

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MULTICAMPI EM TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS - CÂMPUS FRANCISCO BELTRÃO / CÂMPUS LONDRINA

DEISE APARECIDA DA SILVA DIJULI

**PROCESSOS DE FRITURA EM ESCALA LABORATORIAL E  
INDUSTRIAL PARA ESTABELEECER PROCEDIMENTOS DE BOAS  
PRÁTICAS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Londrina  
2021

DEISE APARECIDA DA SILVA DIJULI

**PROCESSOS DE FRITURA EM ESCALA LABORATORIAL E  
INDUSTRIAL PARA ESTABELECEM PROCEDIMENTOS DE BOAS  
PRÁTICAS**

**FRYING PROCESS IN LABORATORY AND IN INDUSTRIAL SCALE TO  
ESTABLISH GOOD PRACTICE PROCEEDINGS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Multicampi em Tecnologia de Alimentos – Câmpus Francisco Beltrão / Câmpus Londrina da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito final à obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

Área de Concentração: Tecnologia de Alimentos.

Linha de Pesquisa: Tecnologia de Origem Vegetal.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Neusa Fatima Seibel

LONDRINA

2021



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

Esta licença permite que outros remixem, adaptem e criem a partir do trabalho para fins não comerciais, desde que atribuam o devido crédito e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

DEISE APARECIDA DA SILVA DIJULI

**PROCESSOS DE FRITURA EM ESCALA LABORATORIAL E INDUSTRIAL PARA ESTABELECEM  
PROCEDIMENTOS DE BOAS PRÁTICAS**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre em Tecnologia De Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Tecnologia De Alimentos.

Data de aprovação: 04 de Fevereiro de 2021

Prof.a Neusa Fatima Seibel, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.a Karla Bigetti Guergoletto, Doutorado - Universidade Estadual de Londrina (UEL)

Prof Paulo De Tarso Carvalho, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 04/02/2021.

## AGRADECIMENTOS

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná, onde tive a oportunidade de realizar a graduação e o mestrado.

A professora Dra. Neusa Fatima Seibel, pela disponibilização de tempo e conhecimento, apesar de algumas dificuldades que surgiram na trajetória deste estudo, se mostrou paciente e compreensiva na orientação deste trabalho.

A minha família e meus amigos pela compreensão dos momentos de ausência, pelo incentivo e força nos momentos que eu precisei.

A empresa que confiou no meu trabalho para implantação de melhorias contínuas nos processos internos.

As professoras do exame de qualificação e aos professores da banca de defesa, pela contribuição indispensável na finalização deste trabalho.

Agradeço a Deus por guiar meu caminho na direção correta e dar forças para finalizar este trabalho.

A todos aqueles que, de diferentes maneiras, contribuíram para a realização deste estudo, muito obrigada.

DIJULI, D.A.S. **PROCESSOS DE FRITURA EM ESCALA LABORATORIAL E INDUSTRIAL PARA ESTABELECEM PROCEDIMENTOS DE BOAS PRÁTICAS.** 88 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação Multicampi em Tecnologia de Alimentos - Câmpus Francisco Beltrão / Câmpus Londrina, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2021.

## RESUMO

Durante a fritura por imersão de alimentos podem ocorrer diversas alterações físicas e químicas no óleo, influenciando nos produtos destinados ao consumo. O objetivo do trabalho foi avaliar a execução da fritura por imersão em escala laboratorial e industrial a fim de identificar as falhas para melhorias durante o processo e elaborar um manual de boas práticas de fritura. Na escala laboratorial o processo de fritura descontínua por imersão foi executado com produtos congelados, com diferentes características, em óleo de soja novo e sem reposição por 6 horas de aquecimento a 180°C. O óleo foi analisado pelos índices de peróxido, acidez, iodo e saponificação, viscosidade e cor. Os produtos fritos neste óleo também foram avaliados. O processo de fritura em escala industrial foi realizado em uma empresa de administração de cozinhas industriais instaladas em diferentes regiões do país, através de um questionário semiestruturado *on-line* e do acompanhamento *in loco* em três unidades. Por meio do resultado das análises laboratoriais foram percebidas alterações nos índices de peróxido, acidez, iodo e saponificação, assim como na viscosidade do óleo ao final do processo de fritura, os parâmetros de cor avaliados no óleo utilizado para fritura apresentaram alterações, destacando a luminosidade que diminuiu, indicando escurecimento do óleo de soja. Após 6 horas de fritura o óleo residual utilizado ainda se apresentava apto para utilização, segundo as características físico-químicas. As batatas e empanados à base de carne de frango pré-fritos e congelados apresentaram alterações decorrentes do processo de fritura, ambos diminuíram o teor de umidade e tiveram alteração de cor, sendo que nos empanados a diferença de cor foi mais intensificada na última hora de fritura. A análise das respostas do questionário identificou não conformidades no processo de fritura em escala industrial, as quais foram confirmadas durante a avaliação do processo *in loco*, como: temperatura inadequada, ausência de controle e registro de temperatura, reposição de óleo novo, armazenamento e limpeza dos equipamentos, descarte do óleo usado, entre outros. A necessidade de conscientizar e instruir os supervisores e manipuladores de alimentos que executam o processo de fritura foi evidenciada, então, um manual de boas práticas de fritura e uma planilha para monitoramento da temperatura do óleo de fritura em unidades de cozinhas industriais foram elaborados, objetivando implantar melhorias no processo a fim de operacionalizá-lo de forma segura e realizar o descarte de óleo sem prejuízos financeiros e aos consumidores.

**Palavras-chave:** oxidação lipídica, alimentos processados, viscosidade, análise de cor, descarte do óleo, monitor de óleos e gorduras 3M™.

DIJULI, D. A.S. FRYING PROCESS IN LABORATORY AND IN INDUSTRIAL SCALE TO ESTABLISH GOOD PRACTICE PROCEEDINGS. 88 f. Dissertation (Professional Master in Food Technology) - Graduate Program in Food Technology Multicampi in Food Technology - Francisco Beltrão / Londrina Campus, Federal Technological University of Paraná. Londrina, 2021.

### ABSTRACT

During frying by immersion of food, several physical and chemical changes in the oil may occur, influencing the products intended for consumption. The objective of the work was to evaluate the execution of the frying by immersion in laboratory and industrial scale in order to identify the flaws for improvements during the process and to elaborate a manual of good frying practices. On the laboratory scale, the batch frying process by immersion was carried out with frozen products, with different characteristics, in new soy oil and without replacement for 6 hours of heating at 180°C. The oil was analyzed by the indexes of peroxide, acidity, iodine and saponification, viscosity and color. The products fried in this oil were also evaluated. The frying process on an industrial scale was carried out in a company that manages industrial kitchens installed in different regions of the country, through an online semi-structured questionnaire and on-site monitoring in three units. Through the results of the laboratory analyzes, changes were observed in the peroxide, acidity, iodine and saponification indices, as well as in the oil viscosity at the end of the frying process, the color parameters adopted in the oil used for frying new changes, highlighting the luminosity which has decreased, browning of soybean oil. After 6 hours of frying, the residual oil used was still suitable for use, according to physical-determined characteristics. The potatoes and nuggets pre-fried and frozen showed changes resulting from the frying process, both decreased the moisture content and changed the color, whereas in nuggets the color difference was more intensified in the last hour frying. An analysis of the questionnaire responses identified non conformities in the frying process on an industrial scale, which were confirmed during the on-site process evaluation, such as: inadequate temperature, absence of temperature control and recording, replacement of new oil, storage and cleaning equipment, disposal of used oil, among other. The need to raise awareness and instruct supervisors and food handlers who perform the frying process was evidenced, so a manual of good frying practices and a spreadsheet for monitoring the temperature of frying oil in industrial kitchen units were elaborated, aiming at implement improvements in the process in order to operate it safely and perform the disposal of oil without financial and consumer losses.

**Keywords:** lipid oxidation, processed foods, viscosity, color analysis, oil residue, 3M™ oil and fat monitor.

**LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1.</b> Composição dos ácidos graxos do óleo de soja.....	12
<b>Tabela 2.</b> Qualidade do óleo de fritura de batatas e empanados durante o experimento.....	42
<b>Tabela 3.</b> Análise de cor do óleo de soja utilizado no processo de fritura.....	46
<b>Tabela 4.</b> Umidade das batatas pré-fritas congeladas e empanados de frango submetidos a processo de fritura.....	54
<b>Tabela 5.</b> Atividade de água das batatas pré-fritas e empanados de frango submetidos ao processo de fritura descontínua fritura.....	56
<b>Tabela 6.</b> Cor das batatas e empanados em diferentes tempos de utilização do óleo de soja na fritura dos produtos.....	51
<b>Tabela 7.</b> Absorção de óleo das batatas ao longo do processo de fritura.....	53

**LISTA DE FIGURAS**

<b>Figura 1.</b> Fritadeira Água e Óleo.....	17
<b>Figura 2.</b> Reações químicas e físicas durante a fritura por imersão .....	19
<b>Figura3.</b> Representação da reação de oxidação lipídica na fase de propagação.....	21
<b>Figura 4.</b> Monitor de óleos e gorduras 3M™ .....	24
<b>Figura 5.</b> Analisador de qualidade do óleo de fritura.....	25
<b>Figura 6.</b> Comparativo de cor do mesmo óleo ao final do processo de fritura e após filtragem.....	69



**LISTA DE QUADROS**

<b>Quadro 1.</b> Principais alterações ocorridas durante o processo de fritura e Compostos resultantes.....	31
<b>Quadro 2.</b> Parâmetros do experimento .....	41
<b>Quadro 3.</b> Condições do processo de fritura em três cozinhas industriais....	64

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>19</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>21</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	21
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	21
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>22</b>
3.1 ÓLEO DE SOJA .....	22
3.2 PROCESSO DE FRITURA .....	24
3.2.1 Tempo e temperatura .....	25
3.2.2 Métodos e equipamentos para fritura .....	26
3.3 ALTERAÇÕES EM ÓLEOS DE FRITURAS .....	27
3.4 IMPACTO DA FRITURA NA SAÚDE DOS CONSUMIDORES .....	32
3.5 QUALIDADE DO ÓLEO DE FRITURA, REGULAMENTAÇÃO E DESCARTE .....	33
3.6 ALIMENTOS PRÉ-FRITOS E CONGELADOS .....	34
3.7 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO ÓLEO DE FRITURA COM TESTES RÁPIDOS .....	36
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>40</b>
4.1 MATERIAL .....	40
4.2 MÉTODOS .....	40
4.2.1 Condições do processo de fritura laboratorial .....	40
4.2.2 Análises do óleo de soja .....	41
4.2.2.1 Índice de Peróxido .....	42
4.2.2.2 Índice de Acidez .....	42
4.2.2.3 Índice de Iodo pelo método de Wijs .....	42
4.2.2.4 Índice de Saponificação .....	43
4.2.2.5 Viscosidade .....	44
4.2.2.6 Análise de Cor .....	44
4.2.3 Análise dos alimentos pré-fritos congelados .....	44
4.2.3.1 Umidade .....	44
4.2.3.2 Atividade de água .....	45
4.2.3.2 Umidade .....	45
4.2.3.3 Determinação de lipídios nas batatas .....	46
4.2.3.4 Análise de cor .....	46

4.3. ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE FRITURA EM COZINHA INDUSTRIAL	47
4.4 ELABORAÇÃO DE UM MANUAL DE BOAS PRÁTICAS DE FRITURA .....	47
4.5 TRATAMENTO DOS DADOS .....	48
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>49</b>
5.1 AVALIAÇÃO DO ÓLEO DURANTE O PROCESSO DE FRITURA .....	49
5.1.1 Índices de peróxidos, acidez, iodo e saponificação.....	49
5.1.2 Viscosidade .....	52
5.1.3 Cor do óleo de soja durante a fritura .....	53
5.2 AVALIAÇÃO DOS ALIMENTOS SUBMETIDOS AO PROCESSO DE FRITURA ....	55
5.2.1 Umidade e Atividade de água .....	55
5.2.2 Cor.....	57
5.2.3 Determinação de lipídios .....	59
5.3 DIAGNÓSTICO DO PROCESSO DE FRITURA EM ESCALA INDUSTRIAL.....	60
5.3.1. Acompanhamento do processo de fritura em três cozinhas industriais.....	64
5.4 ANALISE DO PROCESSO DE FRITURA EM ESCALA LABORATORIAL E INDUSTRIAL.....	68
5.5. MANUAL DE BOAS PRÁTICAS DE FRITURA .....	70
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>71</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>72</b>
<b>APÊNDICE A – Questionário .....</b>	<b>788</b>
<b>APÊNDICE B – Proposta de planilha para monitoramento da temperatura de óleo de fritura em unidades de cozinhas industriais .....</b>	<b>79</b>
<b>APÊNDICE C - Manual de Boas Práticas de Fritura .....</b>	<b>80</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A fritura é um dos métodos de processamento térmico de alimentos mais populares e importantes do mundo por ser rápido, prático e atribuir sabor e textura ao alimento, sendo muito apreciada por consumidores de todas as idades (TORRES; ACEVEDO; MONTERO, 2017). No entanto, ao longo do processo de fritura ocorrem diversas alterações físicas e químicas na composição do óleo, estando relacionadas principalmente com o tempo de exposição ao calor, oxidação, umidade, características do alimento a ser frito e o método de fritura (RAMÍREZ; GALAN; ZULETA, 2014).

Uma vez que, os alimentos absorvem parte deste óleo consequentemente o consumo está associado a diversos problemas de saúde na população, como predisposição à aterosclerose, ação mutagênica ou carcinogênica. Por esse motivo o óleo de fritura é considerado uma questão relevante de saúde pública (OSAWA; GONÇALVES; MENDES, 2010).

No Brasil não há regulamentações com parâmetros definidos para o descarte do óleo de fritura, mesmo com a grande utilização deste processo em cozinhas industriais, pequenos pontos comerciais, redes de *fast food* e em indústrias de alimentos. Operacionalmente o descarte de óleo é realizado através de verificações visuais da coloração, da formação de fumaça ou de espuma (FREIRE; MANCINI-FILHO; FERREIRA, 2013). Para auxiliar os manipuladores os kits rápidos podem ser utilizados, pois apresentam resultados imediatos e são de fácil utilização, sendo uma alternativa aos métodos oficiais de análise de óleo de fritura, que demandam tempo e profissionais capacitados para a execução (OSAWA et al., 2012).

Os estudos específicos para conhecer o comportamento dos óleos utilizados em fritura são de grande importância, apenas com as avaliações visuais das características físicas, não é possível concluir se o ponto de descarte do óleo ocorre cedo ou tardiamente (FREIRE; MANCINI-FILHO; FERREIRA, 2013). Ainda, por ser considerado altamente poluidor, o óleo residual quando descartado de forma precoce e incorreta, pode acarretar prejuízos ao meio ambiente. Contudo, o poder público e algumas empresas privadas, realizam ações visando a conscientização da população, sobre a destinação correta do óleo residual (ZUCATTO; WELLE; SILVA, 2013).

Desta forma, o presente trabalho foi realizado em duas etapas, primeiramente foi realizado o processo de fritura descontínua de produtos congelados em escala laboratorial e análises físico-químicas do óleo e dos alimentos. Os produtos definidos

foram batatas pré-fritas e empanados à base de carne de frango, que são considerados produtos de alto consumo em estabelecimentos *Food Service* e possuem características distintas em contato com o óleo de fritura.

A segunda etapa surgiu da preocupação de uma empresa de administração de cozinhas industriais em implantar procedimentos de fritura padronizados em suas unidades e regularizar os processos existentes. Como as cozinhas industriais estão instaladas em regiões distintas do país, foi realizada uma análise de dados através de um questionário semiestruturado *on-line* buscando avaliar o processo realizado atualmente. Na sequência foram selecionadas três cozinhas industriais para avaliação das condições de fritura *in loco* com a utilização do monitor de óleos e gorduras da marca 3M™, para posteriormente elaborar um manual de boas práticas de fritura com objetivo de descrever os conceitos mais adequados no processo de fritura baseado nas literaturas disponíveis e instrução dos operadores.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a execução da fritura por imersão em escala laboratorial e industrial a fim de identificar as falhas para melhorias durante o processo e elaborar um manual de boas práticas de fritura.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a qualidade físico-química do óleo de soja e dos alimentos antes e após o processo de fritura descontínua em escala laboratorial;
- Avaliar as condições de execução do processo de fritura, através de um questionário em unidades de uma empresa de administração de cozinhas industriais
- Verificar as condições do óleo de fritura *in loco* utilizando o monitor de óleos e gordura 3M™ em três cozinhas industriais.
- Elaborar um manual de boas práticas de fritura.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 ÓLEO DE SOJA

Os óleos e gorduras vegetais são definidos como produtos constituídos principalmente de glicerídeos de ácidos graxos de espécie vegetal, que são ácidos carboxílicos de cadeias longas, livres ou esterificados, e podem ser saturados e pouco reativos, ou, insaturados e conseqüentemente, mais reativos. Poderão conter em menor proporção monos e diacilglicerol, ácidos graxos livres, tocoferol, proteínas, esteróis e vitaminas (REDA; CARNEIRO, 2007; SANTOS et al., 2017).

O óleo de soja é obtido da extração da oleaginosa *Glycine max* (L) Merrill, composto por ácidos graxos essenciais poli-insaturados (Tabela 1), como ácido linoleico ( $\omega$ -6) e ácido linolênico ( $\omega$ -3), ambos considerados benéficos à saúde humana quando associados a uma dieta equilibrada (18:1) (SEIBEL; JOSÉ; SILVÉRIO, 2018).

**Tabela 1** - Composição dos ácidos graxos do óleo de soja

	<b>Ácidos graxos</b>	<b>Média (%)</b>
Palmítico	C16:0	11-12
Palmitoleico	C16:1	0,5
Esteárico	C18:0	2-4, 5
Oleico	C18:1	21-34
Linoleico	C18:2	49-59
Linolênico	C18:3	2-8,5

Fonte: (MANDARINO; ROESSING; BENASSI, 2005).

O Brasil iniciou o ano de 2019 com um saldo total no estoque de 409 toneladas de óleo de soja e a produção anual foi de 8,791 milhões de toneladas, ainda foi necessária a importação de 48 toneladas do produto. Da quantidade total 7,909 milhões foram utilizados no mercado interno e 1,041 milhões foram exportados, resultando em 299 toneladas ao final do ano (ABIOVE, 2020).

O processo de industrialização do óleo de soja divide-se em duas etapas principais: a produção do óleo bruto e o refino. O método mais utilizado no país para realizar a extração do óleo bruto é o químico, utilizando hexano, solvente apolar, onde

todos os componentes lipídicos, desejáveis ou não, são solubilizados e arrastados para fora do grão formando este óleo. Antigamente as plantas industriais utilizavam o método mecânico de prensagem, porém este método possui menor rendimento, devido às perdas de óleo no processo (SEIBEL, 2018; MANDARINO, 2015).

Sequencialmente à obtenção do óleo bruto é necessário realizar a refinação que pode ser definida como um conjunto de processos que visam tornar os óleos brutos em óleos comestíveis, nesta etapa ocorre a melhora na aparência, odor e sabor do óleo, pela remoção dos seguintes componentes, que são chamados de substâncias acompanhantes (SEIBEL, 2018):

- Fosfolipídeos, substâncias coloidais, proteínas e produtos de decomposição;
- Ácidos graxos livres e seus sais, ácidos graxos oxidados, lactonas, acetais e polímeros;
- Corantes: clorofilas, xantofilas e carotenoides;
- Substâncias voláteis: hidrocarbonetos, álcoois, aldeídos, cetonas e ésteres de baixo peso molecular;
- Substâncias inorgânicas: sais de cálcio e outros metais, silicatos, fosfatos e outros;
- Água.

Em resumo, as principais etapas do refino são: degomagem ou hidratação; neutralização ou desacidificação; branqueamento ou clarificação e desodorização. (MANDARINO, 2015).

No processo de degomagem é realizada a extração de fosfolipídeos, o óleo bruto torna-se livre de materiais que se depositam durante o transporte e armazenamento, são retirados compostos pró-oxidantes metálicos, fosfolipídeos e gomas mucilaginosas. Após o processo de degomagem ocorre a neutralização, onde o óleo é tratado com uma solução alcalina de hidróxido de sódio com intuito de reagir e precipitar os ácidos graxos livres, e outros componentes definidos como impurezas como proteínas, ácidos graxos oxidados e produtos resultantes da decomposição de glicerois (SEIBEL, 2018).

