AUTARQUIA ASSOCIADA À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Avaliação do comportamento reológico e das propriedades sensoriais de molhos comerciais para salada tratados por irradiação

Juliana Maria Altavista Sagretti Gallo

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear - Aplicações

Orientadora:
Profa. Dra. Susy Frey Sabato

São Paulo
2013

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES

Autarquia associada à Universidade de São Paulo

AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO REOLÓGICO E DAS PROPRIEDADES SENSORIAIS DE MOLHOS COMERCIAIS PARA SALADA TRATADOS POR IRRADIAÇÃO

JULIANA MARIA ALTAVISTA SAGRETTI GALLO

Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Mestre de Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Aplicações.

Orientadora: Dra. Susy Frey Sabato

Versão Corrigida

Versão original encontra-se disponível no IPEN

SÃO PAULO

2013

Dedico aos meus pais,

que me mostraram a importância do estudar.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me acompanhado todos os dias e por ter colocado em meu caminho anjos e pessoas muito especiais.

À amiga, Professora Dra. Susy Frey Sabato pela orientação segura, incentivante e paciente. Agradeço especialmente pela confiança depositada e a amizade compartilhada em todos os momentos.

À CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao IPEN e aos seus colaboradores pela atenção prestada, especialmente a Professora Dra. Yasko Kodama pela oportunidade de participar junto à disciplina por ela ministrada do Programa de Aperfeçoamento do Ensino - PAE.

Aos parceiros de pós graduação Thaíse, Fabiana e Vladimir.

A minha grande amiga Adriana, a melhor conquista que esse curso me proporcionou.

A minhas irmãs Roberta e Renata.

Ao meu marido, pelo incetivo, paciência e amor sempre dedicado.

À luz da minha vida, meu filho Tiago.

Muito Obrigada!

AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO REOLÓGICO E DAS PROPRIEDADES SENSORIAIS DE MOLHOS COMERCIAIS PARA SALADA TRATADOS POR IRRADIAÇÃO

Juliana Maria Altavista Sagretti Gallo

RESUMO

Neste trabalho avaliou-se o comportamento reológico dos 11 molhos comerciais para salada, tratados pelo processo de irradiação por raios gama, nas doses: 3 kGy e 5 kGy. Essa avaliação foi realizada por meio de reogramas traçados por medidas de viscosidade e tensão de cisalhamento por taxa de cisalhamento. Parâmetros matemáticos, obtidos destas medidas, também contribuiram para a conclusão do comportamento apresentado e do melhor modelo matemático aplicável a cada molho. As medidas foram realizadas em um viscosímetro de Brookfield modelo LVDV – III. O banho térmico Neslab foi empregado para manter a tempertura ambiente durante toda a análise. Realizou-se o protocolo de estudo em duas fases. Na fase 1, a avaliação ocorreu logo após as amostras terem sido irradiadas, as quais se encontravam próximas a suas datas de fabricação. Na fase 2 as amostras foram reavalidas após um período de armazenamento, próximo a data de expiração de suas validades. Paralelamente realizou-se medida de pH para avaliar sua estabilidade diante dos tratamentos e análises sensoriais, de dois dos onze molhos estudados, a fim de verificar a aceitação desses diante da irradiação. O comportamento pseudoplástico foi confirmado para todos os molhos através do modelo matemático, da lei da potência, que melhor se aplica a este, nas duas fases das análises. A irradiação, nas doses absorvidas estudadas, não influênciou nesse comportamento. Os resultados da análise sensorial indicaram boa aceitação dos molhos irradiados, pelos provadores.

EVALUATION OF RHEOLOGICAL BEHAVIOR AND SENSORY PROPERTIES OF READY TO EAT SALAD DRESSINGS SUBMITTED TO IRRADIATION

Juliana Maria Altavista Sagretti Gallo

ABSTRACT

This study evaluated the rheological behavior of 11 salad dressings ready to eat, processed by gamma irradiation, at doses: 3 kGy and 5 kGy. This assessment was made by rheograms traced by measurements of viscosity and shear stress by shear rate. Mathematical parameters obtained from these measures also contributed to the conclusion of the behavior exhibited and for choosing the best mathematical model applicable to them. The measurements were performed on a Brookfield viscometer Model LVDV - III. The Neslab thermal bath was used to maintain ambient temperature during the whole analysis. This study protocol was done in two stages. In step 1, the evaluation was performed soon after the samples have been irradiated when these were close to their dates of manufacture. In phase 2 the samples were reassessed after a period of storage, near the expiration date of their validity. Simultaneously pH measurement was performed to evaluate their stability in the face of treatment and sensory analyzes of two salad dressings were studied, in order to verify the acceptance of these when submitted to irradiation. The shear-thinning behavior was confirmed for all dressings through the mathematical model, the power law, that best model apply to this, in both phases. The irradiation at the absorbed doses studied did not influence this behavior. The results of sensory evaluation indicated good acceptance of irradiated sauces for the tasters.

