistry Toxicology**, v. 46, n. 1, p. 43-8, 2007.

HUNTERLAB. **CIELAB color scale: applications note**, v.8, n.7, 1996. Acesso em 12 de setembro de 2004. On line. Disponível em: http://www.hunterlab.com/color_theory.php. Acesso em: 11 nov.2019.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4ª Edição, São Paulo. 2008. 1020p. Disponível em: <http://www.ial.sp.gov.br/ial/publicacoes/livros/metodos-fisico-quimicos-para-analise-de-alimentos>. Acesso em: 21 maio 2019.

JESUS, J.H. et al. Teor de Lipídios da Batata Pré-Frita: Fritura em Diferentes óleos. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, v. 7, n. 1, p. 151-164, jan.-jun., 2016.

JORGE, N.; LUNARDI, V.M. Influência dos Tipos de Óleos e Tempos de Fritura na Perda de Umidade e Absorção de Óleo em Batatas Fritas. **Ciênc. Agrotec.**, v. 29, n. 3, p. 635-641, 2005.

JORGE, N. et al. Alterações físico-químicas dos óleos de girassol, milho e soja em frituras. **Química Nova**, v. 28, n. 6, p. 947-951, 2005.

JORGE, N. **Química e Tecnologia de Óleos Vegetais**. Cultura Acadêmica: Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2009. p. 83-98.

KONICA MINOLTA. **Entendendo o Espaço de Cor L*a*b***. Disponível em: <http://sensing.konicaminolta.com.br/2013/11/entendendo-o-espaco-de-cor-lab/>. Acesso em: 26 out. 2019.

LIMA, F.E.L. et al. Ácidos Graxos e Doenças Cardiovasculares: Uma Revisão. **Revista de Nutrição**, v. 13, n. 2, p. 73-80, maio/ago., 2000.

MAIA, E.L. Material Didático Teórico – **Tecnologia do Pescado I**, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

MALDONADE, I.R.; CARVALHO, P.G.B. de; FERREIRA, N.A. **Produção de batata pré-frita congelada**. 2013. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-depublicacoes/-/publicacao/956362/producao-de-batata-pre-frita-congelada>. Acesso em: 11 nov. 2019.

MENDONÇA, M.A. et al. Alterações físico-químicas em óleos de soja submetidos ao processo de fritura em unidades de produção de refeição no Distrito Federal. **Comunicação em Ciências e Saúde**, v. 19, n. 2, p. 115-122, 2008.

MINOLTA. **Precise color communication: color control from perception to instrumentation**. Japan, 1998. 59p.

OSAWA, C.C.; GONÇALVES, L.A.G.; MENDES, F.M. Avaliação dos Óleos e Gorduras de Fritura de Estabelecimentos Comerciais da Cidade de Campinas/

SP. As Boas Práticas de Fritura Estão Sendo Atendidas? **Alimentos e Nutrição**, Araraquara v.21, n.1, p. 47-55, jan./mar. 2010.

RAMALHO, V.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Química Nova**, v. 29, n. 4, p. 755-60, 2006.

RAMPAZZO, V. **Avaliação da Degradação Térmica de Óleos Vegetais por Termogravimetria, Cromatografia Gasosa e Espectroscopia de Infravermelho Médio**. 2015. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

RIBEIRO, E. P. **Química de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2004.

SEIBEL, N. F. Óleo de soja. In: _____. **SOJA: cultivo, benefícios e processamento**. Curitiba: CRV, 2018, p. 119-145.

VALENZUELA, A.B.; NIETO, S.K. Los antioxidantes: protectores de la calidad en La industria alimentaria. **Asociación Argentina de Grasas y Aceites**. Libro 10° Aniversario. Recopilación de Artículos Técnicos de 1990 - 2000. Ed 1 - 41, Tomo III, p. 85 – 94, 2001.

VERGARA, P. et al. Estudo do comportamento de óleo de soja e de arroz reutilizados em frituras sucessivas de batata. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**. v. 24, n. 1, p. 207-220, jun., 2006.

WITSCHINSKI, F.; GHISLENI, C.P.; VALDUGA, E. Alterações do Óleo de Soja em Fritura Descontínua de Produtos Empanados Congelados em uma Unidade de Alimentação e Nutrição. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 23, n. 3, p. 499-505, jul./set. 2012.