Na etapa de clarificação a finalidade é, remover ou reduzir os níveis dos pigmentos, sabões, fosfolipídeos, produtos de oxidação e traços de metais. Nas etapas anteriores de degomagem e neutralização com álcalis, também ocorre o efeito branqueador, devido à coagulação e ação química. No entanto, para atender à



exigência dos consumidores, que buscam o óleo em uma coloração quase transparente, são utilizadas terras clarificantes, ativadas ou naturais, podendo ser misturadas, com carvão ativado (MANDARINO, 2015).

A última etapa da refinação do óleo é a desodorização, que visa a remoção de sabores e odores desagradáveis, onde as seguintes substâncias são removidas: compostos desenvolvidos durante a armazenagem e processamento das sementes e óleos, tais como: aldeídos, cetonas, ácidos graxos oxidados, produtos de decomposição de proteínas, carotenoides, esteróis, fosfolípidos entre outros. E, algumas substâncias que são naturalmente presentes nos óleos, podendo citar: hidrocarbonetos insaturados, ácidos graxos de cadeia curta e média, ácidos graxos livres e peróxidos (MANDARINO, 2015).

Ainda, na etapa final, dependendo do tipo de processamento, da embalagem a ser utilizada e da qualidade do óleo bruto inicial, alguns antioxidantes com objetivo de inibir ou impedir a oxidação podem ou não ser adicionados. Como exemplo, o Tercebutil Hidroquinona (TBHQ), que é considerado o melhor antioxidante para óleos de fritura, pois não se complexa com íons de cobre e ferro, resiste ao calor e proporciona uma excelente estabilidade para os produtos acabados; e o ácido cítrico, que remove traços de ferro e cobre, que são pró-oxidantes, atuando em sinergia com os antioxidantes naturais (SEIBEL, 2018; RAMALHO; JORGE, 2006).

Após o processo de refino, o óleo de soja é usualmente envasado em garrafas polietileno tereftalato (PET), podendo ainda ser utilizado latas de folhas-flandres ou vidro. As embalagens PET absorvem 80% dos raios ultravioletas abaixo dos 300 nm, sem transmiti-los aos óleos (SEIBEL, 2018).

### 3.2 PROCESSO DE FRITURA

A fritura é uma operação unitária onde o óleo é utilizado como meio de transferência de calor. O principal objetivo da fritura é produzir no alimento uma textura crocante, cor dourada, sabor e aroma característicos, além de, destruir termicamente os microrganismos, inativar as enzimas, reduzir a atividade de água e o teor de umidade. Essas qualidades são desenvolvidas por uma combinação de mudanças físico-químicas no alimento e nos compostos absorvidos do óleo (SAHASRABUDHEA; STATON; FARKAS, 2019).

### 3.2.1 Tempo e temperatura

O tempo e a temperatura de fritura são fatores críticos para a obtenção de um produto final sensorialmente apreciado, estes parâmetros são definidos de acordo com as características de cada produto. O tempo de fritura depende do tipo e da espessura do alimento, da temperatura do óleo e do método de fritura (superficial ou por imersão) (DEHGHANNYA; GHANBARZADEH, 2018).

A Resolução nº 216, de 15 de setembro 2004 estabelece o limite de 180°C para óleos e gorduras utilizadas em fritura, porém durante o processo de fritura o óleo ou a gordura são expostos a altas temperaturas oscilando entre 150 a 200°C. Essas variações ocorrem em função da temperatura do alimento imerso na fritura e a capacidade do equipamento em recuperar e estabilizar a temperatura (BRASIL, 2004; DEHGHANNYA; GHANBARZADEH, 2018).

O binômio tempo e temperatura é a principal variável durante a transferência de massa, ou seja, liberação de vapor de água do alimento e absorção de óleo. O aumento da temperatura acelera a taxa de remoção de água, já a absorção de óleo está relacionada com as alterações na microestrutura do alimento, como rugosidade da superfície e porosidade (OSAWA; GONSALVES; MENDES, 2010).

Se a temperatura for muito baixa, a estabilidade do óleo é favorecida, mas o alimento terá um aumento na absorção de óleo e, se a temperatura for muito elevada, contribui para a redução na absorção de óleo nos poros durante o período de resfriamento, porém resultará em maiores alterações no óleo de fritura (LIBERTY; DEHGHANNYA; NGADI, 2019).

Com as altas temperaturas durante a fritura (180°C), a taxa de transferência de calor é elevada formando as bolhas de vapor liberadas através da superfície do produto, devido ao gradiente de pressão no interior do alimento, produzindo poros que se tornam significativo na subsequente absorção de óleo. A umidade e evaporação também causam rupturas na superfície, como formação de orifícios vazios e rachaduras, geralmente chamados de irregularidades. O vapor escapa por essas rachaduras e canais durante a fritura e, à medida que o processo continua, a aderência do óleo na superfície do produto pode entrar nos grandes espaços criados na estrutura do produto, resultando na absorção de óleo pelo alimento (RAHIMI et al., 2016).

### 3.2.2 Métodos e equipamentos para fritura

A classificação quanto ao método pode ser dividida em fritura por imersão ou por contato. No processo por imersão o alimento é submerso em óleo quente (180°C), onde, todas as superfícies recebem um tratamento por calor similar, produzindo uma cor e aparência uniformes. Na fritura por contato o calor é transferido por condução da superfície quente através de uma pequena quantidade de óleo (1-10 mm) (FELLOWS, 2019).

A fritura por imersão pode ser contínua ou descontínua. No método contínuo o óleo é aquecido de forma constante, durante todo o procedimento, e ao longo do processo ocorre a reposição de óleo devido à absorção pelos alimentos. Normalmente este tipo de fritura é utilizado em indústrias de *snacks*, batatas, entre outros (FREIRE; MANCINI-FILHO; FERREIRA, 2013; OSAWA; GONÇALVES; MENDES, 2010). No processo descontínuo, o óleo é aquecido repetidas vezes, com isso ocorre ciclos de aquecimento e resfriamento durante a sua utilização, este processo é comumente utilizado em utilizados em residências, restaurantes e lanchonetes. (AMARAL et al., 2013).

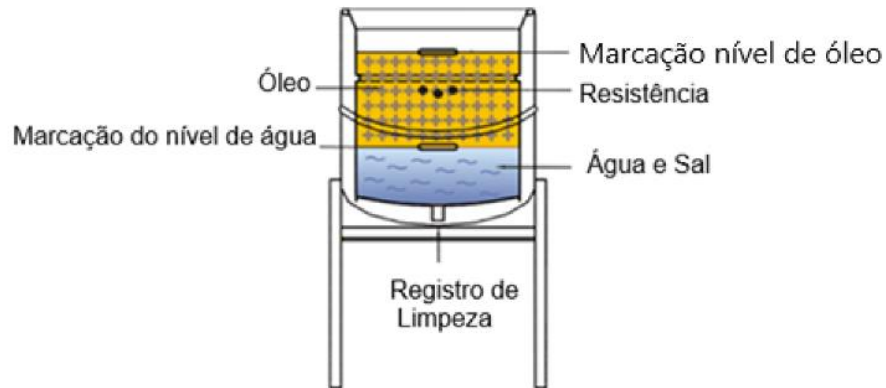
No *Food Service* e em estabelecimentos comerciais, as fritadeiras elétricas descontínuas são muito utilizadas, com uma variação de volume de aproximadamente 15 a 350 litros, cuja operação normalmente atinge temperaturas entre 180 e 200°C. Em escala industrial de produtos, tais como empanados, salgadinhos e congêneres, o processo de fritura é normalmente contínuo e a capacidade das fritadeiras pode ultrapassar 1.000 litros (SILVA et al., 2017).

Com relação ao tipo de fritadeira, existem as que são à base de água e outras à base de óleo. Na fritadeira convencional a base de óleo, todo o conteúdo da fritadeira se mantém em aquecimento constante, tornando o resfriamento mais demorado, além do gasto de energia ser muito elevado, o alimento fica mais susceptível à ação da temperatura, acarretando em maior degradação do óleo (OSAWA; GONÇALVES; MENDES, 2010).

Na fritadeira a base de água o sistema de fritura é dividido em dois estágios, onde são inseridos água e sal, que ficam na parte inferior do equipamento, e o óleo na parte superior (Figura 1). A solução salina formada se mantém em contato direto com o óleo ou gordura, formando uma camada inferior em que se depositam os resíduos dos alimentos fritos, com isso as degradações decorrentes da permanência dos resíduos

de alimentos no meio de fritura são minimizadas (OSAWA; GONÇALVES; MENDES, 2010).

**Figura 1** – Fritadeira água e óleo



Fonte: SKYMSEN (2014)

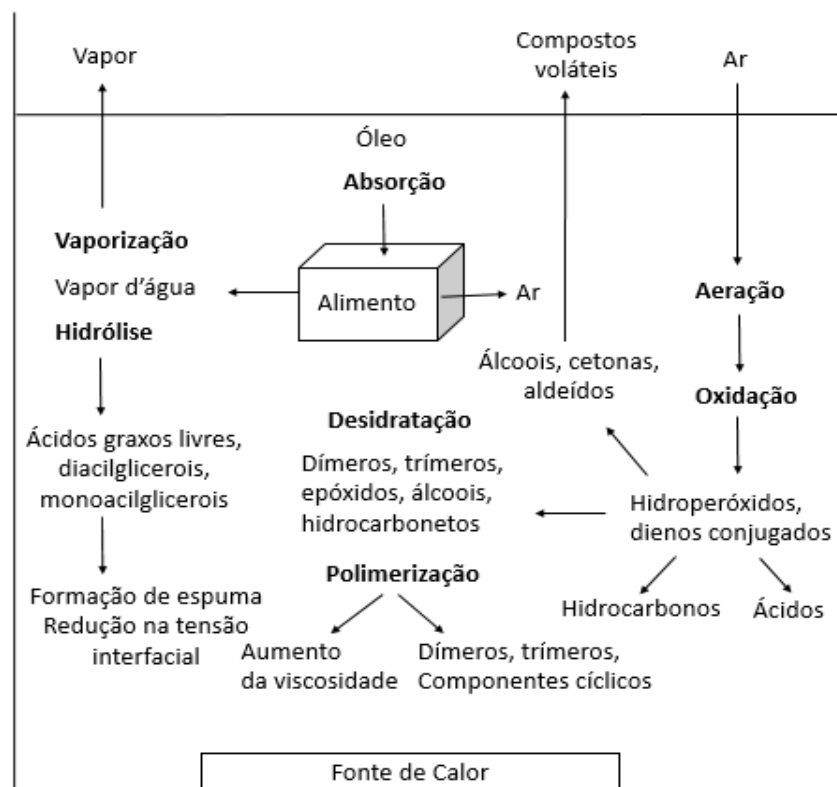
No que diz respeito ao material que constitui a fritadeira, o aço inoxidável não contribui com as alterações do óleo de fritura. A facilidade de limpeza da fritadeira é outro fator importante, pois o óleo polimerizado, que se deposita nas paredes do equipamento, tende a catalisar reações que levam a alterações no óleo (OSAWA; GONÇALVES; MENDES, 2010). No caso, de fritadeiras fabricadas com outros materiais, é importante destacar que a presença de ácidos graxos livres pode incorporar metais catalíticos presentes no equipamento e recipientes, provocando o aumento da taxa de oxidação. O ferro e o estanho são catalisadores particularmente eficazes do processo de oxidação. Assim, é importante verificar o estado de conservação dos equipamentos (riscados, amassados), que podem liberar metais para o óleo ou para a gordura de fritura, bem como a não utilização de utensílios que possam favorecer a liberação de metais (FREIRE; MANCINI-FILHO; FERREIRA, 2013).

Ainda, a utilização de tachos e/ou panelas que possuem uma relação superfície/volume maior, combinado com o tipo de material que, geralmente, não é inoxidável, aumenta o contato com o oxigênio atmosférico, com isso, acelera o processo de degradação do óleo de fritura (AMARAL et al., 2013).

### 3.3 ALTERAÇÕES EM ÓLEOS DE FRITURAS

Na fritura por imersão à medida que o óleo é utilizado, de forma constante sob altas temperaturas, a presença de ar e umidade causa uma série de alterações físicas e químicas. As reações físicas incluem o aumento gradual da viscosidade, redução na tensão interfacial e aumento do calor específico, dentre as reações químicas é possível citar: hidrólise, oxidação, polimerização, isomerização e ciclização (Figura 2), que produzem componentes de aroma desejáveis e indesejável (FELLOWS, 2019).

**Figura 2** - Reações químicas e físicas durante a fritura por imersão



Fonte: FELLOWS (2019)

As reações termoxidativas e hidrolíticas dependem de uma série de parâmetros, como: tipo de óleo, fritadeira, temperatura, relação superfície/volume, tipo de aquecimento e alimento (GNANN TRANQUILLO, et al., 2015).

Os produtos da deterioração do óleo são caracterizados como produtos de decomposição volátil e não volátil. O vapor produzido durante a fritura retira os produtos de decomposição voláteis de massa molecular mais baixa do óleo, eles são carregados no vapor da fritadeira para formar a fumaça e o odor característico de fritura. Os produtos de decomposição não voláteis formados pela oxidação e polimerização do óleo formam sedimentos nos lados e na base da fritadeira. A

polimerização na ausência de oxigênio produz compostos cíclicos e polímeros de alta massa molecular que aumentam a viscosidade do óleo e incluem trilinolenina, trilinoleína, trioleína e triestearina (FELLOWS, 2019).

### 3.3.1 Reação hidrolítica

A rancidez hidrolítica pode ser provocada por enzimas ou agentes químicos como ácidos e bases (BOBBIO, 2001). Essas reações são catalisadas pela ação de calor e umidade, com a formação de ácidos graxos livres, monoacilglicerol e diacilglicerol (FREIRE; MANCINI-FILHO; FERREIRA, 2013).

Os ácidos graxos livres formados através da hidrólise dos óleos e gorduras alteram a estabilidade oxidativa das gorduras, causam formação de espuma e reduzem o ponto de fumaça (RAMALHO; JORGE, 2006).

O ponto de fumaça é a faixa de temperatura em que se inicia a decomposição por ação do calor através da desidratação do glicerol e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, produtos da combustão dos triacilgliceróis e a produção de acroleína, um produto da degradação do óleo. Ainda forma uma névoa azul acima do óleo que é uma fonte de poluição atmosférica (MARQUES; MARQUES, 2017)

### 3.3.2 Reações Oxidativas

A rancidez oxidativa é a principal responsável pela deterioração de alimentos ricos em lipídeos, esta é o somatório das alterações indesejáveis de cor, sabor e aroma (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

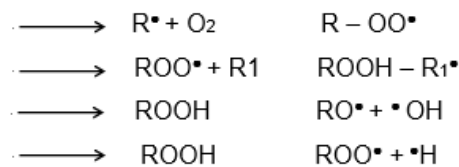
Esta reação ocorre em três estágios (iniciação, propagação e terminação) (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007). Na fase inicial, formam-se os primeiros radicais livres, a segunda fase já apresenta cheiro e sabor de ranço, que tendem a aumentar rapidamente, há um aumento da quantidade dos peróxidos e de seus produtos de decomposição. Na terminação é observado cheiro e sabor fortes, alterações da cor e da viscosidade do lipídeo (BOBBIO, 2001).

A iniciação, parte da retirada de um átomo de hidrogênio do grupo metileno de um ácido graxo insaturado, conhecido como radical alquil (L), levando a formação de moléculas ou átomos que apresentam elétrons não pareados, os radicais livres (DAMODARAN; PARK, 2019). Os radicais alquil são extremamente reativos e podem

retirar átomos de hidrogênio de outros lipídeos insaturados e, dessa maneira propagar a reação de oxidação. A característica principal desta etapa é a reação em cadeia de radicais livres, alto consumo de oxigênio, alto teor de peróxidos e início da alteração de aroma e sabor (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

Na etapa seguinte, a propagação, envolve a adição de oxigênio ao radical alquil. Oxigênio atmosférico ou triplete é um birradical, pois contém 2 elétrons com a mesma direção de *spin* que não podem existir no mesmo orbital de *spin*. Como a ligação covalente carbono hidrogênio de ácidos graxos insaturados é fraca, essas substâncias são susceptíveis ao ataque de radicais peroxil (LOO•). Os radicais peroxil livres reagem, por sua vez, com os lipídeos insaturados presentes, retirando-lhes um hidrogênio e convertendo-os a hidroperóxido, radicais lipídicos regenerados (DAMODARAN; PARK, 2019; REGINATO-D'ARCE, 2006). Essa sequência de reações resulta em um aumento do número de radicais livres, pois, novos radicais livres R• serão rapidamente formados pela reação de qualquer um dos oxi-radicais com moléculas de O<sub>2</sub> (Figura 3).

**Figura 3** - Representação da reação oxidação lipídica na fase de propagação



Fonte: RIBEIRO; SERAVALLI (2007)

Onde:

R• Radical Livre;

ROO• Radical Peróxido;

ROOH Hidroperóxido.

A reação de terminação é caracterizada pela interação de dois radicais livres para a formação de espécies não radicais, finalizando assim o papel deles como propagadores da reação. Na presença de oxigênio, o radical livre predominante é o radical peroxil, uma vez que o oxigênio será adicionado aos radicais alquil em taxas de difusão limitadas. Logo, sob condições atmosféricas, as reações de terminação podem ocorrer entre dois radicais peroxil. Em ambientes com pouco oxigênio como no óleo de fritura podem ocorrer reações de terminação entre radicais alquil, formando-se dímeros de ácidos graxos (DAMODARAN; PARK, 2019).

### 3.3.3 Degradação do óleo de fritura

Devido à exposição contínua dos óleos em diferentes processos de fritura além dos produtos formados através das principais reações químicas como: hidrólise, oxidação e alteração térmica (Quadro 1), ocorrem as alterações físicas, como escurecimento, aumento na viscosidade, diminuição do ponto de fumaça e formação de espuma. Estes indicadores visuais ainda são comumente utilizados para realizar o descarte do óleo em redes de *Fast Food* (SANIBAL; MANCINI-FILHO, 2013).

**Quadro 1** - Principais alterações ocorridas durante o processo de fritura e compostos resultantes

Alteração	Agente causador	Compostos resultantes
Alteração térmica	Temperatura	Monômeros TG cíclicos e TG isoméricos Dímeros e oligômeros TG não polares
Alteração	Agente causador	Compostos resultantes
Hidrólise	Umidade	Ácidos graxos; Monoacilgliceróis Diacilgliceróis
Oxidação	Ar	Monômeros TG oxidados Dímeros o oligômeros TG oxidados; compostos voláteis (aldeídos, cetonas, alcoóis, hidrocarbonetos, etc.)
Alteração térmica	Temperatura	Monômeros TG cíclicos e TG isoméricos Dímeros e oligômeros TG não polares

Fonte: Dobarganes; Marquez-Ruiz (2015)

TG = Triacilgliceróis

Como produto das reações oxidativas os aldeídos são compostos voláteis e acabam se transformando em vapor durante o processo de fritura. Alguns componentes voláteis são formados durante a fritura por imersão e são conhecidos como tóxicos, como 1,4-dioxano, benzeno, tolueno e hexilbenzeno, ou potencialmente



carcinogênicos, como compostos carbonílicos ou monoepóxidos e alguns aldeídos produzidos a partir do ácido linoleico (HWANG et al., 2020; FELLOWS, 2019).

A fração polar do óleo de fritura usado é composta por polímeros e produtos de decomposição química, que correspondem aos não voláteis. Os polímeros (dímeros, trímeros e compostos polimerizados) compreendem todos os produtos de degradação cujos pesos moleculares são superiores aos dos triacilgliceróis. No entanto, produtos de decomposição (mono e digliceróis, ácidos graxos livres e compostos voláteis) são compostos de produtos de degradação, cujos pesos moleculares são inferiores aos dos triacilgliceróis. A determinação destes compostos traz um resultado confiável, com relação ao estado de degradação dos óleos de fritura (OSAWA et al., 2012; DOBARGANES; MARQUEZ-RUIZ, 2015).

### 3.4 IMPACTO DA FRITURA NA SAÚDE DOS CONSUMIDORES

Os óleos utilizados na fritura implicam em aspectos nutricionais importantes, envolvendo o transporte das vitaminas lipossolúveis, o fornecimento dos ácidos graxos essenciais das séries  $\omega$ -6 e  $\omega$ -3, precursores dos eicosanoides e fornecem aporte energético, além de influenciarem na aceitação sensorial do produto pronto (SANIBAL; MANCINI-FILHO, 2002).

O consumo moderado de alimentos fritos sob condições de temperatura adequadas de até 180°C, são considerados seguros, mas também é evidente que alguns compostos formados, principalmente na fritura descontínua sem o controle de qualidade durante o processo, podem tornar o alimento prejudicial ao consumidor (DOBARGANES; MARQUEZ-RUIZ, 2015).