SUMÁRIO

Página

1. INTRODUÇÃO *13*

1.1. Objetivo *15*

2. REVISAO BIBLIOGRÁFICA *16*

2.1. Definição de molho *16*

2.2. Origem dos molhos *16*

2.3. Características dos molhos para salada *17*

2.3.1. Propriedades físico-químicas (pH) dos molhos para salada *18*

2.4. Propriedades reológicas *20*

2.4.1. Viscosidade *21*

2.4.2. Caracterização dos fluidos *23*

2.4.2.1. Fluidos Newtonianos *24*

2.4.2.2. Fluidos não-Newtonianos *25*

2.4.2.2.1. Fluidos não-Newtonianos independentes do tempo *25*

2.4.2.2.1.1. Plásticos de Binghman *25*

2.4.2.2.1.2. Pseudoplásticos *25*

2.4.2.2.1.3. Dilatante *27*

2.4.2.2.2. Fluidos não-Newtonianos dependentes do tempo *27*

2.4.2.2.3. Fluidos viscoelásticos *28*

2.4.3. Modelos matemáticos *28*

2.4.4. Reologia dos molhos para salada *30*

2.5. Emulsão *31*

2.5.1. Emulsificantes *31*

2.6. Radiação *33*

2.6.1. Irradiação na indústria *34*

2.6.2. Vantagens do processo de irradiação por raios gama *34*

2.6.3. Irradiação em molhos *36*

2.7. Análise Sensorial *37*

3. MATERIAIS E MÉTODOS *39*

3.1. Materiais *39*

3.1.1. Acondicionamento *42*

3.2. Irradiação *42*

3.3. Análise de pH - Fase 1 ..... *43*

3.4. Análises reológicas - Fase 1 ..... *43*
3.4.1. Tensão de cisalhamento em função da taxa de cisalhamento *45*
3.4.2. Viscosidade em função da taxa de cisalhamento *45*
3.4.3. Parâmetros Reológicos *45*
3.5. Analise de pH – Fase 2 ..... *45*
3.6. Análises reológicas – Fase 2 ..... *45*
3.6.1. Tensão de cisalhamento em função da taxa de cisalhamento *46*
3.6.2. Viscosidade em função da taxa de cisalhamento *46*
3.6.3. Parâmetros Reológicos *46*
3.7. Análise Sensorial *46*
3.8. Tratamento de dados *47*
4. RESULTADOS *48*
4.1. Análise de pH – Fase 1 ..... *48*
4.2. Análises Reológicas – Fase 1 ..... *48*
4.2.1. Tensão de cisalhamento em função da taxa de cisalhamento *48*
4.2.2. Viscosidade em função da taxa de cisalhamento *54*
4.2.3. Parâmetros Reológicos – Fase 1 ..... *61*
4.3. Análise de pH – Fase 2 ..... *63*
4.4. Análises Reológicas – Fase 2 ..... *63*
4.4.1. Tensão de cisalhamento em função da taxa de cisalhamento *63*
4.4.2. Viscosidade em função da taxa de cisalhamento *69*
4.4.3. Parâmetros Reológicos – Fase 2 ..... *75*
4.5. Análise sensorial *77*
5. DISCUSSÃO *78*
5.1. Análise de pH *78*
5.2. Tensão de cisalhamento em função da taxa de cisalhamento *79*
5.3. Viscosidade em função da taxa de cisalhamento *82*
5.4. Parâmetros Reológicos *84*
5.5. Análise Sensorial *86*
6. CONCLUSÕES *87*
ANEXO A – Ficha de avaliação sensorial – Escala hedônica de nove pontos - Teste de aceitação *88*
ANEXO B – Instruções para provadores em avaliação sensorial *89*
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS *90*

LISTA DE TABELAS

Página

TABELA 1 – Conteúdo típico de óleo em molhos e coberturas *17*

TABELA 2 – Equação constitutiva para alguns modelos reológicos e seus parâmetros τ_0, k e n *29*

TABELA 3 – Composição dos 11 molhos comerciais para salada *40*

TABELA 4 – Médias de valores de pH para molhos comerciais para salada irradiados e controle na fase 1 ..... *48*

TABELA 5 – Parâmetros Power Law dos molhos comerciais para salada irradiados e controle na fase 1 ..... *62*

TABELA 6 – Médias de valores de pH para molhos comerciais para salada irradiados e controle na fase 2 ..... *63*

TABELA 7 – Parâmetros Power Law dos molhos comerciais para saladas irradiados e controle na fase 2 ..... *76*

TABELA 8 – Médias obtidas das análises sensoriais dos molhos para salada *77*

LISTA DE FIGURAS

Página

FIGURA 1 – Modelo definido por Isaac Newton *22*

FIGURA 2 - Esquema de classificação dos fluidos segundo comportamento reológico *24*

FIGURA 3 – Representação gráfica de fluidos Newtonianos *24*

FIGURA 4 – Curvas de fluxo para fluidos Newtonianos e não-Newtonianos independentes do tempo *27*

FIGURA 5 – Representação gráfica de fluidos não-Newtonianos dependentes do tempo *28*

FIGURA 6 – Imagem dos 11 molhos comerciais para salada analisados *39*

FIGURA 7 - Irradiador Multipropósito instalado no Centro de Tecnologia das Radiações do IPEN-CNEN/SP *43*

FIGURA 8 – Imagem do viscosímetro de Brookfield, fuso SC4 – 34, copo adaptador acoplado ao sensor térmico e banho térmico utilizados no Laboratório de Análises Físico-Quimicas do IPEN-CNEN/SP *44*

FIGURA 9 – Imagem representativa da apresentação das amostras dos molhos comerciais para saladas durante a análise sensorial *47*

FIGURA 10 – Resultados de Tensão de cisalhamento x Taxa de cisalhamento do Molho Caseiro submetido a diferentes doses de radiação gama *49*

FIGURA 11 – Resultados de Tensão de cisalhamento x Taxa de cisalhamento do Molho de Mostarda e Mel submetido a diferentes doses de radiação gama *49*

FIGURA 12 – Resultados de Tensão de cisalhamento x Taxa de cisalhamento do Molho de Iogurte submetido a diferentes doses de radiação gama *50*

FIGURA 13 – Resultados de Tensão de cisalhamento x Taxa de cisalhamento do Molho Parmesão submetido a diferentes doses de radiação gama *50*

FIGURA 14 – Resultados de Tensão de cisalhamento x Taxa de cisalhamento do Molho Italiano submetido a diferentes doses de radiação gama *51*

FIGURA 15 – Resultados de Tensão de cisalhamento x Taxa de cisalhamento do Molho Oriental submetido a diferentes doses de radiação gama *51*

FIGURA 16 – Resultados de Tensão de cisalhamento x Taxa de cisalhamento do Molho Italiano submetido a diferentes doses de radiação gama *52*

FIGURA 17 – Resultados de Tensão de cisalhamento x Taxa de cisalhamento do Molho de Limão submetido a diferentes doses de radiação gama *52*