O processo de fritura de alimentos empanados requer maiores cuidados, pois o desprendimento das partículas do sistema de cobertura, provoca a carbonização e conseqüentemente a termo oxidação do óleo, diminuindo sua vida útil (DILL; SILVA; LUVIELMO, 2009). E a presença de óleos e gorduras oxidados na dieta tem uma considerável influência sob seu valor nutricional, apresentando dificuldades para ser hidrolisada pela lipase pancreática e conseqüentemente diminuindo sua digestibilidade (CAMILO et al., 2010).

Estudos realizados em laboratórios, com roedores alimentados com óleos aquecidos em altas temperaturas, e compostos polares totais maiores de 50%, mostraram que a ingestão dos óleos causou severas irritações no trato gastrointestinal,

diarreia, redução do crescimento e, em alguns casos, morte (FREIRE; MANCINI-FILHO; FERREIRA, 2013).

O risco de diferentes tipos de câncer pode ser aumentado pela alta ingestão de gordura, e o grau de saturação dos óleos tem uma significativa influência sobre a tendência de desenvolver arteriosclerose e trombose (FELLOWS, 2019).

Assim sendo, é de primordial importância a melhoria do controle de qualidade nos processos de fritura, principalmente no caso de alimentos fritos preparados por fritura descontínua, onde os óleos usados podem atingir níveis de degradação muito superior ao estabelecido para consumo humano (DOBARGANES; MARQUEZ-RUIZ, 2015).

### 3.5 QUALIDADE DO ÓLEO DE FRITURA, REGULAMENTAÇÃO E DESCARTE

A acidez do óleo indica um processo de decomposição, seja por hidrólise, oxidação ou fermentação. A decomposição dos triacilgliceróis é acelerada por aquecimento e pela luz, sendo a rancidez quase sempre acompanhada pela formação de ácidos graxos livres (FREIRE; MANCINI-FILHO; FERREIRA, 2013).

Segundo Del Ré e Jorge (2006) foi levantada a necessidade de estudos de análises específicas, de acordo com o tipo de alimento a ser frito, equipamento, tempo de contato e temperatura, pois um método pode ser bom para avaliar um sistema e não ser aplicável a outro. Diante disso, é importante que sejam realizadas análises específicas para cada processo de fritura.

Ainda não há no Brasil legislações com exigências e parâmetros para o descarte do óleo. Em 2004 a ANVISA publicou um Informe Técnico (IT) nº 11, que dispõe sobre a recomendação de boas práticas de fabricação para a utilização e descarte de óleos e gorduras utilizados para fritura. De forma resumida as seguintes recomendações de Boas práticas de fabricação que devem ser atendidas são: respeitar a temperatura máxima de 180°C, não elevar a temperatura até o ponto de fumaça, evitar o contato do óleo quente com o oxigênio para evitar a oxidação, realizar a filtragem do óleo e descartar o óleo quando houver formação de espuma, escurecimento intenso da coloração, percepção de odor e sabor não característico (BRASIL, 2004).

Em alguns países da Europa e nos Estados Unidos os parâmetros máximos utilizados para compostos polares são de 24 a 27 %, índice de peróxido de 15 mEq/kg,

acidez variando de 1,0 a 2,5 % expressa em ácido oleico e ponto de fumaça de 170 a 180°C. No Chile o limite para ácidos graxos livres, expresso em ácido oleico, é de 2,5 %, no máximo 25 % de compostos polares e o ponto de fumaça deve estar acima de 170°C (FREIRE; MANCINI FILHO, 2013).

Os óleos alimentares usados estão associados como um grande problema ambiental. Gerados diariamente nos lares e estabelecimentos, e, por falta de processo de educação eficaz acabam sendo erroneamente descartados nas pias e vasos sanitários, seguindo para os sistemas de esgotos e causando danos como entupimento nas encanações e encarecimento dos processos das Estações de Tratamento e poluição ambiental (PEREIRA et al., 2014).

Segundo a legislação nº 19260 de 2017 do estado do Paraná, apenas um único litro de óleo de cozinha usado pode poluir até 20.000 litros de água potável, a destinação final dos resíduos provenientes da utilização de óleos e de gorduras de origem vegetal ou animal de uso culinário deverá ser de forma ambientalmente adequada, em locais devidamente licenciados, ficando proibido o lançamento em pias, canalização que levem ao sistema de esgotos públicos, diretamente na rua, bueiros ou canalizações que levem ao sistema de drenagem de águas pluviais, córregos, rios e lagos (PARANÁ, 2017).

O óleo usado deve ser armazenado em recipientes com superfície impermeável, devidamente fechados de modo a evitar a contaminação por produtos químicos, combustíveis, solventes ou por outras substâncias nocivas. Ao atingir a quantidade estipulada pela instituição responsável pela coleta, a empresa deve acionada para realizar a destinação correta (PARANÁ, 2017).

Uma opção para o direcionamento correto do óleo residual são as empresas, licenciadas pelo órgão competente da área ambiental, que reciclam óleo de cozinha, geralmente essas empresas fazem parcerias com estabelecimentos de fácil acesso para o público, instalando pontos de coleta de óleo. O principal mercado para o óleo residual são as empresas que produzem biodiesel e na sequência empresas de tintas e materiais de limpeza (ZUCATTO; WELLE; SILVA, 2013).

### 3.6 ALIMENTOS PRÉ-FRITOS E CONGELADOS

O mercado de *Food Service* cresce anualmente e o consumo de alimentos fritos, como exemplo a batata e o *nuggets* de frango, estão entre os produtos mais populares

nas grandes redes de *Fast Food* (YANG et al., 2019). A comercialização dos alimentos congelados no mundo moderno trouxe facilidade e praticidade no dia a dia das novas cozinhas, pois os alimentos congelados proporcionaram maior agilidade no preparo das refeições (JESUS et al., 2016).

### 3.6.1 Batata pré-frita congelada

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é um dos alimentos mais consumidos no mundo, possui importante papel na alimentação humana, constituindo uma das principais fontes de carboidratos (GARCIA et al., 2015).

O principal componente que afeta a coloração da batata frita são os açúcares redutores presentes na batata. Um teor maior do que 1% pode comprometer a sua coloração, tornando-as escuras. O controle rigoroso da temperatura de armazenamento é essencial para controlar o teor de açúcares redutores, pois abaixo de 6°C pode aumentar o teor dos mesmos, prejudicando a cor do produto. As batatas mais adequadas para obtenção de fritas de boa qualidade devem apresentar: teor de sólidos acima de 18% e teor de açúcares redutores menor que 0,5% (MORAES, 2007).

No processamento industrial de batatas pré-fritas congeladas, as principais etapas envolvem o fatiamento, branqueamento e a pré-fritura, sendo esta etapa muito importante, pois ocorre o desenvolvimento da cor e textura, através da absorção parcial do óleo, que inibe a desidratação durante o congelamento (TOURÉ et al., 2012).

O Brasil é autossuficiente na produção de batata *in natura*, porém, depende de importação de grande parte da batata processada, principalmente na forma pré-frita congelada e batata palito (GARCIA et al., 2015).

O crescente investimento nas indústrias apontou, ao final de 2019, o aumento de 0,5% da área cultivada de batatas, comparado ao ano de 2018, diante dos bons resultados obtidos em 2019 como um todo e dos crescentes investimentos da indústria de batata pré-frita, a estimativa é de que a área de 2020 aumente 3,6%. Esse crescimento se deve à tendência de maior consumo desse tipo de produto, em detrimento do *in natura*. Parte do aumento que pode ocorrer nos próximos anos deve substituir uma parcela das importações deste produto industrializado, que registraram queda de apenas 2% em 2019 (PAREDE; MOLENA; GUERREIRO, 2020).

### 3.6.2 Empanado à base de frango

Segundo o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade, na Instrução normativa nº 6, de 15/02/2001, empanados são: produto cárneo industrializado, obtido a partir de carnes de diferentes espécies animais de abate, acrescido de ingredientes, moldado ou não, e revestido de cobertura apropriada característico do produto. Podendo ser cru, semi-cozido, semi-frito ou frito, ou outros.

A etapa de moagem na produção dos empanados de frango tem o intuito de reduzir as partículas, diminuir a dureza e aumentar a uniformidade ao tornar a distribuição dos ingredientes mais homogênea. Esta é aliada a um sistema de cobertura específico que agrega ao produto acabado melhores características de sabor, textura e aparência (DILL; SILVA; LUVIELMO, 2009).

Em meio ao cenário crescente de exportação de carnes bovinas, suínas e aves, os alimentos processados vêm ganhando cada vez mais espaço na cesta de produto dos consumidores. Segundo a Associação Brasileira de Supermercados – ABRAS o principal destaque no segmento de alimentos processados no ano de 2019, foi a categoria de empanados de frango, os *nuggets*, em volume de venda essa categoria cresceu 15% e um aumento de 21,1% na receita. O crescimento dos alimentos processados está associado ao prazo de validade superior aos produtos *in natura*, rapidez no preparo e o sabor do produto (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SUPERMERCADOS, 2020).

## 3.7 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO ÓLEO DE FRITURA COM TESTES RÁPIDOS

A avaliação das condições do óleo de fritura é uma necessidade frequente em estabelecimentos que realizam o processo de fritura, uma vez que o descarte do óleo muito cedo causa prejuízos econômicos e quando o descarte é realizado tardiamente pode haver perda da qualidade do alimento frito (FREIRE; MANCINI-FILHO; FERREIRA, 2013).

Os procedimentos analíticos oficiais realizados em laboratórios necessitam de profissionais capacitados e exigem muito tempo e recursos financeiros para a liberação dos resultados, portanto, os testes rápidos disponíveis vêm ganhando a atenção das indústrias de alimentos. Esses *kits* de teste medem a qualidade dos óleos de fritura por

analisar parâmetros químicos, por ex. ácidos graxos livres e compostos polares totais (BANSAL et al., 2010).

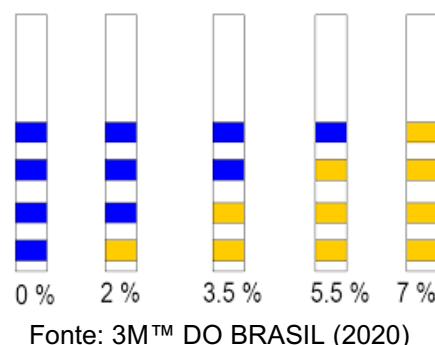
Dentre os testes rápidos disponíveis no mercado pode-se citar o Monitor de Óleos e Gorduras da marca 3M™ e o Testo 270, o qual é baseado em alterações na constante dielétrica do óleo de fritura (FREIRE; MANCINI-FILHO; FERREIRA, 2013).

### 3.7.1 Monitor de Óleos e Gorduras 3M™

O teste rápido se baseia nas alterações químicas ocorridas no óleo de fritura e foi desenvolvido pela empresa 3M™. Trata-se de tiras de material não tóxico, de controle de óleo que utilizam os ácidos graxos livres (AGL) como indicador qualitativo do grau de degradação do óleo de fritura. Possui quatro faixas azuis paralelas que, quando submerso no óleo aquecido a temperatura de fritura (180°C), mudam da cor azul para o amarelo à medida que a concentração de ácidos graxos livres aumenta no meio de fritura. O resultado do teste é imediato e obtido por comparação da cor resultante com a escala de cores (MACHADO et al., 2014).

O teor de AGL, conforme informações do fabricante (figura 4), possui variação de 2% a 7%, aos 2%, o óleo está começando a degradar, com 3,5%, o óleo ainda pode ser utilizado, porém, aos 5,5%, a qualidade do óleo (cor, sabor e textura), deve ser avaliada criteriosamente, caso não esteja conforme o descarte deverá ser realizado, a 7%, recomenda-se o descarte imediato (3M™ DO BRASIL, 2020).

**Figura 4 - Monitor de óleos e gorduras 3M™**



Segundo estudo realizado por Machado et al., (2014), em restaurante universitário com objetivo de analisar a qualidade dos óleos de fritura, através do comparativo de metodologias oficiais e testes rápidos, o monitor de óleos e gorduras 3M™, foi considerado um bom indicador para determinar o ponto de descarte do óleo

de fritura. Além de não exigir capacitação técnica específica, dos operadores, os kits rápidos, fornecerem resultados imediatos para o monitoramento da qualidade e do ponto de descarte de óleos e gorduras, evitando o descarte do óleo de forma precoce e diminuindo os impactos econômicos e ambientais.

### 3.7.2 Analisador de qualidade do óleo de fritura – Testo 270

O instrumento de medição, Testo 270, foi desenvolvido com objetivo de medir a qualidade do óleo de fritura, avaliando os compostos polares totais com base em alterações na constante dielétrica do óleo (KHALED; AZIZ; ROKHANI, 2015).

É descrito, pelo fabricante (Testo do Brasil), como um analisador de qualidade dos óleos de fritura (Figura 5), que indica o percentual dos compostos polares totais (CPT) no display do aparelho sinalizando pelas cores vermelho, amarelo e verde, que significam (TESTO DO BRASIL, 2020):

- Verde (< 20% CPT): o óleo está permitido para uso;
- Amarelo (entre 20 e 24%): o óleo ainda está bom. No entanto, logo deverá ser substituído;
- Vermelho (>de 24% CPT): o óleo não deve ser mais utilizado.

**Figura 5 - Analisador de qualidade do óleo de fritura**



Fonte: Testo (2020)

Instruções de uso do fabricante (TESTO, 2020):

- Realizar a imersão do sensor no óleo da fritadeira. Prestar atenção à profundidade mínima de imersão;
- Esperar um período de adaptação (aproximadamente 30 segundos);

- A medição terminará quando a temperatura visualizada não modifique;
- Ler o valor da medição.

Freire, Mancini-Filho e Ferreira (2013), citou a comparação do analisador de qualidade do óleo de fritura, Testo 265, ao método oficial de determinação dos Compostos Polares Totais (CPT). Foram analisadas 20 amostras de óleos e gorduras de fritura coletadas pontualmente, de forma única em estabelecimentos do ramo de produção de alimentos, tais como restaurantes, lanchonetes e pastelarias. O coeficiente de correlação estimado para avaliar o grau de concordância entre as determinações analíticas para o Testo 265 e CPT foi de 0,83, com 95% de Intervalo de Confiança (IC), apresentando alta correlação com os valores determinados pela metodologia oficial.

De acordo com os resultados expostos, os autores concluíram que a utilização do Testo 265, se mostrou eficaz no monitoramento de óleos e gorduras, este equipamento pode ser considerado uma boa alternativa para ser utilizado em órgãos de inspeção e fiscalização de serviços de alimentação coletiva, já que os resultados apresentaram alta correlação com os valores determinados pela metodologia oficial e são métodos que permitem obter conclusões rápidas em relação ao momento do necessário descarte do óleo (FREIRE; MANCINI-FILHO; FERREIRA, 2013).



## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 MATERIAL

Todos os alimentos utilizados no processo de fritura foram adquiridos em comércio local, os produtos congelados foram armazenados em *freezer* na temperatura de -12°C, e foram retirados apenas para uso no experimento.

- Óleo de soja da marca Cocamar, embalagens de 900 mL do mesmo lote de produção, compostos por óleo vegetal de soja (geneticamente modificada a partir de *Agrobacterium* sp.) e antioxidantes TBHQ e Ácido Cítrico.

- Batatas pré-fritas congeladas da marca RapiPap tradicional, tubérculos originários da Argentina. Ingredientes: batatas, óleo vegetal, dextrose, estabilizador INS – 450 (pirofosfato ácido de sódio).

- Empanados de frango pré-fritos congelados da marca Seara. Ingredientes: Carne mecanicamente recuperada de frango, água (18,6%), farinha de rosca, pele de frango, carne de frango, óleo vegetal, farinha de trigo enriquecida com ferro e ácido fólico, proteína de soja (*Agrobacterium spp.*) (3,3%), sal, molho de soja teriyaky, cebola, fécula de mandioca (0,4%), vinagre, farinha de milho enriquecida com ferro e ácido fólico, alho, pimenta branca, aromas naturais (alecrim, frango e pimenta), realçador de sabor: glutamato monossódico, estabilizante: tripolifostato de sódio e espessante carragena.

### 4.2 MÉTODOS

#### 4.2.1 Condições do processo de fritura laboratorial

A primeira etapa deste experimento foi realizada em escala laboratorial, o ensaio de fritura descontínua ocorreu em fritadeira elétrica aberta da marca Progás, de aço inox com 2 cestos. A temperatura empregada foi de 180°C ± 2, controlada pelo termostato da fritadeira e confirmada por termômetro digital tipo espeto com haste inox da marca Incoterm. Os parâmetros utilizados no experimento, estão descritas no quadro 2, e o experimento ocorreu em duas etapas:

1ª Etapa: pesou-se 200 g de batatas pré-fritas congeladas, que foram imersas em óleo de soja novo na temperatura definida, durante três minutos, em seguida o produto era

retirado com auxílio de espátula perfurada, para eliminar o excesso de óleo. Após sete minutos de espera para o reaquecimento do óleo, adicionava-se a mesma quantidade de produto, repetindo-se o processo até totalizar três horas consecutivas de uso do óleo em processo de fritura. Esse óleo foi resfriado naturalmente e mantido dentro da fritadeira, por aproximadamente 20 horas.

2ª Etapa: utilizou-se o óleo proveniente da primeira etapa para fritar os empanados à base de frango congelados, adotando-se os mesmos critérios de tempo e temperatura.

**Quadro 2.** Parâmetros do experimento

Tipo de óleo utilizado	Óleo de soja
Produtos	Batata pré frita e empanados à base de frango congelados
Quantidade de óleo na fritadeira	3,5 L
Quantidade total de produtos fritos	7200 Kg
Temperatura de fritura	180 °C ± 2
Tempo de fritura/dia	3h
Tempo de fritura total	6h
Número de frituras/ dia	18
Quantidade de óleo final na fritadeira	2,6 L

Fonte: O autor (2019)

#### 4.2.2 Análises do óleo de soja

Com o auxílio de proveta e concha de inox foram coletadas alíquotas de 60 ml de óleo de soja novo, diretamente da embalagem comercial e na fritadeira após 1h, 2h e 3h durante a fritura das batatas, na primeira etapa do experimento. Na segunda etapa foi coletada 60 ml de óleo inicial (já utilizado para a fritura das batatas) e após 1h, 2h e 3h de utilização para a fritura dos empanados. As determinações dos índices de peróxido, acidez, iodo e saponificação, seguiram a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008) em triplicata.

#### 4.2.2.1 Índice de Peróxido

Pesou-se 5 g de amostra em um frasco Erlenmeyer de 250 mL, onde foi adicionado 30 mL da solução ácido acético-clorofórmio 3:2 até a dissolução completa da amostra. Adicionou-se 0,5 mL da solução saturada de KI e deixou em repouso ao abrigo da luz por 1 minuto, então foi adicionado 30 mL de água destilada e 1 mL de solução aquosa de amido 1% e titulado com tiosulfato de sódio 0,01N, até o ponto de viragem, quando a amostra ficou incolor.

$$\text{Índice de Peróxido em meq por 1000g de amostra} = \frac{A \cdot N \cdot 1000}{P} \quad (1)$$

Onde:

A = Volume usado na titulação da amostra

N = Fator da solução titulante.

P = Peso da amostra em g.

#### 4.2.2.2 Índice de Acidez

Pesou 2 g da amostra em frasco de Erlenmeyer de 125 mL, onde foi adicionado 25 mL de solução de éter-álcool (2:1) neutra e duas gotas do indicador fenolftaleína, e, então realizou-se a titulação com a solução de hidróxido de sódio 0,1 N até o aparecimento da coloração rósea.

$$\text{Índice de Acidez} = \frac{V \cdot N \cdot 5,61}{P} \quad (2)$$

Onde:

V = volume de solução de hidróxido de sódio 0,1 N gasto na titulação

N = fator da solução de hidróxido de sódio

P = Peso da amostra em g

#### 4.2.2.3 Índice de Iodo pelo método de Wijs

Pesou-se 0,25 g de amostra em um erlenmeyer de 500 mL, onde foi adicionado 10 mL de ciclohexano e 25 mL de solução de Wijs. O frasco foi tampado e agitado cuidadosamente com movimento de rotação, e, posteriormente deixado em repouso ao abrigo da luz e à temperatura ambiente, por 30 minutos. Em seguida, adicionou-se 10

mL da solução de iodeto de potássio 15%, 100 mL de água recentemente fervida e resfriada e 1 mL da solução de amido 1%. Realizou-se a titulometria com solução tiossulfato de sódio 0,1 N até o completo desaparecimento da cor azul. Paralelamente preparou-se uma determinação em branco e procedido da mesma maneira que a amostra.

$$\text{Índice de iodo} = \frac{(B - A) * N * 12,7}{P} \quad (3)$$

Onde:

B = mL de tiossulfato de sódio 0,1 N gasto na titulação do branco.

A = mL de tiossulfato de sódio 0,1 N gasto na titulação da amostra.

N = Normalidade da solução de tiossulfato de sódio (0,1N).

P = Peso da amostra em gramas.

#### 4.2.2.4 Índice de Saponificação

Pesou-se 5 g de amostra de óleo em um balão de fundo chato de 250 mL, onde foi adicionado 50 mL da solução de KOH 0,5 N em 95% de etanol, um branco foi preparado simultaneamente com a amostra. As amostras permaneceram em refluxo por 1 hora, onde foi adicionado 4 gotas de fenolftaleína e titulou-se à quente com HCL 1N.

$$\text{I.S.} = \frac{(B - A) * N * 56,1}{P} \quad (4)$$

Onde:

B = mL de ácido clorídrico 0,1 N gasto na titulação do branco.

A = mL de ácido clorídrico 0,1 N gasto na titulação da amostra.

N = Normalidade da solução de HCl 0,1 N.

P = Peso da amostra em gramas.

#### 4.2.2.5 Viscosidade

Para a determinação da viscosidade do óleo de soja, um fluido newtoniano, foi utilizado um Viscosímetro Rotacional (modelo NDJ – 5S), equipado com *spindle* 1, na velocidade de 12rpm, a coleta de dados iniciou com o óleo de soja novo realizando a análise em triplicata, na sequência foi realizada a análise no óleo residual do final do experimento, em triplicata na temperatura de 25°C.

#### 4.2.2.6 Análise de Cor

As leituras de cor foram realizadas nas amostras de óleo de soja, antes e após a fritura, utilizando um colorímetro digital (KONICA MINOLTA CR-400s), e os resultados foram expressos conforme o sistema CIELAB. O aparelho foi calibrado utilizando a placa de calibração e a leitura foi realizada em 10 diferentes pontos das amostras de óleo colocadas em placa de petri. As coordenadas medidas foram: L\*, a\* e b\*. Onde L\* significa a luminosidade, que varia de 0 a 100, sendo que 0= preto total e 100= branco total. Valor de a+ = tendência da cor para o vermelho; valor de a- = tendência da cor para o verde; valor de b+ = tendência da cor para o amarelo e valor de b- = tendência da cor para o azul (KONICA MINOLTA, 2019).

A diferença total da cor  $\Delta E^*$  foi calculada levando-se em consideração a variação total da luminosidade, da cor vermelho/verde e da cor azul/amarelo, elevados ao quadrado, calculada pela equação (5), tendo como valor de referência o óleo de soja inicial.

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (5)$$

#### 4.2.3 Análise dos alimentos pré-fritos congelados

##### 4.2.3.1 Umidade

A umidade foi realizada seguindo a metodologia do AOAC (1995). As cápsulas utilizadas no experimento foram deixadas em estufa por 3 horas a 105°C, resfriadas em dessecador e taradas em balança analítica eletrônica da marca Katashi. As amostras, em triplicata, foram coletadas no início 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 até peso constante.

$$\text{Umidade ou substâncias voláteis a } 105^{\circ}\text{C por cento m/m.} = \frac{100 \cdot N}{P} \quad (6)$$

Onde:

N = n° de gramas de umidade (perda de massa em g)

P = n° de gramas da amostra inicial

#### 4.2.3.2 Atividade de água

Para quantificar a atividade de água dos produtos utilizou-se o higrômetro elétrico de medida direta (AQUALAB 4TE, Decagon CX-2, Pullman, Estados Unidos) aferido com água destilada, na temperatura de 25°C±1. Amostras dos alimentos congelados e fritos após 1h, 2h e 3h de utilização do óleo para a fritura, foram maceradas e transferidas para o recipiente do equipamento para proceder a leitura em triplicata.

#### 4.2.3.2 Umidade

A umidade foi realizada seguindo a metodologia do AOAC (1995). As cápsulas utilizadas no experimento foram deixadas em estufa por 3 horas a 105°C, resfriadas em dessecador e taradas em balança analítica eletrônica da marca Katashi. As amostras, em triplicata, foram coletadas no início 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 até peso constante.

$$\text{Umidade ou substâncias voláteis a } 105^{\circ}\text{C por cento m/m.} = \frac{100 \cdot N}{P} \quad (6)$$

Onde:

N = n° de gramas de umidade (perda de massa em g)

P = n° de gramas da amostra inicial

#### 4.2.3.3 Determinação de lipídios nas batatas

A quantificação de lipídios das batatas pré-fritas e congeladas e das batatas após a fritura foi realizada seguindo a metodologia da AOAC (1995), com amostras maceradas para completa homogeneização. Cerca de 0,5 gramas de amostra foram pesadas dentro de cartuchos de papel filtro, que foram secos por duas horas em estufa com circulação de ar (modelo 400/D, Nova Ética). Os cartuchos, em triplicata, foram pesados e dispostos dentro dos extratores de Soxhlet, deixado-os sob refluxo com o solvente éter de petróleo durante 6 horas. Em seguida, os cartuchos foram colocados em estufa para secagem durante 1 hora a 105°C e pesados em balança analítica (Katashi), sequencialmente foram resfriadas em dessecador. O cálculo do teor de lipídios foi realizado usando a equação 7.

$$\% \text{ de lipídios} = \frac{(\text{Massa inicial dos cartuchos}) - (\text{Massa final dos cartuchos})}{\text{Massa da amostra em (g)}} * 100 \quad (7)$$

#### 4.2.3.4 Análise de cor

As leituras de cor dos alimentos batata pré-frita congelada e empanado a base de frango, foram realizadas 20 vezes nas amostras contendo 200 g de produto, em pontos diferentes, antes e após a fritura, utilizando um colorímetro digital (KONICA MINOLTA CR-400s), cujos resultados são expressos pelo sistema CIELab.

#### 4.3. ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE FRITURA EM COZINHA INDUSTRIAL

A segunda parte deste estudo foi realizada em uma empresa de administração de cozinhas industriais instaladas nas regiões Sul, Sudeste e Centro Oeste do Brasil.

Como instrumento de coleta de dados um questionário semiestruturado *on-line* com 16 questões foi elaborado, para obtenção de dados quanto ao processo de fritura com a utilização de óleo de soja e o descarte do óleo residual (Apêndice A). O envio do questionário foi realizado através do aplicativo *Google Docs*, para 130 unidades, deste total foram obtidas 87 respostas, com isso a taxa de aproveitamento foi de 67%.

Com intuito de avaliar o processo de fritura que as cozinhas industriais desta empresa praticam atualmente e analisar o óleo em utilização, foram selecionadas três unidades para realizar o acompanhamento *in loco*. Os parâmetros de fritura foram avaliados, tais como: tipo de óleo, fritadeira, temperatura, tempo de aquecimento e característica do alimento a ser frito. As características do óleo utilizado foram avaliadas pelo Monitor de óleos e gorduras da marca 3M™, seguindo as instruções do fabricante, com intuito de avaliar a qualidade do óleo de fritura de forma rápida e simplificada.

#### 4.4 ELABORAÇÃO DE UM MANUAL DE BOAS PRÁTICAS DE FRITURA

Baseado na análise de dados e no acompanhamento *in loco*, ficou evidente a divergência e falta de procedimentos durante o processo de fritura. Portanto, foi agendada uma reunião com a área de Qualidade da empresa para apresentar os dados coletados através do questionário *on-line* e da avaliação presencial, a partir desta análise foram definidos os tópicos para a elaboração de um manual de boas práticas de fritura.

Falhas ocorridas durante as operações, falta de conhecimento em assuntos específicos e métodos corretos de trabalho, falta de motivação e desinteresse pelo novo são algumas dificuldades constatada com os colaboradores da área operacional. Assim, Moro, et al., (2015) recomendam elaboração de materiais informativos, treinamentos e supervisão das atividades para implantar novos procedimentos.

Com objetivo de otimizar o processo de fritura e produzir um alimento mais seguro com qualidade, padronização, sabor e textura ideais, foi elaborado um manual de boas práticas de fritura direcionado aos responsáveis técnicos de cada restaurante.



Este profissional possui curso superior na área de alimentos, com isso possibilitou desenvolver um conteúdo técnico fundamentado em consultas na literatura e legislações vigentes, contendo no final do manual um resumo das boas práticas de fritura. Posteriormente o documento servirá de base para implantar o POP (Procedimento Operacional Padronizado), e realizar os treinamentos e supervisões específicos para cada unidade.

#### 4.5 TRATAMENTO DOS DADOS

Os dados obtidos nas análises do processo de fritura em escala laboratorial foram tratados pelo software BioEstat 5.0, usando a Análise de Variância (ANOVA) e o teste de comparação de médias Tukey ao nível de significância de 5%.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura utilizada no experimento foi definida de acordo com a legislação vigente RDC 216 (BRASIL, 2004), onde é referenciado 180°C como um padrão para garantir a qualidade do óleo e do produto durante o processo de fritura. Visto que, altas temperaturas na presença de ar e umidade, causam diversas reações químicas no óleo, como hidrólise e oxidação, produzindo componentes e aromas indesejáveis aos alimentos fritos.

### 5.1 AVALIAÇÃO DO ÓLEO DURANTE O PROCESSO DE FRITURA

#### 5.1.1 Índices de peróxidos, acidez, iodo e saponificação

Os resultados dos índices analisados no óleo de soja submetido ao processo de fritura descontínua de alimentos congelados apresentaram diferença significativa somente na segunda etapa do experimento (Tabela 2).

**Tabela 2.** Qualidade do óleo de soja utilizado em fritura descontínua de batatas pré-fritas congeladas e empanados de frango

1ª etapa					
Óleo	Índices	Inicial	1h	2h	3h
Batatas pré-fritas	Peróxidos	2,60±0,18 <sup>a</sup>	2,09±0,21 <sup>a</sup>	2,18±0,18 <sup>a</sup>	2,46±0,21 <sup>a</sup>
	Acidez	0,01±0,07 <sup>a</sup>	0,03±0,05 <sup>a</sup>	0,03±0,03 <sup>a</sup>	0,03±0,01 <sup>a</sup>
	Iodo	146,0±1,02 <sup>a</sup>	143,6±2,09 <sup>a</sup>	141,7±2,11 <sup>a</sup>	139,8±2,59 <sup>a</sup>
	Saponificação	212,6±0,68 <sup>a</sup>	211,8±0,054 <sup>a</sup>	211,1±1,24 <sup>a</sup>	210,2±1,84 <sup>a</sup>
2ª etapa					
Óleo	Índices	Inicial	1h	2h	3h
Empanados de frango	Peróxidos	3,04±0,00 <sup>d</sup>	3,58±0,13 <sup>c</sup>	3,98±0,09 <sup>b</sup>	4,84±0,07 <sup>a</sup>
	Acidez	0,05±0,00 <sup>c</sup>	0,08±0,00 <sup>c</sup>	0,10±0,01 <sup>b</sup>	0,14±0,01 <sup>a</sup>
	Iodo	133,1±4,65 <sup>a</sup>	132,2±4,26 <sup>a</sup>	126,9±3,67 <sup>a</sup>	115,9±0,96 <sup>b</sup>
	Saponificação	200,4±2,37 <sup>a</sup>	179,4±1,07 <sup>b</sup>	179,6±0,39 <sup>b</sup>	175,3±1,12 <sup>b</sup>

Média ± desvio padrão (n=3). Letras iguais em linhas referentes aos mesmos parâmetros, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). Índice de peróxido: mEq/kg. Índice de acidez: mgKOH/g. Índice de iodo: gI<sub>2</sub>/100g Índice de saponificação: mgKOH/g.

Durante a fritura das batatas, a qual ocorreu por 3 horas consecutivas, não houve alteração do óleo utilizado. Entretanto, foi observada diferença significativa, a partir da primeira hora de uso do óleo para a fritura dos empanados, em todos os parâmetros, com exceção do índice de iodo que diferiu somente no último tempo avaliado.

O experimento foi conduzido em dois dias, com 3 horas de aquecimento por dia. A primeira etapa no dia 1 foi finalizada após a fritura das batatas, cujo óleo utilizado permaneceu na fritadeira aberta, exposto à luz e ao oxigênio por aproximadamente 20 horas até a fritura dos empanados. Nesse intervalo de tempo, com o resfriamento natural do óleo utilizado, as reações de degradações são favorecidas, o que pode ser observado através dos índices de peróxidos, acidez, iodo e saponificação determinados neste estudo. Segundo Camilo et al. (2010), em fritura descontínua ocorrem os ciclos de resfriamento e reaquecimento, com isso aumenta a absorção de oxigênio no período de resfriamento e favorece reações oxidativas.

O Brasil ainda não tem estabelecida uma legislação completa sobre as condições de óleo de fritura para descarte. Porém, a RDC nº 270 (BRASIL, 2005) fixa a identidade e as características mínimas de qualidade para óleos vegetais, a qual preconiza índice de peróxidos máximo de 10 meq/Kg e índice de acidez máximo de 0,6 mg KOH/g. Assim sendo, com os valores obtidos nesse estudo, pode-se dizer que após 6 horas de fritura descontínua o óleo ainda permanecia apto para a utilização.

A composição do óleo de soja refinado, que contém o antioxidante TBHQ, tem grande influência nessa estabilidade oxidativa, mesmo com o experimento sendo conduzido de forma propícia às reações de degradação, este antioxidante sintético é mundialmente conhecido pela grande resistência às altas temperaturas (REGINATO-D'ARCE, 2006).

O acompanhamento da alteração dos índices de peróxidos e acidez para óleos novos é muito importante, pois, estes representam os primeiros produtos formados na degradação do óleo. Devido à ação do calor e umidade podem ocorrer as reações hidrolíticas, com isso ocorre a liberação de ácidos graxos livres monoacilglicerol e diacilglicerol, além dos produtos de degradação oxidativa e térmica como aldeídos, cetonas, monômeros, dímeros e oligômeros (SAHASRABUDHEA; STATON; FARKAS, 2019).

O índice de acidez traz dados importantes referentes ao estado de conservação do óleo, pois o processo de decomposição, que ocorre por hidrólise ou oxidação,

muitas vezes promove alteração na concentração dos íons de hidrogênio, influenciando na acidez do produto (MENDONÇA et al., 2008).

Internacionalmente, o *Codex Alimentarius* (FAO, 1999), revisado em 2019, regulamenta os óleos vegetais, onde constam os mesmos parâmetros descritos na RDC nº 270 (BRASIL, 2005) para os índices de peróxidos e acidez de óleo de soja refinado. Também são estabelecidas faixas aceitáveis para índice de iodo (124-139  $\text{gl}_2/100\text{g}$ ) e índice de saponificação (189-195  $\text{mgKOH/g}$ ). Estes valores estão próximos aos obtidos neste estudo na etapa de avaliação do óleo novo, pequenas variações ocorrem devido à metodologia titulométrica. A divergência de valores de referência e reais para o índice de iodo pode estar relacionada com o número de insaturações, e, o índice de saponificação pode ter sido influenciado pela variedade de grão, clima e local de plantio, variáveis que interferem na massa molecular média dos ácidos graxos.

Os resultados apresentados para o índice de iodo do óleo utilizado apresentaram diferença significativa apenas na última amostra coletada, iniciando em 146,0  $\text{gl}_2/100\text{g}$  e finalizando com 115,9  $\text{gl}_2/100\text{g}$ . Conforme aumenta-se o tempo de exposição do óleo à altas temperaturas é dada continuidade no processo de oxidação do mesmo, as reações oxidativas promovem a quebra de duplas ligações do óleo, tal característica pode estar relacionada as alterações indicadas em relação ao índice de iodo (RIOS; PEREIRA; ABREU, 2013).

Em experimento com diferentes tipos de óleos, dentre eles óleo de soja, para fritura de batata pré-frita congelada na temperatura de  $180 \pm 10$  °C, Rios; Pereira e Abreu (2013) verificaram comportamento semelhante a este trabalho em relação ao índice de iodo, os autores relataram pequena variação numérica, iniciando em 141,59  $\text{gl}_2/100\text{g}$  e finalizando o experimento com 138,49  $\text{gl}_2/100\text{g}$ , sem diferença significativa, durante o período de 45 minutos de processamento.

O índice de saponificação é definido como a quantidade em miligramas de hidróxido de potássio necessária para saponificar 1 g de óleo (KOBORI; JORGE, 2005). Este parâmetro é muito utilizado industrialmente como critério de pureza dos óleos vegetais, na identificação de adulteração com outros óleos, gorduras e materiais insaponificáveis, os quais possuem menor massa molecular. Neste estudo foi verificada diferença significativa no índice de saponificação somente no óleo utilizado para a fritura dos empanados. As três amostras coletadas durante a fritura da segunda etapa do experimento diferiram da amostra inicial. Provavelmente é devido à solubilidade dos ingredientes lipídicos dos empanados no óleo de soja, os quais são de origem animal,

com diferentes massas moleculares. Essa informação também é embasada pelo fato de que o óleo de soja utilizado para a fritura das batatas não diferiu significativamente, as quais foram pré-fritas com óleo vegetal, segundo informações da embalagem do produto.

### 5.1.2 Viscosidade

Neste estudo os resultados da avaliação de viscosidade do óleo apresentaram diferença significativa entre as amostras no estado inicial ( $54,66 \pm 0,47$  mPa.s) e ao final do processo de fritura ( $63,05 \pm 1,01$  mPa.s), indicando que o óleo ficou 15,34 % mais viscoso após 6 horas do experimento. Este resultado está associado às alterações químicas e oxidativas ocorridas durante o experimento, juntamente com a solubilização e interação com os ingredientes dos alimentos.

Brock et al. (2008) analisaram viscosidade de diferentes tipos de óleos vegetais no intervalo de temperatura de 20 a 70°C, o estudo apresentou viscosidade inicial de 59 mPa.s para óleo de soja a 20°C, diminuído este valor com aumento da temperatura. A viscosidade dos óleos vegetais é significativamente influenciada pela temperatura, e, segundo os autores estas variáveis são inversamente proporcionais.

Fellows (2019) citou que o óleo durante aquecimento quando exposto a 200 °C ocorreu queda de viscosidade em 69 % comparando com a amostra em temperatura ambiente. Após ser aplicado como meio de fritura de batata por 36 horas o óleo sofreu degradação, promovendo aumento de viscosidade em 28,6 %.

Em estudo com óleo de palma Khaled, Aziz e Rokhani (2015) avaliaram sua degradação em vários intervalos de tempo, ao aquecê-lo em forno de laboratório à 180°C. Inicialmente a viscosidade da amostra foi de 50,80 mPa.s e após 6 horas de aquecimento aumentou para 61,05 mPa.s, comportamento semelhante ao observado no presente estudo.

O aumento de viscosidade constatado neste experimento pode ter ocorrido ao longo do processo de fritura, devido à polimerização do óleo e outros fatores como geração de compostos polares na forma de subprodutos e saturação de alguns ácidos graxos, promovendo aumento no peso molecular do óleo durante o processamento térmico (KHALED; AZIZ; ROKHANI, 2015).

### 5.1.3 Cor do óleo de soja durante a fritura

Os valores médios dos parâmetros de cor ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  e  $\Delta E^*$ ) encontrados no óleo de soja submetido ao processo de fritura descontínua estão dispostos na Tabela 3. É notável que houve diminuição do parâmetro  $L^*$ , luminosidade, inicialmente o óleo estava límpido e claro, apresentando maior  $L^*$ , conforme deu-se prosseguimento à fritura, ocorreu seu escurecimento e, conseqüentemente queda de luminosidade, diferindo significativamente durante o processamento térmico com batatas e empanados. Na última hora de estudo, foi possível constatar queda de 26,50% no valor de luminosidade do óleo de soja utilizado.