FIGURA 18 – Resultados de Tensão de cisalhamento x Taxa de cisalhamento do Molho Mostarda e Mel Light submetido a diferentes doses de radiação gama *53*
FIGURA 19 – Resultados de Tensão de cisalhamento x Taxa de cisalhamento do Molho de Limão submetido a diferentes doses de radiação gama *53*
FIGURA 20 – Resultados de Tensão de cisalhamento x Taxa de cisalhamento do Molho Italiano submetido a diferentes doses de radiação gama *54*
FIGURA 21 – Resultados de Viscosidade x Taxa de cisalhamento do Molho Caseiro submetido a diferentes doses de radiação gama *55*
FIGURA 22 – Resultados de Viscosidade x Taxa de cisalhamento do Molho de Mostarda e Mel submetido a diferentes doses de radiação gama *55*
FIGURA 23 – Resultados de Viscosidade x Taxa de cisalhamento do Molho de Iogurte submetido a diferentes doses de radiação gama *56*
FIGURA 24 – Resultados de Viscosidade x Taxa de cisalhamento do Molho Parmesão submetido a diferentes doses de radiação gama *56*
FIGURA 25 – Resultados de Viscosidade x Taxa de cisalhamento do Molho Italiano submetido a diferentes doses de radiação gama *57*
FIGURA 26 – Resultados de Viscosidade x Taxa de cisalhamento do Molho Oriental submetido a diferentes doses de radiação gama *57*
FIGURA 27 – Resultados de Viscosidade x Taxa de cisalhamento do Molho Italiano submetido a diferentes doses de radiação gama *58*
FIGURA 28 – Resultados de Viscosidade x Taxa de cisalhamento do Molho de Limão submetido a diferentes doses de radiação gama *58*
FIGURA 29 – Resultados de Viscosidade x Taxa de cisalhamento do Molho Mostarda e Mel submetido a diferentes doses de radiação gama *59*
FIGURA 30 – Resultados de Viscosidade x Taxa de cisalhamento do Molho de Limão submetido a diferentes doses de radiação gama *59*
FIGURA 31 – Resultados de Viscosidade x Taxa de cisalhamento do Molho Italiano submetido a diferentes doses de radiação gama *60*
FIGURA 32 – Resultados de Tensão de cisalhamento x Taxa de cisalhamento do Molho Caseiro submetido a diferentes doses de radiação gama *64*

FIGURA 33 – Resultados de Tensão de cisalhamento x Taxa de cisalhamento do Molho de Mostarda e Mel submetido a diferentes doses de radiação gama *64*
FIGURA 34 – Resultados de Tensão de cisalhamento x Taxa de cisalhamento do Molho de Iogurte submetido a diferentes doses de radiação gama *65*
FIGURA 35 – Resultados de Tensão de cisalhamento x Taxa de cisalhamento do Molho Parmesão submetido a diferentes doses de radiação gama *65*
FIGURA 36 – Resultados de Tensão de cisalhamento x Taxa de cisalhamento do Molho Italiano submetido a diferentes doses de radiação gama *66*
FIGURA 37 – Resultados de Tensão de cisalhamento x Taxa de cisalhamento do Molho Oriental submetido a diferentes doses de radiação gama *66*
FIGURA 38 – Resultados de Tensão de cisalhamento x Taxa de cisalhamento do Molho Italiano submetido a diferentes doses de radiação gama *67*
FIGURA 39 – Resultados de Tensão de cisalhamento x Taxa de cisalhamento do Molho de Limão submetido a diferentes doses de radiação gama *67*
FIGURA 40 – Resultados de Tensão de cisalhamento x Taxa de cisalhamento do Molho Mostarda e Mel submetido a diferentes doses de radiação gama *68*
FIGURA 41 – Resultados de Tensão de cisalhamento x Taxa de cisalhamento do Molho de Limão submetido a diferentes doses de radiação gama *68*
FIGURA 42 – Resultados de Tensão de cisalhamento x Taxa de cisalhamento do Molho Italiano submetido a diferentes doses de radiação gama *69*
FIGURA 43 – Resultados de Viscosidade x Taxa de cisalhamento do Molho Caseiro submetido a diferentes doses de radiação gama *70*
FIGURA 44 – Resultados de Viscosidade x Taxa de cisalhamento do Molho de Mostarda e Mel submetido a diferentes doses de radiação gama *70*
FIGURA 45 – Resultados de Viscosidade x Taxa de cisalhamento do Molho de Iogurte submetido a diferentes doses de radiação gama *71*
FIGURA 46 – Resultados de Viscosidade x Taxa de cisalhamento do Molho Parmesão submetido a diferentes doses de radiação gama *71*
FIGURA 47 – Resultados de Viscosidade x Taxa de cisalhamento do Molho Italiano submetido a diferentes doses de radiação gama *72*

FIGURA 48 – Resultados de Viscosidade x Taxa de cisalhamento do Molho Oriental submetido a diferentes doses de radiação gama *72*
FIGURA 49 – Resultados de Viscosidade x Taxa de cisalhamento do Molho Italiano submetido a diferentes doses de radiação gama *73*
FIGURA 50 – Resultados de Viscosidade x Taxa de cisalhamento do Molho de Limão submetido a diferentes doses de radiação gama *73*
FIGURA 51 – Resultados de Viscosidade x Taxa de cisalhamento do Molho de Mostarda e Mel submetido a diferentes doses de radiação gama *74*
FIGURA 52 – Resultados de Viscosidade x Taxa de cisalhamento do Molho de Limão submetido diferentes doses de radiação gama *74*
FIGURA 53 – Resultados de Viscosidade x Taxa de cisalhamento do Molho Italiano submetido a diferentes doses de radiação gama *75*

1. INTRODUÇÃO

Os molhos para salada pertencem a uma categoria ativa no quesito desenvolvimento de produto com mais de 260 novos produtos introduzidos nos EUA em 2003, de acordo com Mintel's Global New Products Database (O'donnell & Stier, 2004).

O consumo desses molhos no Brasil, somente em 2009, aumentou 14,3% segundo dados Nielsen (empresa de pesquisa de mercado mundial). Neste mesmo período, a marca Liza, que representa a linha de produtos para consumo da empresa Cargil registrou um crescimento de 48,9% em seu volume de vendas. Em 2011, este volume nos supermercados cresceu 4,3%; um aumento de 2,723 mil toneladas em 2010 para 2,839 mil toneladas em 2011 (ABRASEL, 2012).

Se por um lado, o acesso aos dados encontrados nas pesquisas de mercado seja difícil, principalmente, pela necessidade de sigilo das informações, as quais possuem um alto valor agregado, já que carregam as tendências de mercado. Por outro lado, é fácil identificar o aumento da demanda por molhos para salada prontos para consumo, assim como por saladas e outros alimentos minimamente processados e prontos para o consumo, ao se observar o número crescente de variedades oferecidas nas prateleiras dos supermercados.

Essa demanda por saladas e molhos para salada tem evoluído de maneira significativa nos últimos anos, o que pode ser atribuído ao consumo cada vez maior de alimentos mais saudáveis, com baixo teor de gordura, conveniência, disponibilidade e variedade (Brinneh, 2006).