**Tabela 3.** Alterações na cor de óleo de soja utilizado em processo descontínuo de fritura de batatas pré-fritas congeladas e empanados de frango ao longo do tempo

1º Etapa					
Produto	Cor	Inicial	1h	2h	3h
Óleo usado na	$L^*$	47,88±1,48 <sup>a</sup>	46,35±0,54 <sup>b</sup>	45,26±1,38 <sup>b</sup>	42,21±1,44 <sup>c</sup>
Batata pré-frita	$a^*$	-1,89±0,21 <sup>a</sup>	-1,27±0,20 <sup>b</sup>	-1,31±0,16 <sup>b</sup>	-1,82±1,12 <sup>a</sup>
	$b^*$	6,09±0,66 <sup>b</sup>	5,17±1,06 <sup>b</sup>	5,35±0,88 <sup>b</sup>	8,72±1,33 <sup>a</sup>
2º Etapa					
Óleo usado no		Inicial	1h	2h	3h
Empanado à base de frango	$L^*$	42,5±1,11 <sup>a</sup>	37,26±1,84 <sup>b</sup>	36,59±0,98 <sup>b</sup>	35,19±3,19 <sup>b</sup>
	$a^*$	-1,51±0,08 <sup>a</sup>	-1,46±0,15 <sup>a</sup>	-1,09±0,22 <sup>a</sup>	0,585±0,92 <sup>b</sup>
	$b^*$	6,14±0,93 <sup>c</sup>	12,86±1,2 <sup>b</sup>	12,195±1,04 <sup>b</sup>	17,68±1,38 <sup>a</sup>

Média ± desvio padrão (n=10). Letras iguais em linhas referentes aos mesmos parâmetros não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

O parâmetro  $a^*$  sofreu diferença significativa apenas na última hora de fritura do empanado à base de frango, que iniciou o experimento na coordenada negativa -1,51 ± 0,08 e finalizou com valor positivo de 0,585 ± 0,92, aumentando a tendência ao vermelho. O parâmetro  $b^*$  apresentou valores positivos, tendendo à cor amarela, como é visível no óleo de soja novo, no entanto, sua tonalidade foi intensificada no tempo de 3 horas de uso do óleo para a fritura das batatas, acarretando diferença significativa. E a intensificação aumentou com a utilização do óleo para a fritura dos empanados à base de frango, finalizando o experimento com o triplo do valor inicial de  $b^*$ .

O valor  $\Delta E^*$  correlaciona os parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  indicando a variação total da cor e a percepção do olho humano. A diferença total de cor entre o óleo inicial e após 6 horas de fritura foi de  $\Delta E^*=8,65$ , significando que foi visível ao olho humano, pois segundo Pereira, et al., (2013) o olho humano é capaz de perceber as diferenças na cor quando  $\Delta E^*$  for igual ou maior que 3.

As alterações de cor visualizadas e detectadas pelo colorímetro estão relacionadas a modificações químicas ocorridas durante todo o processamento térmico e aos compostos dos alimentos que entraram em contato direto com o óleo em alta temperatura, ocorrendo liberação de pigmentos escuros e absorção pelo óleo. O escurecimento do óleo também pode ser originado por reações de Maillard e pela queima das partículas desprendidas dos alimentos, ocorrendo carbonização e conseqüentemente deterioração do óleo, principalmente dos empanados à base de carne de frango, devido a característica do sistema de cobertura e a alteração dos parâmetros  $L^*$  e  $b^*$  desde o primeiro tempo analisado.

De acordo com Totani et al. (2006), uma possível causa da alteração de cor do óleo durante a fritura é a reação amino-carbonil entre o óleo termicamente oxidado e aminoácidos exsudados pelos alimentos fritos. Segundo Freire, Mancini-Filho e Ferreira (2013), o escurecimento ocorre no óleo de fritura devido à presença de compostos não polares provenientes das partículas de alimentos solubilizados no meio.

Conforme o óleo de fritura se decompõe ocorre a produção de compostos indesejados e conseqüentemente o escurecimento, os quais podem ser tóxicos em altas concentrações. Alguns componentes voláteis formados durante a fritura por imersão são conhecidos como tóxicos, podendo ser citados: 1,4-dioxano, benzeno, tolueno e hexilbenzeno ou potencialmente carcinogênicos, como carbonílicos ou monoepóxidos e alguns aldeídos produzidos a partir do ácido linoleico (FELLOWS, 2019).

Segundo estudo de Sánchez-Gimeno et al. (2008), onde foi realizada uma comparação entre azeite de oliva extra virgem e óleo de girassol no processo de fritura descontínua de batata frita congelada à temperatura de 170°C, os valores da coordenada  $L^*$  do óleo de girassol foi decrescendo durante o processo, correlacionando ao escurecimento do óleo com as alterações no processo de fritura e valores de  $b^*$  positivo com coloração tendendo ao amarelo de acordo com as características do próprio óleo, similarmente ao resultado encontrado neste estudo.

## 5.2 AVALIAÇÃO DOS ALIMENTOS SUBMETIDOS AO PROCESSO DE FRITURA

### 5.2.1 Umidade e Atividade de água

A tabela 4 ilustra os resultados obtidos na avaliação do teor de umidade dos alimentos fritos. Comparando as amostras de batatas pré-fritas antes e após o processo de fritura notou-se perda de 42,66 % de umidade, enquanto o empanado à base de frango perdeu 36,82 % de umidade em comparação com o produto inicial.

**Tabela 4.** Umidade das batatas pré-fritas congeladas e empanados de frango submetidos a processo de fritura.

1º Etapa				
Produtos	Inicial	1 h	2 h	3 h
<b>Batatas pré-fritas</b>	72,91±0,39 <sup>a</sup>	48,52 ±1,33 <sup>b</sup>	44,75±1,00 <sup>b</sup>	41,84±4,30 <sup>b</sup>
2º Etapa				
	Inicial	1 h	2 h	3 h
<b>Empanados de frango</b>	53,52±1,27 <sup>a</sup>	36,33±1,62 <sup>b</sup>	35,81±0,37 <sup>b</sup>	33,83±0,78 <sup>b</sup>

Média ± desvio padrão (n=3). Letras iguais, na mesma linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Ambos os produtos perderam umidade significativamente após a primeira hora da utilização do óleo, pois neste processo por imersão em óleo os coeficientes de transferência de massa aumentam linearmente, ou seja, conforme a temperatura do óleo aumentava a saída de água do alimento também aumentava, estabilizando após determinado tempo de processo. A taxa de perda de umidade durante a fritura de batatas aumentou até a superfície do alimento secar e, então, ocorreu a diminuição da umidade até o final da fritura.

Segundo Zhang et al. (2018), em seu estudo sobre a absorção de óleo de batatas *in natura*, o valor de umidade inicial de batatas foi de 80 %, valor maior do que este estudo. O teor de umidade inicial das batatas pré-fritas congeladas deste estudo foi de 72,9%, essa diferença pode ser justificada devido a evaporação da água na etapa de pré-fritura.

O valor médio de umidade obtido nas amostras de empanado inicial (53,5 %) foi próximo aos teores de umidade encontrados por Lukman; Huda e Ismail (2009), onde realizaram a avaliação de cinco marcas de empanados de frango vendidos no comércio



local e obtiveram teores de umidade entre 40% e 54%, esta variação é devido as diferenças nas formulações.

Os resultados obtidos de atividade de água (Aa) apontam diferença significativa entre a Aa da batata pré-frita no início do estudo e logo após 1 hora de fritura, mantendo esta diferença até o final do processo térmico, igualmente ocorreu com os empanados à base de frango (Tabela 5). Tal fato está relacionado com a técnica de fritura aplicada, fritura por imersão com alta temperatura, para obter a adequada textura desses alimentos, a qual deve apresentar crocância externa e maciez interna, para ter aceitação pelos consumidores.

**Tabela 5.** Atividade de água das batatas pré-fritas e empanados de frango submetidos ao processo de fritura descontínua

Produto	1º Etapa			
	Inicial	1h	2h	3h
<b>Batatas pré fritas</b>	0,9869±0,0111 <sup>a</sup>	0,9726±0,0048 <sup>b</sup>	0,9758±0,0015 <sup>b</sup>	0,9742±0,0015 <sup>b</sup>
Empanados de frango	2º Etapa			
	Inicial	1h	2h	3h
	0,9732±0,0023 <sup>a</sup>	0,9558±0,0091 <sup>b</sup>	0,9518±0,0071 <sup>b</sup>	0,9469±0,0012 <sup>b</sup>

Média ± desvio padrão (n=3). Letras iguais, na mesma linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Naveena et al. (2012), avaliaram o efeito de diferentes métodos de cocção (água, calor e fritura) em produtos elaborados a partir de emulsão de frango. O estudo indicou que a Aa após o processo de fritura foi de 0,870, diferenciando significativamente antes e após a fritura. Os autores associaram a redução de Aa com a presença de sal e açúcar, ingredientes característicos destes produtos, resultando no aumento da pressão osmótica e consequente redução de Aa.

Processamentos térmicos, como a fritura, são considerados meios de desidratação de alimentos, porém, é importante salientar que neste estudo, mesmo após o processo de fritura as batatas pré-fritas e os empanados à base de frango permaneceram com Aa consideradas altas, já que a Aa está intrinsecamente presente na composição química dos alimentos, interagindo com o íon-dipolo, dipolo-dipolo e dipolo-induzido-dipolo da água e com vários grupos químicos nos alimentos,

diferentemente do teor de umidade, que está relacionado com a quantidade total de água neste alimento (DAMODARAN; PARK, 2019).

Ainda se tratando de alimentos congelados, a água presente na forma de cristais de gelo ao entrar em contato com a alta temperatura (180°C), foi parcialmente liberada na forma de vapor e a crosta formada na parte externa do alimento serviu de barreira para manter a umidade desejada no interior destes alimentos (RAHIMI et al., 2016). Assim sendo, esses produtos, após o processamento térmico, devem ser consumidos de forma imediata, para manter a textura crocante e o interior macio e úmido característico destes alimentos.

### 5.2.2 Cor

Na avaliação de cor das batatas pré-fritas foi verificada diferença significativa nas coordenadas  $a^*$  e  $b^*$ , onde a cor vermelha perdeu intensidade e a cor amarela aumentou, após a fritura usando óleo de soja por até 3 horas e a luminosidade ( $L^*$ ) não apresentou diferença significativa (Tabela 6). Esse comportamento é consequência de reações da alta temperatura com a dextrose aplicada nas batatas pelo fabricante. Industrialmente, utiliza-se um açúcar nas batatas pré-fritas para potencializar as reações de Maillard e originar coloração rapidamente no processo de fritura final.

**Tabela 6.** Cor das batatas pré-fritas congeladas e empanados de frango submetidos à fritura contínua ao longo do tempo.

1ª etapa					
Produto	Cor	Inicial	1h	2h	3h
Batatas pré-fritas e congeladas	$L^*$	67,86±2,90 <sup>a</sup>	70,85±4,91 <sup>a</sup>	67,37±6,63 <sup>a</sup>	66,25±5,72 <sup>a</sup>
	$a^*$	-2,92±0,54 <sup>b</sup>	-0,94±1,61 <sup>a</sup>	-0,81±1,94 <sup>a</sup>	-0,06±2,82 <sup>a</sup>
	$b^*$	14,53±2,72 <sup>b</sup>	29,93±3,64 <sup>a</sup>	26,96±4,13 <sup>a</sup>	28,43±4,50 <sup>a</sup>
2ª etapa					
	Cor	Inicial	1h	2h	3h
Empanados à base de frango	$L^*$	44,71±2,91 <sup>a</sup>	41,04±2,03 <sup>b</sup>	42,72±2,84 <sup>b</sup>	42,97±3,13 <sup>b</sup>
	$a^*$	17,05±3,15 <sup>b</sup>	18,42±1,53 <sup>b</sup>	18,35±1,19 <sup>b</sup>	19,21±1,43 <sup>a</sup>
	$b^*$	35,52±2,11 <sup>b</sup>	37,75±1,38 <sup>a</sup>	37,89±1,80 <sup>a</sup>	38,07±3,25 <sup>a</sup>

Média ± desvio padrão (n=20). Letras iguais, na mesma linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Semelhante ao encontrado no presente estudo Vergana et al. (2006), documentaram que a cor de batata normalmente se intensifica durante o processo de fritura devido ao seu alto teor de amido, o que desencadeia a reação de Maillard com a formação de pigmentos que escurecem os alimentos.

A reação de Maillard é caracterizada por um açúcar redutor que reage com o grupo de aminoácidos, para produzir os compostos característicos desta reação que adicionam sabor e cor para produtos de batata frita ou cozida (BETHKE; BUSSAN, 2013).

Os parâmetros  $L^*$  e  $b^*$  nos empanados à base de frango apresentaram diferença significativa após a primeira hora de utilização do óleo, os alimentos tornaram-se mais escuros e mais amarelados. Enquanto que a cor vermelha nos produtos se tornou mais intensa somente no último tempo analisado. Essas alterações são associadas as reações químicas sob alta temperatura do óleo e dos ingredientes de elaboração dos empanados, os quais contem farinhas enriquecidas com ferro, cujo mineral é catalisador de oxidação e molho de soja teriyaky, fonte de pigmentos escuros, entre outros ingredientes (LUKMAN; HUDA; ISMAIL, 2009).

É necessário ressaltar que a intensificação de cor das amostras também pode ter ocorrido devido à incorporação da cor do próprio óleo de soja, que se tornou mais escuro, ao longo do período de fritura analisado. Além disso, quando os empanados foram fritos, o óleo teve a cor amarela mais intensificada, o que sugere a solubilidade de componentes do alimento no óleo e posteriormente a absorção destes pelo alimento. Outro fator relevante é o desprendimento das partículas dos empanados à base de frango durante o processamento térmico, as quais podem ser carbonizadas liberando pigmentos ao óleo que transmitirá aos alimentos.

De acordo com Cella, Regitano D'Arce e Spoto, 2002, durante o processo de fritura pode ocorrer o escurecimento do alimento devido às reações de Maillard. Este tipo de reação acontece quando se submete uma proteína, junto a um açúcar redutor ao calor, justificando assim o desenvolvimento de cor do empanado à base de frango, os quais possuem fontes de proteínas e carboidratos na sua composição. Tradicionalmente são constituídos por uma crosta de cor amarelo avermelhado que é intensificada na fritura, provavelmente devido à formação de melanoidinas.

### 5.2.3 Absorção de óleo pelas batatas pré-fritas

Os resultados obtidos com a quantificação de lipídeos nas amostras de batatas estão apresentados na Tabela 7, onde é possível observar que as batatas passaram a absorver parte do óleo utilizado como meio de transmissão de calor. Após 1 hora de fritura a taxa de absorção de óleo já havia aumentado significativamente comparado à batata pré-frita congelada, ao final do experimento o teor de lipídeos determinado foi de 17,35%.

Tabela 7. Teor de lipídeos e absorção de óleo de batatas pré-fritas congeladas submetidas a processo de fritura descontínua ao longo do tempo

<b>Tempo</b>	<b>Teor de lipídeos</b>	<b>%Absorção de óleo de fritura</b>
Inicial	5,20±0,33 <sup>b</sup>	-
1h	12,70 ±1,59 <sup>a</sup>	7,5%
2h	11,97±1,14 <sup>a</sup>	6,77%
3h	17,35±1,11 <sup>a</sup>	12,15%

Média ± desvio padrão (n=3). Letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Jesus et al. (2016), analisaram o teor de lipídeos em batata pré-frita preparada em óleo de soja, na temperatura de 180°C, os autores determinaram o teor de lipídeos na batata de 17,5 %, valor muito próximo ao encontrado neste estudo, confirmando a tendência dos resultados de aumento na taxa de absorção de óleo pelas batatas ao decorrer do tempo de fritura.

O aumento do percentual de óleo absorvido pelas batatas fritas, pode estar relacionado com a conclusão obtida por Li, et al. (2020), após o acompanhamento da absorção de lipídeos em batata frita. Os autores relataram que a crescente absorção de óleo na amostra está associada ao aumento dos poros na batata com o processo de fritura continuado, o volume de poros aumenta devido à evaporação da água. Com isso, maior quantidade de óleo é penetrada no interior da amostra.

Ao analisar os mecanismos da absorção de óleo nas batatas fritas, através de análise microscópica, Kita, Grazyna e Malgorzata (2005), verificaram que há uma preferência do óleo pela superfície, cantos e sob a camada densa dos alimentos, sendo

este acúmulo associado à presença de estruturas extremamente porosas sob a crosta.

O processamento térmico de imergir uma porção de batata no óleo quente faz com que a temperatura da superfície aumente rapidamente e a água da superfície evapore imediatamente. Ao decorrer do processo de fritura, a superfície é desidratada, formando gradualmente uma crosta crocante, tornando-se mais espessa e com interior úmido (LI et al., 2020). Durante o processo de fritura, o calor é transferido do óleo aquecido para a superfície do alimento por convecção. Enquanto os alimentos aquecem, o calor é transferido para o interior do produto por condução e durante a qual a umidade interna é aquecida formando vapor que é eliminado (LIBERTY; DEHGHANNYA; NGADI, 2019).

A maior absorção de óleo (12,15%) nas amostras fritas no óleo de soja usado por 3 horas pode ser explicada pelas alterações químicas ocorridas devido ao uso de altas temperaturas, tempo prolongado e da interação com os alimentos anteriormente fritos, provocando modificações na sua polaridade. Segundo Liberty, Dehghannya e Ngadi (2019) durante o processo de fritura ocorrem ações como polimerização, hidrólise e oxidação que resultam na formação de compostos voláteis e não voláteis causando uma redução na tensão superficial e conseqüentemente em uma maior absorção de óleo.

### 5.3 DIAGNÓSTICO DO PROCESSO DE FRITURA EM ESCALA INDUSTRIAL

Os resultados foram discutidos com base nas respostas enviadas através do questionário semiestruturado *on-line*, que permitiu realizar um diagnóstico do processo de fritura, sendo posteriormente avaliado durante o acompanhamento do processo *in loco*.

Do total de respostas obtidas foi possível avaliar que 48% das cozinhas industriais possuem fritadeira e outros 52% utilizam tachos para fritura. Conforme IT 11 (BRASIL, 2004) a temperatura de fritura deve ser controlada através de termostato já presente nas fritadeiras de ordem industrial ou no caso das fritadeiras que não possuem termostato para controle, não se deve permitir a elevação da temperatura a ponto de produzir fumaça.

Com relação à periodicidade de fritura nas cozinhas industriais analisadas, 63% produzem alimentos fritos semanalmente e apenas 10% mensalmente, o restante informou realizar fritura quinzenalmente. E os alimentos mais utilizados na fritura são:

frango empanado, batata frita e pescados empanados. Segundo Yang et al. (2019), os alimentos fritos possuem muita aceitação por possuir características únicas de sabor, aroma e textura, entre os alimentos de maior consumo pode ser citado a batata frita.

Um dos fatores essenciais para garantir a qualidade do óleo de fritura é através da temperatura, a pesquisa mostrou que em sua maioria (55% das cozinhas industriais) o controle de temperatura é realizado, porém a empresa não possui nenhuma planilha para registro da temperatura aferida. Como número expressivo de unidades não realiza o controle da temperatura (45%), a proposta de uma planilha para monitoramento da temperatura de óleo de fritura em unidades de cozinhas industriais (Apêndice B) foi sugerida de forma a confirmar que as unidades estão realizando esta aferição de temperatura, já que periodicamente são realizadas auditoria interna de qualidade, esse ponto será inspecionado.

No decorrer do processo de fritura, quando a temperatura do óleo permanece acima de 180°C, ocorre a emissão de fumaça e o início dos processos oxidativos acarretando na redução da vida útil do óleo (FREIRE; MANCINI-FILHO; FERREIRA, 2013). O resultado avaliado apresentou um alerta, pois 39% dos responsáveis afirmaram utilizar a temperatura de fritura entre 185 e 220°C, 49% utilizam temperaturas entre 160°C e 180°C e 12% utilizam temperaturas entre 90°C e 120°C. A utilização de temperatura muito baixa pode acarretar em alimento com maior absorção de óleo e temperaturas muito altas pode deixar o alimento cru no seu interior, podendo gerar até problemas microbiológicos, pois o centro do alimento tem que estar com a temperatura mínima de 70°C (OSAWA; GONSALVES; MENDES, 2010; BRASIL, 2004).

Foi constatado também que ao longo do processo de fritura ocorre a adição de óleo novo para completar o volume da fritadeira em razão da absorção pelo alimento, esta prática operacional foi confirmada em 49% dos estabelecimentos. Estudos apontam que a adição de óleo novo, faz com que este se deteriore mais rapidamente pelo efeito catalítico dos produtos de degradação presentes em seu meio. O tempo estabelecido para se adicionar óleo novo para repor o que foi perdido é denominado como período de reposição. Períodos de reposição elevados são característicos de frituras descontínuas que permitem uma alteração maior, quando comparado as frituras contínuas que apresentam períodos de reposição curtos (SILVA; FERREIRA, 2015).

Quanto às reutilizações do óleo de fritura, 66% das unidades afirmam reutilizar o óleo de fritura, porém a quantidade de vezes que o óleo é reutilizado vai depender das

características dos alimentos fritos. O peixe empanado foi utilizado como exemplo, que sempre é utilizado no último ciclo de fritura, pois transfere sabor característico ao óleo que por sua vez será absorvido pelo próximo alimento a ser frito.