Em virtude da crescente importância social e econômica da produção de alimentos emulsionados, como molhos para salada, somada à complexidade da tecnologia de produção, processamento, manipulação e aceitação desses produtos, é preciso um amplo conhecimento de suas propriedades físico-químicas. (Alvarez et al., 2004).

As propriedades físico-químicas e a estabilidade das emulsões são determinadas pelo tipo e concentração de vários ingredientes usados, pela homogeneização desses e pela condição do processo empregado durante seu preparo (Rao, 1999).

A maioria dos molhos é definida como um sistema complexo com múltiplos componentes e que existem sob a forma de emulsões a base de óleo em água (O/A) estabilizada por proteínas, fosfolipídeos e polissacarídeos (Araujo, 2004).

O processamento dessas emulsões são operações de grande complexidade com muitas variáveis que influenciam o desempenho do processo e a forma final do produto.

No desenvolvimento de alimentos, como molhos industrializados, o comportamento reológico é muito importante para a projeção das operações de processamento, tais como, bombeamento, mistura, aquecimento e refrigeração (Abdelrahim et al., 1994).

Com a finalidade de compreender e eventualmente melhorar o tratamento e desempenho dos alimentos em forma de emulsão é necessário uma boa compreensão do seu comportamento de fluxo, uma vez que esse desempenha um papel importante tanto para o processamento como para a qualidade destas emulsões. Assim, a viscosidade e o comportamento reológico são atributos importantes em aspectos como a aceitação do produto pelo consumidor (Cunningham & Harrison, 1985).

A agência de vigilância sanitária ANVISA (2001a) através da RDC n°12 regulamenta os padrões microbiológicos para alimentos, como os molhos para saladas. Entretanto é sabido que a manipulação pode ser um problema para a contaminação ou recontaminação cruzada.

Em função da importância comercial dos alimentos em forma de emulsões, a garantia da segurança destes tem sido objeto de estudos pela possível contaminação ou deterioração por patógenos e bactérias que podem estar presentes, por exemplo, em vegetais crus ou especiarias (Nguyen-the & Carlin, 1994; Beuchat, 2006).

Embora o pH dos molhos minimize a presença de patógenos, a indústria não abdica do uso de conservantes para a garantia de segurança desses. A procura por alimentos saudáveis e sem aditivos conservantes, ou a melhor combinação entre esses conservantes para que seja controlada a carga microbiana, estendido o tempo de prateleira e mantido as propriedades físico-químicas, sensoriais e reológicas, tem sido, além do objetivo das pesquisas científicas, meta para a indústria (Yang et al., 2003; Castro et al., 2009).

Em razão dos efeitos positivos da radiação gama na esterilização preventiva, na melhora da segurança e na estabilidade dos produtos alimentares em prateleiras, sua utilização em alimentos atinge uma grande diversidade em áreas de pesquisa (OMS, 1999). Nos últimos anos, têm sido apresentados os benefícios da irradiação em diferentes campos de aplicação, tais como: controle da infestação de insetos, retardo do amadurecimento de frutos, redução da carga microbiana, inibição de brotamento em bulbos e tubérculos entre outros.

Em um cenário mundial no qual a radiação ionizante ganha espaço como mais uma opção de tratamento para conservação de alimentos surge, recentemente, uma nova aplicação para o processo de irradiação que tem sido proposta por pesquisadores de diferentes países, incluindo nossa equipe, no intuito de submeter dietas específicas para

pacientes imunocomprometidos à radiação ionizante, por meio de acordo com a Agência Internacional de Energia Atômica – AIEA (IAEA, 2009).

Diante dos aspectos positivos do processo de irradiação por raios gama em alimentos em comparação a alguns processos comerciais pós-produção, tais como, a microfiltração e o tratamento térmico que possam conduzir a baixa produtividade, destruição de vários nutrientes e alterações indesejáveis na qualidade sensorial e microbiológica por contaminação cruzada durante o recondicionamento é importante verificar as características reológicas e sensoriais, dos alimentos submetidos à radiação ionizante, para a segurança química e aceitabilidade desses (Choi et al., 1999).

Contudo, apesar do sabor e da forma característica de apresentação, serem alguns dos fatores mais importantes na qualidade dos alimentos e diante das limitações dos processos de conservação tradicionais e da necessidade e dificuldade de se determinar a combinação mais segura e saudável dos aditivos, não há na literatura informações sobre o efeito do tratamento por radiação gama nas propriedades reológicas e sensorial em molhos comerciais para salada prontos para consumo.

1.1. Objetivo

O objetivo principal do presente trabalho foi verificar o comportamento reológico de 11 molhos comerciais para salada prontos para consumo tratados com diferentes doses de radiação gama. O estudo foi realizado em dois períodos: um próximo à data de fabricação dos molhos e outro próximo à data de expiração da validade dos produtos.

O trabalho compreendeu também medidas de pH, a fim de observar a estabilidade das amostras e avaliação sensorial de dois molhos comerciais para verificar a aceitação pelo consumidor final.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Definição de molho

A palavra ‘molho’ vem do latim, de *mogliu*, derivado do verbo *molliare* que significa molhar ou umedecer. Pode ser definido como preparação culinária, na forma de caldo com temperos, que se destina a refogar iguarias ou que a elas se junta no ato de serem servidas (Rodrigues & Nunes, 2005).

Tecnicamente pode ser definido como um meio liquido utilizado para adicionar sabor, umidade, aparência e ajustar o sabor e a textura de preparações culinárias (Autran, 2004).

A norma de identidade n° 169.150 do *Code of Federal Regulation* (CFR) título 21 do *Food and Drug Administration* (F.D.A.) define e descreve molho para salada como alimento semissólido, emulsionado e preparado a partir de óleos vegetais, com um ou mais ingredientes acidificantes (limão, vinagre e / ou sumo de limão), ingredientes contendo gema de ovo e amido e um ou mais ingredientes opcionais que incluem sal, adoçantes, hidratos de carbono, especiarias, glutamato monossódico, estabilizantes e espessantes (F.D.A., 2012a).

2.2. Origem dos molhos

A origem histórica dos molhos é controversa. Acredita-se que o primeiro molho surgiu com domínio do fogo pelo homem primitivo que passou a cozinhar alimentos.

Os molhos começaram a ter destaque entre os séculos XV e XVI com a escrita do livro *O Le Viardier* pelo cozinheiro real *Taillevent*, mas foi somente a partir do século XVII com a publicação feita por *Varenne* que ocorre uma revolução na culinária, possibilitando inúmeras inovações nesse campo (Leal, 1998).

Os molhos eram usados para conservar os alimentos, principalmente os cárneos que marinavam nos sucos de frutas (Donel, 1999). Além da necessidade de conservação eles surgiram para salgar e temperar, por igual, as preparações culinária e, posteriormente, passaram a ser usados para umedecer e complementar as preparações. Podem ser quentes, frios, doces, salgados, lisos ou com pedaços (Autran, 2004). A partir do século XVIII, os molhos ganham refinamento em preparações com o novo objetivo de encantar o paladar do consumidor (Gomes & Midori, 2002).

2.3. Características dos molhos para salada

Molhos para saladas são emulsões tipo óleo em água, com conteúdo em óleo que pode variar entre 30 a 65% e viscosidade também variável (Dickinson & Stainsby, 1982). Trata-se de líquidos acidificados (água, leite, ou suco de frutas) que ganham corpo com a adição de espessantes (gomas) ou ovos (Charley, 1982). A fase aquosa deve conter 3 a 4% de sal e de 20 a 30% de açúcar (Smittle, 1977).

Segundo o Código Federal de Regulamentação (CRF 21), os molhos para salada não podem conter menos do que 30% em peso de óleo vegetal, e não menos do que 4% em peso de gema de ovo líquida. Podem ser misturados e embalados numa atmosfera em que o ar é substituído, na totalidade ou em parte, por dióxido de carbono ou nitrogênio (FDA, 2012a).

Na TAB. 1 é apresentado a porcentagem de óleo em diferentes molhos e coberturas.

TABELA 1 – Conteúdo típico de óleo em molhos e coberturas.

PRODUTO	**PORCENTAGEM (%)**
Maionese	75 – 84
Italiano	50 – 60
Molho para salada (cremoso)	30 – 60
Blue cheese	30 – 40
French	36 – 40
Russian	30 – 40
Thousand Island	30 – 45
Italiano (baixa caloria)	0 – 3
Molho de churrasco	1 – 2
Catchup	0,1 – 0,2

FONTE: Ford et al., 2005.

Quando o conteúdo de óleo é reduzido a proporções inferiores a 60%, as emulsões tornam-se instáveis e a adição de um hidrocolóide torna-se necessária para prevenir a separação das fases durante o armazenamento (Dickinson, 2003).

Alguns molhos para salada não contêm óleo, são os chamados *fat-free* ou isentos de gordura, portanto, não são emulsões verdadeiras. Os molhos para salada com conteúdo elevado de óleo são classificados como emulsões clássicas, enquanto que, os com conteúdo reduzido ou mesmo livres de gordura são as emulsões não clássicas (Ford et al., 2005).

Um grande desafio na produção dos molhos consiste em que estas emulsões permaneçam estáveis, mantendo seus atributos de qualidade como textura, aparência e sabor por um máximo de tempo possível.

Segundo a lei de Stokes, três fatores influenciam na estabilidade de uma emulsão tipo Óleo/Água, (O/A); esses fatores são (O'donnell & Stier, 2004):

1. Tamanho das gotas de óleo formadas, quanto menor a gota, melhor a estabilidade;
2. Viscosidade da fase contínua aquosa, aumentando a viscosidade pode-se conferir maior estabilidade, e
3. Densidades do óleo e da água devem ser as mais próximas possíveis.

Um molho com separação de gordura na superfície, textura não homogênea ou que apresente sedimentação dificilmente terá aceitação junto ao consumidor. Assim para o preparo de bons molhos é necessário uso de agentes espessantes apropriados para se obter boa textura, sabor e aparência (Autran, 2004).

2.3.1. Propriedade físico-química (pH) dos molhos para salada

Os valores de pH para dos molhos para salada são baixos, justamente pelo fato de serem emulsões acidificadas pela adição de ingredientes como ácido acético e/ou cítrico e conservantes como ácidos benzoico e/ou sórbico (Beuchat et al., 2006). Esses valores comumente variam entre 3,0 e 4,0 (Perrechil et al., 2010; Smittle, 1977) e o conteúdo de ácido acético deve constituir de 0,9 a 1,2% do produto total (Smittle, 1977).

Em 1997, Smittle avaliou os fatores envolvidos na segurança e no teor microbiológico dos molhos para salada comerciais produzidos nos Estados Unidos e verificou que o ácido acético nestes produtos comerciais apresenta efeito conservante importante, decorrente da ação bactericida sobre as células vegetativas de microrganismos patogênicos alimentares. O conteúdo ácido dos molhos para saladas fornecem um ambiente desfavorável para contaminação alimentar por patógenos.

Os níveis de ácido acético utilizados pelos fabricantes de molhos para saladas se encontra entre 0,90 a 0,92% em relação a massa total do produto. Essa acidez tem sido documentada como eficaz na destruição de *Salmonella* e *Staphilococcus aureus* e na capacidade de inibir o crescimento de *Escherichia coli* O157: H7, *Monocytogenes, Clostridium botulinum, Clostridium perfringens, Streptococcus viridans, Shigella flexneri, ou Bacillus cereus,* que podem ocorrer em emulsões como molhos comerciais para saladas (Smittle, 1997).

A regulamentação dos molhos para salada comerciais assume a presença de *Salmonellas* em ovos utilizados como matéria prima desses e diante do pressuposto estabelece que molhos feitos com ovos não pasteurizados devam ter um pH menor ou igual a 4,1, e um teor de ácido acético da fase aquosa superior ou igual a 1,4%, além de um período de espera de 72 horas antes da liberação do produto (FDA, 2012a).

As condições ácidas em combinação com outros fatores, tais como a atividade de água reduzida em molho de salada previne o crescimento da maioria dos microrganismos comumente associados com a deterioração desses alimentos (Smitte, 1977).

No entanto, a deterioração desses produtos ocorre como um resultado do crescimento de lactobacilos, bacilos e leveduras e uma vez deteriorados, podem apresentar perda de sabor e pontos escuros na superfície como indicação de formação de colônias de levedura (Kurtzman, 1971; Smittle & Flowers, 1982; Meyer et al., 1989).