Amaral et al. (2013) cita que quando se fritam alimentos muito distintos no mesmo óleo, a estabilidade se torna uma medida muito complexa, pois, normalmente se solubilizam compostos dos alimentos que podem ter ao mesmo tempo ação pró e antioxidante, além de originar compostos mais saturados, que afetam diretamente a estabilidade oxidativa do óleo.

O óleo de fritura armazenado para a reutilização é mantido na mesma fritadeira em 36% das unidades, 29% afirmaram armazenar em recipiente fechado com tampa e apenas 20% confirmaram realizar o armazenamento do óleo em recipiente fechado com tampa sob refrigeração. A IT 11 (BRASIL, 2004) informa que nos intervalos de uso, o óleo deve ser armazenado em recipientes tampados e protegidos da luz, para evitar o contato com os principais catalisadores de oxidação que são oxigênio e luz. Se o intervalo entre usos for longo, além de tampado, o óleo deve ser armazenado sob refrigeração, para se aumentar a vida de útil.

Ainda segundo os dados avaliados, 15% dos respondentes afirmaram descartar o óleo de fritura com uma única produção, esta ação pode acarretar em prejuízos econômicos para a empresa se o óleo de fritura descartado ainda estiver apto para utilização. A importância da verificação das condições do óleo de fritura através de testes rápidos, como o monitor de óleo e gordura da marca 3M™, é considerado um aliado na definição do ponto de descarte do óleo de fritura. Este método corresponde a uma fita de papel com quatro faixas azuis que alteram a coloração de azul para amarelo à medida que a concentração de ácidos graxos livres aumenta no meio de fritura (FREIRE; MANCINI-FILHO; FERREIRA, 2013).

O fator determinante para realizar o descarte do óleo de fritura para 90% dos respondentes é a associação da coloração escura com a degradação do óleo. Como recomendação de descarte a IT nº11 (BRASIL, 2004) diz que o óleo deve ser descartado quando se observar formação de espuma e fumaça durante a fritura, escurecimento intenso da coloração do óleo, do alimento e percepção de odor e sabor não característicos. O estudo de Witschinski, Ghisleni e Valduga (2012), relata que o óleo de fritura absorve os pigmentos escuros dos alimentos e o alimento vai absorver a coloração escura do óleo de fritura, como também o escurecimento do alimento pode estar associado às reações de Maillard durante o processo de fritura, esta reação pode

liberar compostos de cor e provocar a alteração na cor do óleo. Portanto, apenas a coloração alterada do óleo de forma isolada, não pode ser considerada um fator determinante para realizar o descarte do óleo de fritura.

Com relação ao descarte de óleo usado 15% realizam diariamente após o uso ou semanalmente, 35% informaram realizar de forma quinzenal e 33% mensalmente, os outros 17% informaram não controlar a frequência do descarte.

A empresa possui um programa socioambiental de direcionamento correto do óleo residual, o intuito deste programa é realizar a homologação de instituições licenciadas para realizar a coleta e descarte correto do óleo de residual. As instituições homologadas realizam a coleta e descarte do óleo residual e reverte em recursos financeiros para a empresa, que anualmente transforma a soma desses recursos em projeto socioambiental. A pesquisa mostrou que 82% das unidades possuem um coletor para realizar a destinação correta de óleo residual e este óleo é posteriormente transformado em biocombustível.

Apesar do incentivo do projeto de coleta de óleo, ainda 18%, informaram destinar o óleo residual no lixo orgânico, e até mesmo descartar na rede pública. A ausência de coletor de óleo usado foi relacionada com o baixo conteúdo de óleo residual que sobra das preparações, como essas unidades não possuem volume mínimo para coleta ou estão localizadas em regiões de difícil acesso, foi relatada muita dificuldade em homologar uma instituição para realizar a coleta nestes locais. No estudo apresentado por Zucatto, Welle e Silva (2013), a logística de coleta de óleo residual foi apontada com um empecilho para aumentar os volumes de óleo residual e para recolocar esses produtos novamente em ciclos produtivos.

Mesmo com a proibição do descarte incorreto de óleo residual, foi identificado que este fato ainda ocorre em cozinhas industriais. Conforme a legislação nº 19260 (PARANÁ, 2017), os estabelecimentos industriais e comerciais que utilizam óleos e gorduras de origem animal ou vegetal, para uso culinário próprio ou para preparo de produtos a serem comercializados, ficam responsáveis pelo descarte adequado de seus resíduos e são obrigações dos estabelecimentos treinar seus funcionários quanto ao procedimento a ser adotado para a armazenagem de óleos e seu resíduo, esclarecendo-os sobre os danos causados ao meio ambiente pelo descarte inadequado do material em pias e ralos.

Com as respostas da questão discursiva solicitando ao responsável pelo preenchimento comentar sobre os impactos da destinação incorreta de óleo para o



meio ambiente, possibilitou avaliar que todos os respondentes possuíam conhecimento com relação aos danos ambientais provenientes dos incorretos descartes. Essas questões são abordadas no Manual de Boas Práticas de Fritura (Apêndice C), assim, espera-se que após a implementação deste, essas não conformidades sejam sanadas.

### 5.3.1. Acompanhamento do processo de fritura em três cozinhas industriais

A inspeção *in loco* com objetivo de acompanhar o processo de fritura, iniciava-se com a inspeção visual das características do óleo em uso e as condições gerais de fritura, como tempo de utilização, temperatura, quantidade de alimento imerso no óleo, sistema de exaustão e higienização do local.

As condições do processo de fritura avaliados na unidade 1 (UN1), unidade 2 (UN2) e unidade 3 (UN3), estão descritas de forma geral no Quadro 3:

**Quadro 3** - Condições do processo de fritura em três cozinhas industriais

CONDIÇÕES DE FRITURA	UNIDADES DE PRODUÇÃO		
	UN 1	UN 2	UN 3
Tipo de óleo utilizado	Soja	Soja	Soja
Equipamento	Fritadeira água e óleo	Fritadeira água e óleo	Tacho de Fritura
Capacidade da fritadeira	100L	100L	10L
Volume de óleo	90L	100L	8L
Tempo de utilização do mesmo óleo	3 Semanas	1 dia	1 dia
Pesagem por porção de alimento	Não	Não	Não
Presença de termostato	Sim	Sim	Não
Temperatura de fritura	180°C	180°C	200°C
Reposição de óleo durante o processo de fritura	Não	Não	Não
Descarte do óleo após fritura	Não	Não	Sim

Fonte: O autor (2020)

Para obtenção de avaliação mais precisa das condições do óleo de fritura, foi utilizado o Monitor de óleos e gorduras 3M™, o qual permite que o estabelecimento

defina um padrão de acidez do óleo como limite de descarte, minimizando os riscos de uso de um óleo de fritura inadequado e diminuindo prejuízos financeiros uma vez que óleo pode ser descartado ainda apto para uso.

Durante a inspeção na UN1, o produto a ser frito era filé de frango empanado (com uma mistura contendo água, ovo em pó, farinha de rosca, temperos desidratados e sal) na quantidade total de 42 kg, utilizando uma fritadeira industrial com a temperatura do termostato registrando até 180°C, conferindo esta temperatura através de um termômetro com haste metálica da marca Incoterm. O processo de fritura ocorreu por um período de aproximadamente 3 horas. Através da entrevista com os manipuladores foi relatado que o óleo seria descartado naquele dia devido a sua coloração escura e pelo tempo de uso, correspondendo a aproximadamente 20 dias com uma reposição total neste período de 1000ml, porém este processo não foi verificado no dia da inspeção.

Anteriormente o óleo havia sido utilizado por 6 vezes divididos entre almoço e jantar, nos registros de cardápio foi identificado a fritura de batata palito congelada, polenta palito congelada e enrolado de salsicha na massa de pastel, como a quantidade da produção é pré-estabelecida por contrato não possui variação durante o mês e a mesma refeição produzida no almoço é repetida no jantar. Dessa forma a quantidade utilizada no almoço para ambos os produtos foram de aproximadamente 40kg e no jantar 20kg.

A avaliação do óleo de fritura apontou através do medidor de óleo e gordura da 3M™, o aparecimento de 3 faixas amarelas representando 5,5% de ácidos graxos livres, segundo o fabricante o óleo com este percentual deve ser descartado se a qualidade (cor, sabor e textura) dos alimentos não for aceitável. A responsável pelo estabelecimento avaliou visualmente a coloração e sensorialmente o produto após a fritura, com a sua aprovação o total de produtos foi direcionado a fritura. A fritadeira utilizada naquela unidade é industrial e possui um sistema com adição de solução salina em sua parte inferior, neste tipo de fritadeira o intuito desta solução é auxiliar no processo de filtração, pois a troca da solução ocorre após cada uso, através deste processo as degradações decorrentes da permanência dos resíduos de alimentos no meio de fritura são minimizadas (OSAWA; GONÇALVES; MENDES, 2010).

A IT nº11 de 2004 (BRASIL, 2004), estabelece que óleo deve ser filtrado a cada término de uso especialmente dos empanados, pois as partículas liberadas devem ser removidas com objetivo de aumentar a vida útil do óleo utilizado.

Na UN 2 a avaliação do processo de fritura ocorreu no primeiro dia de utilização do óleo de soja, os produtos fritos planejados neste dia foram 68kg de batata palito congelada. Ao longo do processo o termostato da fritadeira registrou a temperatura máxima de 180°C, ao qual foi confirmada através de um termômetro com haste metálica da marca Incoterm. O período de utilização deste óleo, foi de 4h e 30 minutos, dentro deste período, houveram dois intervalos programados na fritadeira de 10 minutos a 100°C, de acordo com o consumo, com intuito de manter equilibrada a quantidade de produto no *buffet* com a textura adequada do alimento. Ao final do processo o óleo foi analisado com o monitor de óleos e gorduras da 3M™ e foi constatado a alteração com o aparecimento de 1 faixa amarela que significa o início do processo de degradação, isto é 2% de ácidos graxos livres. Sequencialmente com auxílio do monitor de óleos e gorduras foi possível constatar que o óleo se manteve apto para uso durante 3 semanas, realizando o processo de fritura semanalmente apenas em horário de almoço, os produtos utilizados foram mandioca *in natura*, anéis de cebola congelado e file de merluza à milanesa, e para todos os produtos fritos a quantidade utilizada era de aproximadamente 70kg.

A IT nº11 de 2004 (BRASIL, 2004), diz que quando o equipamento de fritura não esteja sendo utilizada, mas existe a necessidade de mantê-la ligada para um uso iminente, a mesma deve estar parcialmente tampada, assim se evita o contato do óleo quente com o oxigênio do ar, pois o óleo muito quente absorve o oxigênio do ar em maior quantidade promovendo sua oxidação.

O acompanhamento do processo de fritura na UN 3, por possuir uma quantidade menor de refeições ao dia é utilizado um tacho de fritura de 10L, sem nenhum monitoramento de temperatura, por não ser elétrico e não possuir um termostato. Durante o processo de fritura foi solicitado ao responsável para aferir a temperatura do óleo, utilizando um termômetro da marca Incoterm, onde foi registrado 200°C. Os produtos planejados para a utilização neste dia foram 18kg de produtos cárneos, sendo 9kg de kibe e 9kg de almôndegas. Após o processo de fritura o óleo estava com a coloração visualmente escura, os manipuladores relataram que o procedimento neste local é esperar o óleo esfriar para que eles realizem o descarte, devido a coloração apresentada ao final da fritura. Com auxílio da fita de monitoramento de descarte da 3M™ foi apontado 2 faixas amarelas com 3,5% de ácidos graxos livres, nesta cozinha o óleo foi descartado mesmo podendo ser utilizado para outros alimentos.

Durante o acompanhamento dos processos industriais foi identificado nas três unidades, a falta de controle da quantidade e tempo de alimento frito por lote. Os alimentos eram inseridos diretamente na fritadeira, as unidades que utilizavam cestos de fritura colocavam os alimentos manualmente em quantidades irregulares, acima do limite do cesto ou muito abaixo, sendo retirados da fritura quando visualmente já estavam finalizados. Quando não era utilizado cesto de fritura os alimentos eram inseridos com auxílio de uma escumadeira aramado de aço inox. Ainda foi observado na UN3 a operadora despejando o conteúdo final de alimentos diretamente da embalagem no óleo de fritura, como os alimentos eram congelados os resíduos de água e cristais de gelo foram inseridos no óleo.

A quantidade de produto a ser frito, tempo, temperatura e suas características tem total influência na qualidade do produto final. O alimento em contato com o meio de fritura, causa oscilações na temperatura. Se o alimento congelado for inserido na fritura, estes baixam a temperatura do meio demorando para estabilizar a temperatura ideal de 180°C, com isso os produtos podem absorver maior quantidade de óleo. A falta de controle nos parâmetros de qualidade do processo de fritura é responsável por produtos finais com baixa qualidade e sem nenhum tipo de padronização (OSAWA; GONÇALVES; MENDES, 2010).

A análise do óleo de fritura nas 3 unidades avaliadas com a utilização do Monitor de óleos e gordura da 3M™, encontrava-se com o percentual de ácidos graxos livres dentro dos parâmetros descritos pelo fabricante. O parâmetro de descarte nestes locais era a inspeção visual como a cor excessivamente escura do óleo, presença de fumaça e cheiro de queimado, esses fatores subjetivos são determinantes para caracterizar o ponto de descarte do óleo usado pelos manipuladores de alimentos.

A degustação do alimento frito é também outro fator que o manipulador considera quando rejeita um óleo de fritura, o óleo reutilizado sem o procedimento de filtragem, transmite cor e sabor, dependendo das características, para o alimento seguinte imerso naquele óleo.

Com o acompanhamento do processo *in loco* foram confirmadas inadequações na execução das atividades, além de diversas falhas informadas pelos próprios responsáveis através do questionário *on-line*. Para minimizar essas inconformidades, foi sugerida a implementação do monitor de óleo e gordura 3M™, que apesar do custo ser relativamente alto, a viabilidade econômica foi avaliada pela empresa e colocou-o no planejamento estratégico na área de Qualidade, inserindo o valor no orçamento de

2021. A empresa entregará o material para os supervisores de cada regional, que através de visitas semanais, serão responsáveis por analisar o óleo em uso, visando a abreviação de erros ocasionados no processamento de fritura e no descarte do óleo, diminuindo prejuízos financeiros para a empresa ou para a saúde do consumidor.

#### 5.4 ANÁLISE DO PROCESSO DE FRITURA EM ESCALA LABORATORIAL E INDUSTRIAL

Como forma de avaliação dos processos em escala laboratorial e industrial foi possível analisar a importância do planejamento e do conhecimento específico adquirido baseado nas legislações e na literatura. Desde a aquisição dos insumos utilizados até a verificação dos equipamentos, utensílios, termômetro, cronômetro e demais materiais utilizados.

As boas práticas seguidas durante a execução do processo de fritura em escala laboratorial estão associadas com o resultado físico-químico do óleo dentro dos parâmetros permitidos, tais atividades podem ser citadas:

- Colocar o alimento congelado dentro do cesto de fritura cuidadosamente, em cima de uma superfície de inox, e dar leves batidas no cesto para retirar o excesso de gelo, pois colocar o produto diretamente da embalagem poderá inserir maior quantidade de cristais de gelo diretamente em óleo quente (180°C), podendo acelerar as alterações hidrolíticas;
- Controlar a temperatura da fritadeira, adequada para o tipo de alimento, evitando mais alterações na qualidade do óleo;
- Pesar os alimentos em porções iguais e controlar o tempo do alimento a ser frito, visto que a diferença de peso do produto congelado pode afetar a temperatura do óleo, em quantidades maiores o óleo irá demorar mais para estabilizar a temperatura, e em pequenas porções o óleo não sofrerá tanta alteração, e isso resultará em um produto final no mesmo tempo de fritura com características diferentes;
- Retirar os resíduos de alimentos após a fritura, as características do alimento a ser frito interferem nas alterações ocorridas no óleo de fritura;
- Deixar o óleo esfriar aferindo a temperatura (25°C), para realizar a retirada do mesmo e a higienização no equipamento de fritura, de forma segura sem

causar acidente.

Ainda que, as boas práticas foram seguidas na execução da fritura laboratorial, a cor inicial e ao final do processo apresentou diferença significativa. Em escala industrial, baseado na avaliação visual do manipulador de alimentos não treinado, o óleo ao final da fritura poderia ser descartado, devido à coloração escurecida.

O óleo de fritura ao final das 6h de experimento, dentro da fritadeira, aparentou uma cor mais escura (Figura 6) do que realmente estava, pois, ao retirar uma amostra e colocá-la em recipiente transparente para melhor avaliação foi verificado que ele estava mais claro. Essa visualização num volume maior e possivelmente com partículas suspensas ou precipitadas, poderá resultar em uma avaliação errônea.

**Figura 6.** Comparativo de cor do mesmo óleo ao final do processo de fritura e após filtração



Fonte: O autor (2019)

Com a experiência laboratorial foi percebida que somente a cor do óleo não é o único parâmetro que deve ser considerado para o descarte do óleo, pois associando este com as determinações químicas, notou-se que o óleo utilizado ainda estava apto para fritura após o uso total de 6 horas em alimentos com características diferentes. Assim, no processo industrial foi sugerida a implantação do uso de kits rápidos para avaliar a qualidade do óleo durante a realização da fritura.

A execução do procedimento de fritura em escala laboratorial permitiu através da vivência prática, acompanhar e avaliar a realização do processo industrial de forma crítica, elaborando o manual de boas práticas e uma proposta de planilha para monitoramento da temperatura de óleo de fritura nas unidades de cozinhas industriais.

## 5.5. MANUAL DE BOAS PRÁTICAS DE FRITURA

Tendo por base a análise das respostas do questionário *on-line*, as não conformidades avaliadas no processo *in loco*, como: temperatura inadequada, ausência de controle e registro de temperatura, reposição de óleo novo, armazenamento e limpeza dos equipamentos, descarte do óleo usado e a avaliação do processo laboratorial e industrial, surgiu a necessidade da elaboração de um documento com foco em boas práticas de fritura, entendendo a falta de material disponível com este tema.

Apesar da legislação estabelecer uma temperatura limite para a utilização de óleo no processo de fritura, ainda foram encontradas falhas nos processos industriais, por isso a importância da elaboração de documentos e ações que objetivam instruir e conscientizar os responsáveis das unidades que executam o processo de fritura.

A elaboração do manual de boas práticas de fritura (Apêndice C), objetivou informar e estabelecer instruções para a realização das operações, juntamente com a planilha de Monitoramento da temperatura do óleo de fritura que serão implantadas nas unidades da empresa estudada, visando maior controle do processo de fritura, ao final do manual foram inseridas de forma resumida e simplificada alguns procedimentos para realização de boas práticas durante o processo de fritura.

O conteúdo do manual e a planilha serão a base para descrever o POP (Procedimento Operacional Padrão) do procedimento de fritura de alimentos, para cada cozinha industrial, levando em consideração as particularidades existentes. Posteriormente, é previsto que os manipuladores de alimentos que executam a operação sejam treinados para exercerem as devidas adequações.

## 6 CONCLUSÃO

Na realização do processo de fritura descontínua por imersão em escala laboratorial e no acompanhamento em escala industrial foi possível verificar que o óleo de fritura sofre vários tipos de degradações, dependendo do tempo de aquecimento, condições de uso e dos alimentos fritos. Em escala laboratorial com a determinação dos índices de peróxidos e acidez foi possível verificar o tempo de uso onde os primeiros produtos da degradação do óleo foram formados, já que o experimento foi realizado com óleo novo e sem reposição. Após 6h de processo a viscosidade do óleo aumentou e a cor foi alterada, com diminuição da luminosidade e intensificação das cores amarela e vermelha.

As batatas e empanados à base de carne de frango pré-fritos e congelados foram fritos em óleo de soja e apresentaram mudanças pelo processo aplicado. Ambos diminuíram o teor de umidade e tiveram alteração de cor. Nos empanados a diferença de cor foi mais intensificada, logo na primeira hora do experimento esses alimentos tornaram-se mais escuros e mais amarelados, devido às reações do óleo e dos ingredientes desses produtos.

Na verificação do processo de fritura em unidades industriais, através de questionário *on-line* e acompanhamento *in loco*, foi constatado que o principal fator avaliado no óleo de fritura para o seu descarte é o escurecimento, no entanto, esta característica, de forma isolada, não pode ser o único indicativo, já que há muita interação dos compostos dos alimentos com o óleo. Assim, a avaliação da coloração visual e implementação dos kits rápidos, apresentados neste estudo, para que a definição do descarte do óleo não seja realizada de forma subjetiva, gerando prejuízos financeiros para a empresa ou para a saúde do consumidor.