Muitos estudos foram conduzidos para avaliar a atividade antimicrobiana de aditivos na tentativa de encontrar a melhor relação de especificidade, concentração e efetividade. A atividade antimicrobiana dos ácidos graxos já foi demonstrada e pode ser melhorada pela esterificação de álcoois poli hidratados como glicerol. Entretanto a concentração dos monoglicerídeos que podem ser adicionados a produtos alimentares é geralmente restrita a 0,05% ou menos, em função do indesejável sabor amargo ou estranho de sabão (Kabara, 1993).

O uso dos açúcares esterificados de ácidos graxos como aditivos, por serem biodegradáveis e aprovados pelo FDA, também foram estudados. Mas apesar dos resultados indicarem potencial atividade antimicrobiana bastante próxima à atividade do benzoato de sódio comumente usado em molhos para saladas, ainda existe obstáculos como a fase Lag, fase de latência, que não é interrompida (Yang et al., 2003).

Somando esses dois inconvenientes ao fato de que as formulações de baixas calorias ou de baixo teor de sódio são mais suscetíveis à deterioração do que os produtos com formulação tradicional, o processo de irradiação pode ser uma alternativa, para diminuir as quantidades de aditivos conservantes, aumentar a vida de prateleira dos molhos para saladas, diminuir o período de espera antes da liberação e consequentemente possibilitar a disponibilidade de um produto com qualidade superior ao consumidor.

2.4. Propriedades reológicas

Reologia é a ciência que estuda a deformação dos fluxos, sendo medida por meio da viscosidade e tensão de escoamento. Trata-se do estudo da deformação e escoamento da matéria que se estende desde a mecânica de fluidos até a elasticidade de Rooke (Steffe, 1996; Rao, 1999; Bird et al.; 2004). A deformação ocorre quando a matéria está no estado sólido e o escoamento, quando a matéria está no estado líquido. A propriedade reológica de interesse no caso dos sólidos é a elasticidade e no caso dos líquidos é a sua viscosidade. No entanto, alguns materiais não podem ser diferenciados em sólidos ou líquidos com clareza, de modo que a propriedade reológica de interesse nestes casos é a viscoelasticidade (Shaw, 1975; Pasquel, 1999; Rao, 1999).

As propriedades reológicas são importantes para a indústria para estabelecer a condição ótima de manuseio e transporte por tubulação sem que ocorra, por exemplo, a sedimentação das partículas (Bisco, 2009).

Para determinação das propriedades reológicas de um material, deve-se medir a deformação provocada por uma dada tensão ou medir a tensão requerida com a finalidade de se produzir uma dada deformação num tempo determinado. Há dois desafios principais na reologia: o primeiro é o estabelecimento de uma relação quantitativa entre deformação e tensão ao longo do tempo para o material em questão, o segundo desafio é o desenvolvimento de relações entre o comportamento reológico de um material e sua estrutura, composição e condições ambientais, tais como temperatura e pressão (Bisco, 2009).

Alimentos em geral, podem ser classificados em sólido, gel, líquido homogêneo, suspensão líquida e emulsão (Rao, 1999). Alimentos na forma líquida usados em processos na indústria ou pelo consumidor incluem pastas, purês, refrigerantes, ovos e seus produtos, leite e seus derivados, sucos de frutas naturais, concentrados vegetais e entre outros os molhos para saladas (Cánovas & Ibarz, 2002).

Os alimentos líquidos e semissólidos apresentam enorme variedade de comportamento reológico variando desde o comportamento Newtoniano, até comportamento viscoelásticos.

Produtos alimentares líquidos, que contém quantidade significativa de partículas com alto peso molecular, como o açúcar, e quantidades de polímeros ou sólidos insignificantes, apresentam comportamento Newtoniano. O mel, usado como um ingrediente em alguns molhos para salada, teve seu comportamento reológico Newtoniano

verificado em diversos estudos (Sabato, 2004; Bhandari et al., 1999; Junzheng & Changying, 1998).

Entretanto uma pequena quantidade de polímeros ou partículas sólidas na composição desses alimentos pode modificar o comportamento reológico Newtoniano da água para o comportamento não-Newtoniano de dispersões aquosas e alterar seu escoamento característico, aumentando significativamente a viscosidade desses fluídos. Essa alteração na reologia dos fluidos Newtonianos ocasiona uma relação não linear entre tensão e taxa de cisalhamento (Cánovas & Ibarz, 2002).

Uma das possibilidades de se representar as propriedades reológicas dos alimentos líquidos é através da viscosidade, em função de alguns componentes da tensão de cisalhamento em resposta à taxa de cisalhamento (Rao, 1999).

2.4.1. Viscosidade

A viscosidade faz parte das propriedades reológicas dos alimentos, que abrange, além dos fluidos, os sólidos e semissólidos, definida como a medida da fricção interna de um fluido, isto é, a resistência encontrada pelas moléculas em se moverem no interior de um líquido, decorrente do movimento Browniano e das forças intermoleculares (Rao, 1999).

Esta fricção torna-se aparente quando uma camada de fluido move-se em relação à outra camada, assim à medida que aumenta a viscosidade do fluido, aumentam as forças de atrito e é necessária mais energia para que ocorra o cisalhamento, que acontece sempre que o fluido é fisicamente movido ou distribuído, como no escoamento, espalhamento, aspersão e mistura dentre outros. Fluidos altamente viscosos, então, exigem mais força para mover-se que materiais menos viscosos (Lewis, 1993; BROOKFIELD ENGINEERING LABORATORIES, 1994; Rao, 1999).

Isaac Newton foi o primeiro a expressar as leis básicas da mecânica clássica, descrevendo o comportamento de fluxo de um fluido ideal, conforme é mostrado na FIG. 1 em que um par de placas paralelas, com uma área “A” é separado por uma distância “dx” e no espaço entre elas está um fluido, gás ou líquido. Essas placas são movidas na mesma direção em diferentes velocidades “V1” e “V2” (BROOKFIELD ENGINEERING LABORATORIES, 1994; Bird et al., 2004).

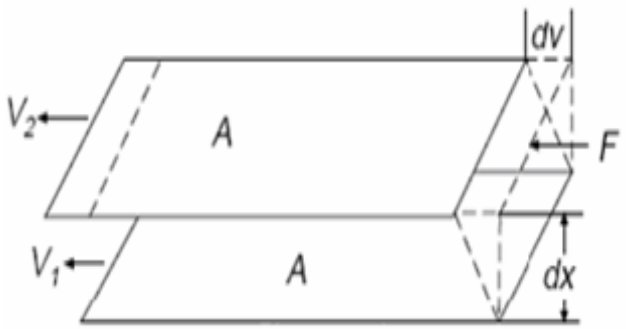

FIGURA 1 – Modelo definido por Isaac Newton
Fonte: BROOKFIELD ENGINEERING LABORATORIES, 1994.

A força constante "F" necessária para manter a diferença na velocidade é proporcional ao gradiente de velocidade, de acordo com a Equação (1), na qual "η" é uma constante de proporcionalidade para um determinado material, definida como "viscosidade". O gradiente de velocidade dv/dx é uma medida de mudança na velocidade onde as camadas intermediárias movem-se uma em relação às outras.

Isso descreve o cisalhamento do fluido e é chamada de "taxa de cisalhamento" ou "γ". Sua unidade de medida é "segundos recíprocos" (s^{-1}) (BROOKFIELD ENGINEERING LABORATORIES, 1994; Bird et al., 2004).

$$\frac{\mathbf{F}}{\mathbf{A}} = \boldsymbol{\eta}\,\frac{\mathbf{dv}}{\mathbf{dx}} \qquad \textbf{(1)}$$

O termo F/A indica a força por unidade de área requerida para produzir cisalhamento. Refere-se, como "tensão de cisalhamento" ou "τ". Trata-se do componente de cisalhamento aplicado tangencialmente, ou seja, um vetor de força com magnitude e direção dividido pela área aplicada e sua unidade de medida é expressa em unidades de força por unidades de área, "dinas por centímetro quadrado" (D/cm^2) ou Newtons por metro quadrado (N/m^2) (Rao, 1999).

Comportamento reológico é geralmente apresentado graficamente plotando-se a tensão de cisalhamento em função da taxa de cisalhamento também chamada curva do fluido ou reograma.

Usando estas condições simplificadas a viscosidade pode ser definida matematicamente como descrita na Equação 2:

$$\eta = \text{VISCOSIDADE} = \frac{\tau}{\gamma} = \frac{\text{TENSÃO DE CISALHAMENTO}}{\text{TAXA DE CISALHAMENTO}} \qquad \textbf{(2)}$$

É difícil predizer, precisamente, a magnitude da viscosidade de alimentos, principalmente, porque são misturas complexas de compostos bioquímicos que apresentam grande variedade em sua composição.

A viscosidade é uma propriedade inerente aos fluidos quimicamente puros e fisicamente homogêneos conhecidos como fluidos Newtonianos. Nos fluidos não-Newtonianos, que não são homogêneos nem puros (como grande parte dos alimentos), usa-se o termo viscosidade aparente (Rao, 1999). As unidades internacionais para viscosidade são Pascal segundos (Pa.s) ou miliPascal segundos (mPa.s).

A viscosidade aparente, $\eta_{ap,}$ é muito útil para a caracterização de alimentos líquidos, particularmente na caracterização de fluidos pseudoplásticos. Medidas de viscosidade aparente em resposta às baixas taxas de cisalhamento é um parâmetro bastante aplicado nesta caracterização (Rao, 1999).

Assim, os estudos das propriedades reológicas dos alimentos são úteis e importantes para aplicações na indústria que incluem o manuseio, processamento, controle de qualidade e avaliação sensorial de alimentos.

2.4.2. Caracterização dos fluidos

Os fluidos podem ser classificados de acordo com o comportamento reológico apresentado, que podem ser determinados por medidas da tensão em função da taxa de cisalhamento (FIG. 2).

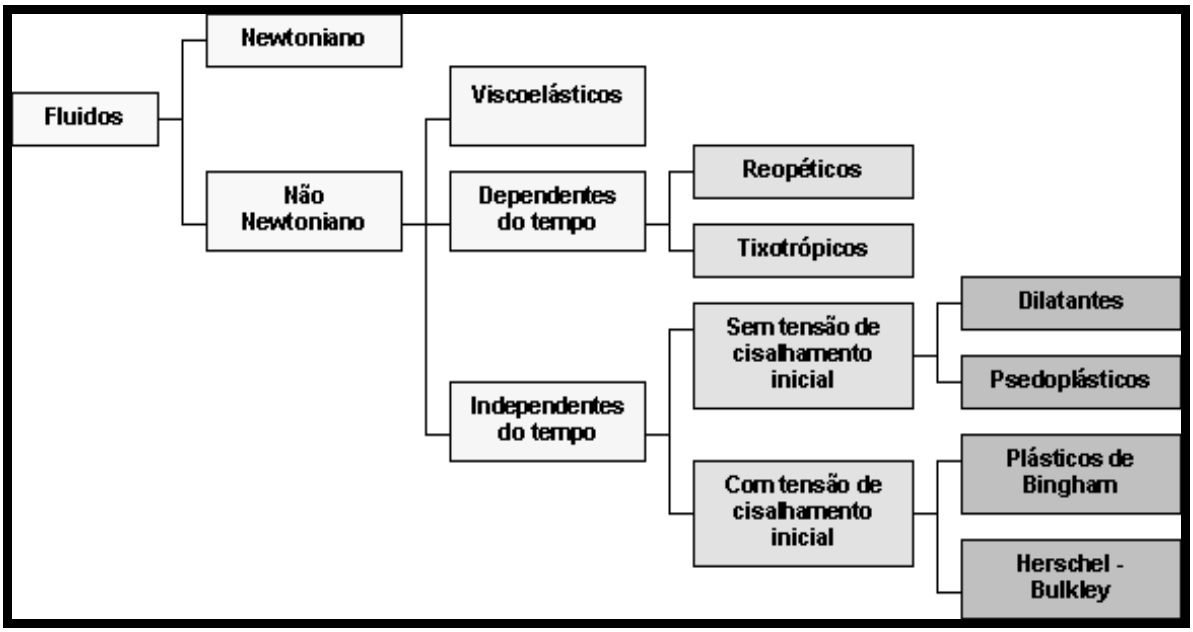

FIGURA 2 - Esquema de classificação dos fluidos segundo comportamento reológico.

2.4.2.1. Fluidos Newtonianos

São fluidos Newtonianos aqueles em que a tensão de cisalhamento (τ) é linearmente proporcional à taxa de cisalhamento (γ) (FIG. 3B). A viscosidade (η) desses fluidos mantém-se constante com a variação da taxa de cisalhamento (τ) (FIG. 3A), sendo influenciada somente pela alteração de temperatura e composição. Água, solução de sacarose, glicerina e leite são exemplos de fluidos Newtonianos muito usados na indústria de alimentos (Rao, 1999; Saravacos & Maroulis, 2001).