Com as verificações *in loco* e através do questionário *on-line* das inadequações na execução do processo de fritura, fez-se necessária a elaboração de um manual de boas práticas de fritura para que todas as cozinhas industriais de empresa sigam a mesma padronização, dentro das possibilidades de cada unidade.



## REFERÊNCIAS

3M™ DO BRASIL. **Monitor de Óleos e Gorduras 3M™**. 2020. Disponível em: <[https://www.3m.com.br/3m/pt\\_BR/3m-dobrasil/busca/?Ntt=monitor+de+%C3%B3leos](https://www.3m.com.br/3m/pt_BR/3m-dobrasil/busca/?Ntt=monitor+de+%C3%B3leos)> Acesso em 06 de Out. 2020.

AOAC. **Official methods of analysis**. Arlington: AOAC International. 16 ed, 1995.

AMARAL, D. A.; FERREIRA, V.F.; SALVADOR, L.I.S.; FERREIRA, C.C. Degradação de óleos e gorduras de fritura de pastelarias da região centro-sul de Belo Horizonte, MG. **HU Revista**. v.39, n.1 e 2, 2013.

ABIOVE. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE OLEOS VEGETAIS. **Estatísticas mensais do complexo soja**, 2020. Disponível em: <<https://abiove.org.br/estatisticas/>> Acesso em 09 jun. 2020.

ABRAS. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SUPERMERCADOS. **Super Hiper**, 2020. Disponível em:<<https://www.abras.com.br/edicoes-anteriores/Main.php?MagNo=258>> Acesso em 10 de abr. 2021.

BANSAL, G. et al. Evaluation of commercially available rapid test kits for the determination of oil quality in deep-frying operations. **Food Chemistry**. v. 121. p. 621 - 626, 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Óleos e gorduras utilizados em frituras. **Informe Técnico**, n. 11, 5 out. 2004.

BRASIL. Resolução RDC nº 270, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 23 set. 2005.

BRASIL. Resolução RDC nº216, de 15 de setembro de 2004. Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 16 set. 2004.

BRASIL. Ministério da agricultura pecuária e abastecimento. Instrução normativa nº 06 de 15 de fevereiro de 2001. Aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade Paleta Cozida, Produtos Carneos Salgados, Empanados, Presunto tipo Serrano e Prato Elaborado Pronto ou Semi-Pronto Contendo Produtos de Origem Animal. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 15 fev. 2001.

BROCK, J. et al. Determinação experimental da viscosidade e condutividade térmica de óleos vegetais. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 28, n. 3, p.564-570, 2008.

BOBBIO, P. A. **Química do processamento de alimentos**. In: \_\_\_\_\_. Lipídeos 3. ed. São Paulo: Varela, 2001. p.33-41.

CAMILO, V.M.A. et al. Avaliação da qualidade de óleos e gorduras de fritura em bares, restaurantes e lanchonetes. **Rev Inst Adolfo Lutz**. v.69, n.1, p.91-98, 2010.

CELLA, R.C.F.; REGITANO-D'ARCE, M.A.; SPOTO, M.H.F. Comportamento do óleo de soja refinado utilizado em fritura por imersão com alimentos de origem vegetal. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.22, n.2, p.111-116, 2002.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L. **Lipídeos**. In: \_\_\_\_\_. Química de alimentos de FENNEMA. 5º ed. Porto Alegre: Artmed, 2019.

DEL RÉ, P.V.; JORGE, N. Comportamento de óleos vegetais em frituras descontínuas de produtos pré-fritos congelados. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.26, n.1, p.56-63, 2006.

DILL, D. D.; SILVA, P. A.; LUVIELMO, M. M. Processamento de empanados: sistemas de cobertura. **Estudos Tecnológicos**. v.5, n.1, 2009.

DOBARGANES, C.; MARQUEZ-RUIZ, G. Possible adverse effects of frying with vegetable oils. **British Journal of Nutrition**. v. 113, p. 49-57, 2015.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Standard for named vegetable oils: CXS-210-1999**, Rev. 5. 2019. 15 p. Disponível em < [http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/shproxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B2101999%252FCXS\\_210e.pdf](http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/shproxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B2101999%252FCXS_210e.pdf) > Acesso em 09 de jun. 2020.

FELLOWS, P.J. **Processamento térmico usando óleo quente**. In: \_\_\_\_\_. Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática 4. ed. – Porto Alegre: Artmed, 2019. p. 635-653.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Safra Mundial de Soja 2019/20 – 12º levantamento da USDA, 2020**. Disponível em < <https://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-soja/> > Acesso em 08 de mai. de 2020.

FREIRE, P.C.M.; MANCINI-FILHO, J.; FERREIRA, T.A.P.C. Principais alterações físico-químicas em óleos e gorduras submetidos ao processo de fritura por imersão: regulamentação e efeitos na saúde. **Rev. Nutr.** p. 353-368, maio/jun., 2013.

GARCIA, E. L. et al. Potencialidade de processamento industrial de cultivares de batata. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 45, n.10, p. 1742-1747, out. 2015.

GAVA, A.J. Microbiologia de Alimentos. In: \_\_\_\_\_. **Tecnologia de Alimentos**. São Paulo: Nobel, 2008. p. 81-120.

GNANN TRANQUILLO, P.C.; CALIL, R.M.; CALIL, E.M.B.; MOMESSO, A.P. Monitoramento da qualidade do óleo de fritura em barracas de feiras livres no município de São Caetano do Sul, SP. **Atas de Saúde Ambiental – ASA**. v.3, n.2, p. 80-87, ago. 2015.

HWANG, H. S. et al. Investigation of polymers and alcohols produced in oxidized soybean oil at frying temperatures. **Food Chemistry**. v.317, jul. 2020.

- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Óleos e Gorduras. In: \_\_\_\_\_. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. p. 589-625.
- 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.; JANIERI, C. Avaliação do óleo de soja submetido ao processo de fritura de alimentos diversos. **Ciênc. Agrotec.** v. 29, n. 5, p. 1001-1007, set./out., 2005.
- 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.**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 635-641, maio/jun., 2005.
- KHALED, A. Y., AZIZ, S. A., ROKHANI, F.Z. Capacitive sensor probe to assess frying oil degradation. **Information Processing in Agriculture**. n. 2, p. 142-148, jul., 2015.
- KITA A., GRAZYNA L., MALGORZATA P. The influence of frying medium degradation on fat uptake and texture of French fries. **J Sci Food Agric.**, v. 85, p. 1113-1118, 2005.
- KOBORI, C.N.; JORGE, N. Caracterização dos óleos de algumas sementes de frutas como aproveitamento de resíduos industriais. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 29, n. 5, p. 1008-1014, set./out., 2005.
- LI, P. et al. Effect of multistage process on the quality, water and oil distribution and microstructure of French fries. **Food Research International**. Wuxi, v. 137, p. 190-229, mai., 2020.
- LIBERTY, J. T.; DEHGHANNYA, J.; NGADI, M. O. Effective strategies for reduction of oil content in deep-fat fried foods: A review. J.T. **Trends in Food Science & Technology**. v. 92, p. 172-183, jul., 2019.
- LUKMAN, I., HUDA, N., ISMAIL N. Physicochemical and sensory properties of commercial chicken nuggets. **As. J. Food Ag-Ind.** v. 2, n. 2, p. 171-180, jan., 2009.
- MACHADO, T.L.S. et al. Avaliação da qualidade de óleos de fritura utilizados em restaurante universitário. **Revista Ciência em Extensão**. v.10, n.3, p.163-172, 2014.
- MANDARINO, J.M.G. **Tecnologia para produção do óleo de soja: descrição das etapas, equipamentos, produtos e subprodutos**. 2ed Londrina: Embrapa Soja, 2015.
- MANDARINO, J.M.G.; ROESSING, A. C.; BENASSI, V. T. Óleos alimentos funcionais. In: \_\_\_\_\_. **Óleo de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. p. 91.
- MARQUES, E.C.; MARQUES, R.C. Controle da qualidade de óleos para fritura em serviços de alimentação. **Higiene Alimentar**. v. 31, p. 55-59, 2017.
- 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. **Com. Ciências Saúde**. v.19, n.2, p.115-122, 2008.

MORAES, I. V. M. Processamento de batata. **Dossiê Técnico**. 2007.

MORO, M. F. et al. Avaliação das boas práticas de fabricação em uma panificadora: Um estudo de caso. **RevistaEspacios**. v.36. n. 09. p.14, 2015.

NAVEENA, B.M. et al. Effect of different cooking methods on lipid oxidation and microbial quality of vacuum-packaged emulsion products from chicken. **Journal of Food Processing and Preservation**. n.38, p.39-47, 2012.

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 10 de nov. 2019.

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 ritura estão sendo atendidas? **Alim. Nutr.**, Araraquara v.21, n.1, p. 47-55, jan. /mar. 2010.

OSAWA, C.C. et al. Study of the effectiveness of quick tests based on physical properties for the evaluation of used frying oil. **Food Control**., v. 26, n.2, p. 525-530, jan. 2012.

PARANÁ. Lei nº19260. Dispõe sobre medidas de coleta e de reciclagem de óleos de origem vegetal e animal de uso culinário e seus resíduos em todo o Estado do Paraná. **Diário Oficial nº 10082**, Paraná, PR, 6 dez. 2017.

PAREDE, J.; MOLENA, L. A.; GUERREIRO, L. M.M. Batata. HF Brasil, 2020. Disponível em: <https://www.hfbrasil.org.br/br/revista/acessar/completo/anuario-2019-2020-retrospectiva-2019-perspectivas-2020-dos-hf-s.aspx> Acesso em 25 de out. 2020.

PEREIRA, A.F.S. et al. Conscientização e educação na escola pública: o descarte indevido do óleo e seus efeitos no meio ambiente. **Revbea**. São Paulo, v. 9, n. 1, p.102-115, jul. 2014.

PEREIRA, A.L.S. et al. Spray-Drying of Probiotic Cashew Apple Juice. **Food Bioprocess Technol**. New York, dec. 2013.

RAHIMI, J. et al. Oil spots and moisture pocket re-distributions between crust and core regions of potato strips during post-frying holding. **Food Structure**., v. 11, p. 1-7, dec. 2016.

RAMALHO, H.F.; SUAREZ, P.A.Z. A Química dos Óleos e Gorduras e seus Processos de Extração e Refino. **Rev. Virtual Quim**. Brasília, p.2-15, 2013.

RAMÍREZ, B.D.G.; GALÁN, J.P.M.; ZULETA, L.MC. Composición de ácidos grasos en algunos alimentos fritos y aceites de fritura y factores relacionados, en un sector universitario de Medellín – Colombia. **Perspectivas en Nutrición Humana**., Medellín v.16, n. 2, 2015.

REDA, S. Y.; CARNEIRO, P. I. B. Óleos e gorduras: aplicações e implicações. **Revista Analytica**. Rio Grande do Sul, v. 1, n. 27, p.60-67. fev/mar. 2007.

REGINATO-D'ARCE, M.A.B. Deterioração de lipídeos – Ranço. In: OETTERER, M.; REGINATO-D'ARCE, M.A.B; SPOTO, M.H.F. **Fundamentos de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. São Paulo: Manole, 2006. p. 243-295.

RIBEIRO, E.P.; SERAVALLI, E.A.G. **Química de Alimentos**. In: \_\_\_\_ Lipídeos 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2007. p. 111 – 143.

RIOS, H.C.S.; PEREIRA, I.R.O.; ABREU, E.S. Avaliação da oxidação de óleos, gorduras e azeites comestíveis em processo de fritura. **Revista Ciência & Saúde**, Porto Alegre, v. 6, n. 2, p. 118-126, mai./ago. 2013.

SAHASRABUDHEA, N. S.; STATON, J.A.; FARKAS, B. E. Effect of frying oil degradation on surface tension and wettability. **Food Science and Technology**, v.99, p. 519–524, 2019.

SÁNCHEZ-GIMENO, A.C. et al. Some physical changes in Bajo Aragón extra virgin olive oil during the frying process. **Food Chemistry**, v.110, p. 654 – 658, 2008.

SANIBAL, E.A.A.; MANCINI-FILHO, J. Alterações físicas, químicas e nutricionais de óleos submetidos ao processo de fritura. **Food Ingredients South America**. p. 48-54, 2002.

SANIBAL, E.A.A.; MANCINI-FILHO, J. Perfil de ácidos graxos trans de óleo e gordura hidrogenada de soja no processo de fritura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. p. 46-63, 2004.

SANTOS, G.M.; BRITO, M.M.; SOUSA, P.V.L.; BARROS, N.V.A. Determinação do índice de acidez em óleos de soja comercializados em supermercados varejistas. **Rev Ciên Saúde**. 2017.

SEIBEL, N.F.; JOSÉ, A.C.S.; SILVÉRIO, B.G. Compostos químicos da soja e seus benefícios. In: \_\_\_\_: SEIBEL, N.F. **Soja: cultivo, benefícios e processa**. Curitiba: CRV, 2018.

SEIBEL, N.F. Óleo de soja. In: \_\_\_\_: SEIBEL, N.F. **Soja: cultivo, benefícios e processa**. Curitiba: CRV, 2018.

SILVA, A. L. et al. Ferrospínélio Ni-Zn como Catalisador na Esterificação de Materiais Graxos de Baixa Qualidade para Produção de Biodiesel. **REMAP**. V. 12, n. 3, p.212-218, 2017.

SILVA, I. B. R. A; FERREIRA, N. Avaliação da qualidade dos óleos de fritura usados em pastelarias de três regiões administrativas do distrito federal (DF). **RBPeCS**. V. 2, n. 2, p. 41-45, 2015.

SKYMSSEN. **Manual de Instruções**. 2020. Disponível em: <<https://www.skymssen.com/manuais/470643.pdf>> Acesso em 05 dez. 2020.

TESTO DO BRASIL. **Testo 270 - Analisador de qualidade do óleo de fritura**. 2020. Disponível em: < <https://www.testo.com/pt-BR/testo-270/p/0563-2750>> Acesso em 10 out. 2020.

TOURÉ, Y. et al. Development of frozen-fried yam slices: Optimization of the processing conditions. *Afr. J. Food Agric. Nutr. Dev.* V.12, n.7, p. 7055-7071, 2012.

TORRES, J.D.; ACEVEDO, D.; MONTERO, P. Efectos de la fritura al vacío en los atributos de calidad de arepa con huevo. **Información tecnológica**. v. 28, n.1, 2017.

TOTANI, N.; YAMAGUCHI, A.; TAKADA, M.; MORIYA, M. Colour deterioration of oil during frying. **Journal of Oleo Science**. V.55, n.2, p.51–57, 2006.

União Brasileira do Biodiesel e Bioquerosene (Ubrabio). **Dados consolidados do setor de Petróleo, Gás natural e Biocombustível 2019**. Acesso em:< <https://ubrablo.com.br/2020/07/01/publicados-dados-consolidados-do-setor-de-petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis-em-2019/>> 05 dez. 2020.

VERGANA, P.; WALLY, A.P.; PESTANA, V.R.; BASTOS, C.; ZAMBIAZI, R.C. Estudo do comportamento de óleo de soja e de arroz reutilizados em frituras sucessivas de batata. **B. Ceppa**. v.24, n.1, p.207-220, 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. **Alim. Nutr.**, Araraquara, v. 23, n. 3, p. 499-505, jul./set. 2012.

YANG, D. et al. Comparative analysis of the oil absorption behavior and microstructural changes of fresh and pre-frozen potato strips during frying via MRI, SEM and XRD. **Food Research International**. N. 122, p.295-302, 2019.

ZHANG, Y. et al. The description of oil absorption behavior of potato chips during the frying. **LWT - Food Science and Technology**. Wuxi, v. 96, p. 119-126, abr., 2018.

ZUCATTO, L. C.; WELLE, I.; SILVA, T. N. Cadeia reversa do óleo de cozinha: coordenação, estrutura e aspectos relacionais. **RAE**. São Paulo. v. 53., p.442-453, set. out., 2013.

**APÊNDICE A – Questionário****Questionário - Avaliação da utilização de óleo no processo de fritura em cozinhas industriais**

- 1.Nome:
- 2.Qual o nome da sua unidade:
- 3.Quantidade de refeições/ dia:
- 4.Qual modelo/ marca da fritadeira?
- 5.Qual a capacidade em Litros da fritadeira?
- 6.Com qual frequência é realizada fritura em sua unidade?  
( ) diária ( )semanal ( )quinzenal ( )mensal
- 7.Cite os alimentos com maior frequência de fritura?
- 8.Qual é a temperatura do óleo utilizada nas frituras? Existe o controle de temperatura?
- 9.Durante a fritura é feita adição de óleo novo? Qual é o volume?
- 10.É possível reutilizar o óleo após uma fritura? Se sim, Quantas vezes? E para quais produtos?
- 11.Se o óleo for reutilizado, onde e como ele é armazenado? Tem contato com o ar?
- 12.Quais as características do óleo que são observadas para realizar o descarte?
- 13.Qual é a frequência de troca de óleo?
- 14.Qual é a destinação final deste óleo?
- 15.Você possui coletor de óleo em sua unidade?
- 16.Comente sobre os impactos do direcionamento incorreto de óleo para o meio ambiente.

**APÊNDICE B – Proposta de planilha para monitoramento da temperatura de óleo de fritura em unidades de cozinhas industriais**

<b>MONITORAMENTO DA TEMPERATURA DO ÓLEO DE FRITURA</b>											
MÊS/ANO:			UN:				EQUIPAMENTO:				
DIA	Monitoramento 1° Turno		Monitoramento 2° Turno		Monitoramento 3° Turno		Monitoramento Extra		ANÁLISE DA GERENTE		
	TEMP.	RESP.	TEMP.	RESP.	TEMP.	RESP.	TEMP.	RESP.	C	NC	CONFERÊNCIA
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											
26											
27											
28											
29											
30											
31											
Temperatura limite do óleo de fritura 180°C											
<b>Observações:</b>											



**APÊNDICE C****MANUAL DE BOAS PRÁTICAS DE  
FRITURA**

## SUMÁRIO

<b>1 Apresentação .....</b>	<b>1</b>
<b>2 Responsabilidades.....</b>	<b>2</b>
<b>3 Processo de Fritura.....</b>	<b>3</b>
3.1 Fritura .....	4
3.1.1 Tipos de Fritura .....	5
3.1.2 Temperatura Máxima e alterações no óleo de fritura.....	6
3.1.3 Mudanças sensoriais nos alimentos.....	7
3.2 Características importantes na qualidade durante a fritura de alimentos.....	8
3.3 Equipamentos de Fritura.....	9
3.4 Utilização de EPI – Equipamento de Proteção Individual.....	10
3.5 Características de descarte óleo de fritura.....	11
3.6 Destinação final óleo residual.....	11
Apêndice A - Processo de fritura – Resumo das Boas Práticas.....	12
<b>Referências.....</b>	<b>13</b>

## 1. APRESENTAÇÃO

### 1.1 OBJETIVO:

Este manual tem como objetivo estabelecer normas e procedimentos de Boas Práticas de Fritura a serem seguidas de modo a garantir a obtenção de um alimento frito totalmente seguro e padronizado com as características de sabor e textura desejadas.

O conteúdo deste manual abrange um conjunto de ações e medidas necessárias que possibilitam minimizar as alterações que ocorrem no óleo de fritura e aumentar a sua vida útil.

As Boas Práticas de Fritura envolvem desde o recebimento de matéria prima até a produção e distribuição para consumo do produto acabado. Assim, é de suma importância que todos aqueles que direta ou indiretamente participam do processo conheçam, entendam e cumpram as normas aqui descritas para garantir a qualidade e conformidade dos produtos estabelecidos pela legislação sanitária vigente (RDC 216/2004).

Ao final do manual os procedimentos básicos de boas práticas de fritura são apresentados de forma resumida (Apêndice A).

### 1.2 APLICAÇÃO

Este documento aplica-se para o processo de fritura da empresa.

### 1.3 DEFINIÇÕES, SÍMBOLOS E ABREVIATURAS:

**Boas Práticas de Fabricação (BPF):** Procedimentos que devem ser adotados por serviços de alimentação a fim de garantir a qualidade higiênico-sanitária e a conformidade dos alimentos com a legislação sanitária.

**Higiene:** A higiene é um requisito básico e fundamental para obtenção de um alimento seguro e de boa qualidade.

**Manipuladores de alimentos:** qualquer pessoa do serviço de alimentação que entra em contato direto ou indireto com o alimento.

**EPI (Equipamento de Proteção Individual):** todo dispositivo de uso individual de fabricação nacional ou estrangeira destinada a proteger a saúde e a integridade física dos colaboradores.

**2. RESPONSABILIDADES:**

É responsabilidade de todos os gerentes de restaurante e manipuladores seguir as boas práticas de fritura descritas neste manual.

## Óleo de Soja

O óleo de soja é um produto refinado obtido dos grãos da espécie *Glycine max* (L) Merrill, por meio de processos tecnológicos adequados. Possui coloração levemente amarelada, límpida, com odor e sabor suave característico do produto. Constituído principalmente por triglicerídeos de ácidos graxos.

O armazenamento deve ser em ambiente limpo, seco, arejado e livre de pragas, protegido do calor e da luz intensa.



### 3.1 Processo de Fritura

Entende-se por fritura o procedimento no qual o alimento entra em contato com óleo ou gordura em alta temperatura (180°C), este processo traz algumas alterações desejadas nas características do alimento como cor, textura e sabor.

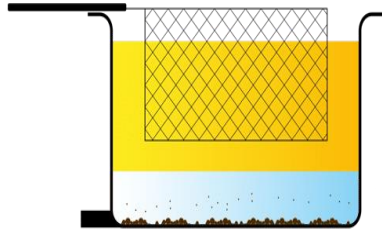
#### 3.1.1 Tipos de Fritura

Pode-se classificar a fritura em dois tipos: fritura por contato ou por imersão:

- Na fritura por contato o calor é transferido para o alimento principalmente por condução da superfície quente do equipamento (panela, frigideira e chapa), através de uma fina camada de óleo. É indicado para alimentos com grandes superfícies de contato, como fatias ou alimentos finos, como panquecas, crepes ou hambúrgueres.

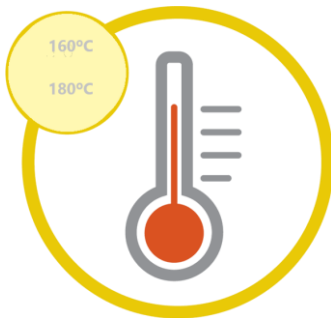


- No método por imersão a transferência de calor acontece por convecção e condução para dentro do alimento pelo movimento, por todos os lados do alimento já que o óleo é líquido. Portanto, esse tipo de fritura é mais regular e indicado para alimentos de todas as formas.



A taxa de transferência de calor é bem alta, em função do vapor d'água que sai do alimento. Esse vapor forma uma camada protetora ao redor e isso pode fazer com que queime a parte de fora enquanto a de dentro continue crua ou fria.

O tratamento térmico deve garantir que todas as partes do alimento atinjam a temperatura de, no mínimo, 70°C (setenta graus Celsius). Temperaturas inferiores podem ser utilizadas no tratamento térmico desde que as combinações de tempo e temperatura sejam suficientes para assegurar a qualidade higiênico-sanitária dos alimentos.



A eficácia do tratamento térmico deve ser avaliada pela verificação da temperatura e do tempo utilizados e, quando aplicável, pelas mudanças na textura, coloração superficial dourada e cor característica de alimento cozido na parte central do alimento.

### 3.1.2 Temperatura máxima e alterações no óleo de fritura por imersão

Os óleos e gorduras utilizados devem ser aquecidos a temperaturas não superiores a 180°C. Este limite é recomendado pela legislação RDC 216/2004. Temperaturas superiores a 180°C fazem com que o óleo perca a qualidade mais rapidamente.

Durante o processo de fritura por imersão, os óleos são continuamente expostos à ação de vários fatores que levam a uma grande diversidade de reações químicas, tais como: hidrólise, oxidação e polimerização da molécula.



O tipo de alimento com sua umidade inicial e tamanho tem relação com o tempo de fritura e à incorporação de óleo no produto final. A umidade é a causa da alteração hidrolítica. Os alimentos que retêm umidade no interior são fritos até que seu centro tenha recebido calor suficiente para destruir os micro-organismos contaminantes e alteração das propriedades sensoriais.

Após a utilização da fritadeira a tampa deve ser colocada para que o óleo não fique exposto ao ar e diminua o tempo de utilização.

Temperaturas excessivamente altas acima de 180°C, degradam o óleo rapidamente e provocam a emissão de fumaça.

O ponto de fumaça é a faixa de temperatura em que se inicia a decomposição por ação do calor através da desidratação de compostos químicos. Ainda forma uma névoa azul acima do óleo que é uma fonte de poluição atmosférica. Como produto desta reação ocorre a produção de acroleína, entre os principais riscos à saúde envolvidos no consumo dessas substâncias, pode-se citar a pré-disposição a doenças coronarianas, obesidade e à ação mutagênica ou carcinogênica.



Lembrando que o aspecto da fumaça é diferente do vapor naturalmente liberado. A fritura de alimentos que contêm ovo na sua preparação pode contribuir para a rápida formação de espuma, pela solubilização da lecitina.

Além do ponto de fumaça, ocorrem outras mudanças físicas no óleo de fritura, como formação de espuma, aumento da viscosidade e escurecimento. A formação de espuma e o aumento da viscosidade estão relacionados com a presença de compostos resultantes da oxidação do óleo ou da gordura, e o escurecimento é atribuído à presença de compostos não polares provenientes dos alimentos que são solubilizados no óleo da fritura.

### 3.1.3 Mudanças sensoriais nos alimentos fritos

As altas temperaturas e os tempos de processamento curtos usados na fritura têm o objetivo de mudar as propriedades sensoriais do alimento e destruir as enzimas naturais e quaisquer microrganismos contaminantes.

A incorporação de óleo, porém, está mais relacionada a mudanças na microestrutura durante a fritura, como enrugamento da superfície, porosidade e distribuição de poros.

A fritura produz mudanças físico-químicas nos principais componentes do alimento (proteínas, gorduras e carboidratos poliméricos). A cor superficial marrom dourada dos alimentos fritos é formada pelas reações de Maillard. O desenvolvimento de cor durante a fritura segue a velocidade de uma reação e aumenta à medida que o tempo de fritura e/ou a temperatura aumentam.

As características do alimento frito afetam a composição do óleo utilizado no processo. Quando os alimentos são empanados ou de origem animal (frango, peixe), partículas da superfície podem se desprender para o óleo e serem queimadas, intensificando o seu escurecimento e conferindo sabores e aromas desagradáveis, além de acelerar a degradação do óleo. Detritos, cristais de gelo, líquidos em geral e pequenas partículas de alimentos podem cair no óleo e permanecer no óleo quente mesmo após a remoção do cesto do óleo, é importante não virar o pacote com os produtos diretamente no cesto sob a fritadeira.

Mudanças micro estruturais produzem a crocância desejada dos alimentos fritos, sejam eles produtos completamente secos, como salgadinhos, ou na crosta externa crocante e seca que cobre um centro cozido com maciez interna.

Com o processo de filtração remove-se as partículas de alimentos, evitando crostas na fritadeira de modo a mantê-la sem sedimentos. A presença e acumulação de sedimentos podem levar à formação de produtos de degradação das gorduras indesejáveis e ao escurecimento dos alimentos.





### 3.2 Características importantes de qualidade durante a fritura de alimentos

O tipo da fritadeira deve fornecer a carga de calor necessária para cozinhar adequadamente o produto em quantidade adequada. Se uma fritadeira for operada fora da sua capacidade, pode alterar o perfil de temperatura e levar a uma carga de calor excessiva, podendo gerar um produto sem qualidade ou causar um aumento de estresse oxidativo e redução na vida útil do produto.

O tempo de fritura depende do tipo e da espessura do alimento, da temperatura do óleo e do método de fritura (superficial ou por imersão). A combinação de tempo/temperatura da fritura para um alimento particular é determinada pelas mudanças desejadas na qualidade sensorial e pela necessidade do centro térmico receber calor suficiente para destruir os microrganismos contaminantes.

A temperatura usada para a fritura também é determinada por aspectos econômicos: temperaturas mais altas reduzem os tempos de processamento e aumentam as taxas de produção, mas também causam aceleração na deterioração do óleo. Isso aumenta a frequência da troca de óleo, elevando, assim, os custos. A fritura vigorosa dos alimentos em altas temperaturas também causa perda de óleo pela formação de partículas finíssimas suspensas.

Ao adicionar os alimentos no óleo em alta temperatura (180°C), a porção deve ser pesada e o tempo de fritura por porção deve ser controlada com auxílio de um timer, com objetivo de padronizar os alimentos fritos.

Se durante o processo de fritura for necessário realizar algumas pausas no processo, porém tendo que manter o equipamento ligado para uso iminente, a mesma deve estar parcialmente tampada, assim se evita o contato do óleo quente com o oxigênio do ar, pois o óleo muito quente absorve o oxigênio do ar em maior quantidade promovendo sua oxidação.

**Não adicionar os alimentos direto da embalagem na fritadeira!**

Dessa forma o excesso de água e gelo não irão cair direto no óleo quente.

Algumas ações importantes devem ser realizadas antes de colocar o alimento na fritura, como:

- Remover o excesso de água escorrendo o máximo possível da água do alimento;
- Retirar os cristais de gelo da superfície do alimento;
- Remover o excesso de farinha utilizada para empanar.



### 3.3 Equipamentos de fritura

Alguns aspectos que devem ser observados nos equipamentos para fritura de alimentos:

- Tamanho adequado da fritadeira para a quantidade de alimento que será frito. Fritadeiras muito grandes requerem muita quantidade de óleo que deve ser mantido aquecido, por outro lado, uma fritadeira muito pequena cria uma sobrecarga que pode resultar em alimentos fritos não uniformes, necessidade de tempo excessivo de fritura e maiores gastos com aquecimento.

As características de uma boa fritadeira são:

- Construção em aço inox.
- Sem utensílios de cobre.
- Controle de temperatura (termostato).
- Facilidade de limpeza.
- Equipamentos auxiliares que facilitam o processo: levantamento automático das cestas, sistema de bombas para filtragem de resíduos, sistema para remoção de material que fica flutuando no óleo.

As instruções de uso dos equipamentos devem ser fornecidas pelos fabricantes, mas para qualquer tipo de equipamento deve-se observar algumas regras:

- Nunca ligar fritadeira sem óleo.
- Usar nível correto de óleo.
- Limpar a fritadeira regularmente.
- Não deixar água na fritadeira depois da limpeza.

Realizar o processo de higienização após a utilização ou semanalmente, seguir as instruções:

- Desligar o equipamento elétrico da tomada.

- Caso haja a formação de crostas, faça a remoção com uma espátula de plástico, o que evita estragar o equipamento. Observe com atenção os cantos, a fim de eliminar qualquer resíduo retido ali.
- Esfregue bem com esponja macia, água e detergente, sem fazer força, para não danificar a peça.
- Em seguida, utilize uma escova para remover qualquer resíduo e enxágue bem.
- Higienizar a parte interna e externa com água e sabão utilizando o lado macio da esponja.
  - Enxaguar com água corrente a parte interna do equipamento.
  - Borrifar com álcool 70% friccionando a superfície.

### 3.4 Utilização de EPI – Equipamento de Proteção Individual

Conforme a Norma Regulamentadora NR 06 considera-se EPI, Equipamento de Proteção Individual, todo dispositivo ou produto, de uso individual utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho.

A utilização e a escolha dos Equipamentos de Proteção Individual são fundamentais para minimizar a exposição dos trabalhadores aos riscos de acidentes durante o trabalho, sendo que muitas das atividades desenvolvidas em indústrias alimentares e serviços de alimentação são consideradas de alta intensidade em termos de esforço físico repetido, podendo ocasionar prejuízos à condição física e ou postural dos colaboradores.

De acordo com a legislação brasileira, "acidente de trabalho é aquele que ocorre durante o exercício do trabalho a serviço da empresa ou pelo exercício do trabalho dos segurados, provocando lesão corporal ou perturbação funcional, que cause a morte, a perda ou a redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho".

As queimaduras configuram o principal risco dentro dos acidentes de trabalho em cozinhas industriais. Ou pelo menos, é o primeiro a ser lembrado. Seja pelo contato direto com o óleo quente, panelas ou fornos, este risco é iminente e pode trazer diversos danos à saúde dos trabalhadores. Não há como eliminar esta situação, é necessário controlá-la. Para isso, é necessário fornecer os EPIs e manter os funcionários sempre bem orientados e treinados quanto aos procedimentos:

### 1. Quadro de descrição de EPI's e atividades relacionadas

Avental térmico/anti-chama	Usar a beira de fogão durante atividade de cocção, Colocar alimento no interior do forno, Ao levantar panelas pesadas, Preparo de Frituras.
Óculos de segurança	Usar durante uso de produtos químicos, higienização de forno, Preparo de Frituras.
Mangote	Cocção em caldeirões, Preparo de Frituras e Grill.
Sapato de segurança	Utilização nas atividades da cozinha função aderente, prevenindo que os profissionais escorreguem no ambiente de trabalho.

### 3.5 Características de descarte do óleo de fritura

O óleo deve ser descartado quando se observar formação de espuma e fumaça durante a fritura, escurecimento intenso da coloração do óleo e do alimento e percepção de odor e sabor não característicos.

A alteração de cor, presença de fumaça em temperaturas de fritura, formação de espuma e alterações do aroma e do sabor são pontos de atenção o óleo de fritura deve ser monitorado.

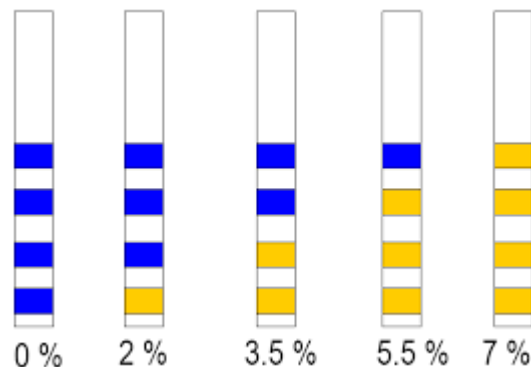
Assim, o Monitor de Óleos e Gorduras 3M™ é um excelente aliado dos restaurantes, para que tenham um gerenciamento do uso dos óleos e gorduras de fritura de maneira inteligente. Através das fitas de papel que se alteram a coloração de azul para amarelo de acordo com as alterações do ácido graxo livre no óleo de fritura.

Segundo as instruções do fabricante deve ser realizada a imersão da fita na gordura em temperatura de uso por 20 segundos, e as cores significam:

- 2%, o óleo está começando a degradar.
- 3,5%, o óleo ainda pode ser utilizado para alimentos mais resistentes, como os empanados.

- 5,5%, o óleo deve ser descartado se a qualidade (cor, sabor e textura) dos alimentos, como frango e peixe empanado não for aceitável.
- 7%, recomenda-se o descarte do óleo ou gordura de todos os produtos alimentícios

**Figura 1 - Monitor de óleos e gorduras 3M™**



Fonte: 3M™ DO BRASIL (2020)

Deve-se constantemente observar e monitorar o óleo, além de adotar algumas práticas que permitam ao restaurante o uso de um óleo de qualidade, por mais tempo. Algumas dicas são:

- Para diminuir a velocidade da reação de oxidação, deixe o óleo exposto ao ar o mínimo possível.
- Cubra a fritadeira sempre que possível, e mantenha a temperatura da mesma corretamente regulada.
- Para diminuir a velocidade da hidrólise, remova o máximo possível de gelo dos alimentos congelados, para que tenha menor transferência de água para o óleo.
- Para diminuir a velocidade da polimerização, adicione o alimento em uma cesta ou peneira, fora da fritadeira para retirar excesso de partículas soltas de alimentos que possam contaminar o óleo.
- Realize a filtração do óleo frequentemente.

### 3.6 Destinação final do óleo residual

Após utilização do equipamento de fritura (tacho ou fritadeira) e detectar as características de descarte, aferir com auxílio de um termômetro para verificar a

temperatura do óleo antes de retirar da fritadeira. Coloque o óleo usado em um recipiente com tampa, geralmente esses recipientes são entregues pelas empresas que realizam a coleta do óleo usado.

A destinação final dos resíduos oriundos da utilização de óleos e de gorduras de origem vegetal ou animal de uso culinário deverá ser de forma ambientalmente adequada, em locais devidamente licenciados, ficando proibido o lançamento:

- I. em pias, ralos, ou canalização que levem ao sistema de esgotos públicos;
- II. em guias e sarjetas, bocas de lobo, bueiros ou canalizações que levem ao sistema de drenagem de águas pluviais; ou
- III. em córregos, rios, nascentes, lagos e lagoas.

A preservação do meio ambiente é uma preocupação constante da empresa. Atuar de maneira responsável e manter a saúde do planeta são desafios diários para a companhia. A empresa acredita que ações simples, contínuas e imediatas podem preservar os recursos naturais disponíveis e minimizar os impactos causados ao meio ambiente.

O óleo gerado pelas cozinhas industriais deve ser destinado a instituições licenciadas e especializadas em realizar a destinação adequada do óleo residual. Com este programa, além da preservação do meio ambiente, a empresa obtém recursos que são direcionados ao financiamento de ações socioambientais.



Com as informações disponibilizadas neste manual de boas práticas de fritura é possível oferecer alimentos mais saudáveis, com a utilização do óleo dentro das condições adequadas e descartar estes resíduos apenas quando não estiver apto para o consumo de forma a não causar prejuízos financeiros e ambientais.

## REFERÊNCIAS

3M™ DO BRASIL. **Monitor de Óleos e Gorduras 3M™**. 2020. Disponível em: <[https://www.3M.com.br/3M/pt\\_BR/3M-dobrasil/busca/?Ntt=monitor+de+%C3%B3leos](https://www.3M.com.br/3M/pt_BR/3M-dobrasil/busca/?Ntt=monitor+de+%C3%B3leos)> Acesso em 06 de Out. 2020.

BRASIL. Resolução RDC nº216, de 15 de setembro de 2004. Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 16 set. 2004.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Óleos e gorduras utilizados em frituras. **Informe Técnico**, n. 11, 5 out. 2004.

FELLOWS, P.J. **Processamento térmico usando óleo quente**. In: \_\_\_\_\_. Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática 4. ed. – Porto Alegre: Artmed, 2019. p. 635-653.

FREIRE, P.C.M.; MANCINI-FILHO, J.; FERREIRA, T.A.P.C. Principais alterações físico-químicas em óleos e gorduras submetidos ao processo de fritura por imersão: regulamentação e efeitos na saúde. **Rev. Nutr.** p. 353-368, maio/jun., 2013.

NORMA REGULAMENTADORA N°6 (NR-6). Disponível em: <https://sit.trabalho.gov.br/portal/index.php/ctpp-nrs/nr-6?view=default> acesso em 10 de dezembro de 2020.

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?. **Alim. Nutr.**, Araraquara v.21, n.1, p. 47-55, jan. /mar. 2010.

PARANÁ. Lei nº19260. Dispõe sobre medidas de coleta e de reciclagem de óleos de origem vegetal e animal de uso culinário e seus resíduos em todo o Estado do Paraná. **Diário Oficial nº 10082**, Paraná, PR, 6 dez. 2017.

## APÊNDICE A

### Processo de fritura – Resumo das Boas Práticas

- 1º. Colocar os alimentos para fritar quando o óleo estiver a 180°C.
- 2º. Utilizar utensílios de aço inox, pois não contribui com as alterações do óleo de fritura.
- 3º. Medir a temperatura constantemente com auxílio de um termômetro, caso o equipamento não tenha termostato para garantir que o óleo não ultrapasse 180°C.
- 4º. Pesas as porções de alimentos para não sobrecarregar a fritadeira e fazer com que o óleo demore para estabilizar a temperatura ideal de fritura.
- 5º. Utilizar um *timer* para controlar o tempo de fritura e garantir a padronização dos alimentos fritos.
- 6º. Realizar a filtragem do óleo após a utilização para que as partículas dos alimentos diminuam a qualidade do óleo e dos alimentos.
- 7º. Em intervalos de fritura, de mudança de turno ou até a próxima utilização, deve-se manter o equipamento tampado.
- 8º. Realizar a higienização periódica da fritadeira, não permitir sujidades nas paredes do equipamento, pois isso diminui a vida útil do óleo.
- 9º. Abastecer o cesto de fritura em uma bancada e não diretamente sobre o óleo, pois os cristais de gelo e líquidos em excesso, podem cair no óleo, alterar a temperatura e ainda provocar reações de degradação neste óleo.
- 10º. Agitar o cesto de fritura para drenar o óleo do alimento, na sequência colocar em papel absorvente.
- 11º. Armazenar o óleo de fritura em refrigeração ou em local fresco e livre de incidência de luz para prolongar a utilização.
- 12º. Avaliar o tempo de utilização, os produtos fritos neste óleo, a coloração em recipiente transparente e ao final utilizar o monitor de óleos e gorduras para otimizar a utilização do óleo.
- 13º. Descartar os óleos e gorduras apenas no coletor de óleo residual da sua unidade.

**Lembre-se 1L de óleo contamina 20 mil litros de água!**