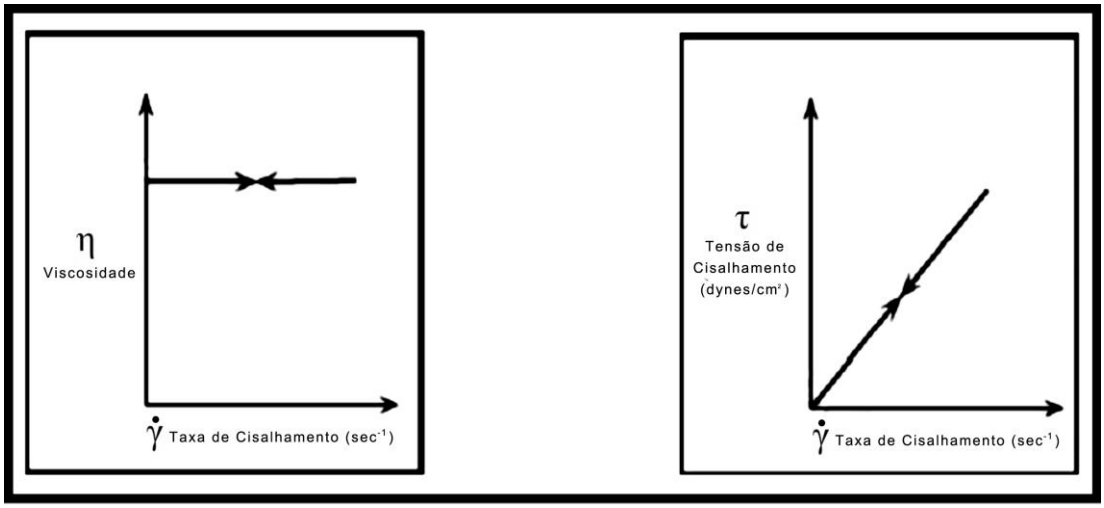

FIGURA 3 – Representação gráfica de fluidos Newtonianos.
Fonte: Adaptado de BROOKFIELD ENGINEERING LABORATORIES, 1994.

2.4.2.2. Fluidos não-Newtonianos

O fluido é chamado não-Newtoniano se as interações entre seus componentes afetam a velocidade de deformação causada por forças externas, resultando na não proporcionalidade entre a taxa (γ) e a tensão de cisalhamento (τ) (Bobbio, 1995; Cánovas & Ibarz, 2002).

Os fluidos não-Newtonianos podem ser independentes ou dependentes do tempo. A viscosidade nesses casos, mesmo em temperaturas fixas, não é uma constante sendo denominada viscosidade aparente (η_{ap}) (Rao, 1999).

2.4.2.2.1. Fluidos não-Newtonianos independentes do tempo
2.4.2.2.1.1. Plásticos de Bingham

Esse tipo de fluido ao sofrer deformação encontra alguma resistência pela existência da tensão de cisalhamento inicial (τ_0), diferente de zero. Os fluidos de Bingham se comportam como um corpo sólido ou permanece em repouso, caso a tensão externa aplicada seja menor que a tensão de cisalhamento inicial.

Entretanto, se a tensão externa exceder o valor de τ_0, o material se deformará elasticamente comportando-se como um material viscoso e sua curva, representativa de tensão de cisalhamento (τ) em função da taxa de deformação (γ), não passará pela origem do gráfico (Rao, 1999; Mcclements, 2006).

Um fluido, cujo gráfico da tensão de cisalhamento (τ) em função da taxa de deformação (γ) é uma curva linear, em que $|\tau| > |\tau_0|$ é chamado fluido plástico de Bingham, sendo caracterizado por uma constante de viscosidade plástica (tangente ao gráfico) e pela τ_0. Por outro lado, materiais que possuem τ_0 e uma curva não linear no gráfico da tensão de cisalhamento (τ) em função da taxa de cisalhamento (γ) em coordenadas lineares para $|\tau| > |\tau_0$ são chamados pseudoplásticos com tensão inicial (Herschel-Bulkley ou plástico real) (Rao, 1999).

Mostarda e catchup são alguns exemplos de fluidos de Bingham.

2.4.2.2.1.2. Pseudoplásticos

Muitos fluidos apresentam queda significativa na viscosidade à medida que a taxa de deformação aumenta. Esses fluidos são representados graficamente pela relação da tensão (τ) em função da taxa de cisalhamento (γ) por uma curva convexa em função do

aumento da velocidade de deformação ocorrer em proporções maiores que o da tensão tangencial, na qual para cada valor de τ há um valor de γ correspondente (FIG. 4).

Fluidos que se ordenam com o aumento da taxa de cisalhamento denominam-se pseudoplásticos. As emulsões, suspensões ou dispersões de alta importância técnica e comercial pertencem a este grupo (Holdsworth, 1971; Muller, 1978; Rao, 1999).

Esses fluidos em repouso apresentam um estado desordenado, e quando submetidos a uma tensão de cisalhamento suas moléculas tendem a se orientar na direção da força aplicada. Quanto maior a tensão aplicada, maior será a ordenação. Consequentemente, a viscosidade aparente será menor (Holdsworth, 1971). Como exemplos de alimentos que apresentam comportamento reológico pseudoplástico estão os molhos de mostarda, maionese, purê de frutas e de vegetais, suco concentrado de frutas, solução de gomas concentradas, chocolate fundido, proteína concentrada, queijos de pasta mole, margarinas, patês, iogurtes e os molhos para salada (Rao, 1999).

O comportamento reológico da maioria dos fluidos em alimentos pode ser descrito por uma equação do tipo Lei da Potência, que mais descreve alimentos com comportamento pseudoplástico (Equações 3 e 4) (Steffe, 1996).

.

$$\boldsymbol{\tau = k\,\gamma^{n}} \qquad (3)$$

$$\boldsymbol{\eta = k\,\gamma^{n-1}} \qquad (4)$$

Nas quais:

τ é a Tensão de cisalhamento (força de cisalhamento) em D/cm^2;

η é viscosidade em cP;

k é o índice de consistência em cP;

γ é a velocidade de cisalhamento (Taxa de cisalhamento) em s^{-1}; e

n é o índice do comportamento de escoamento.

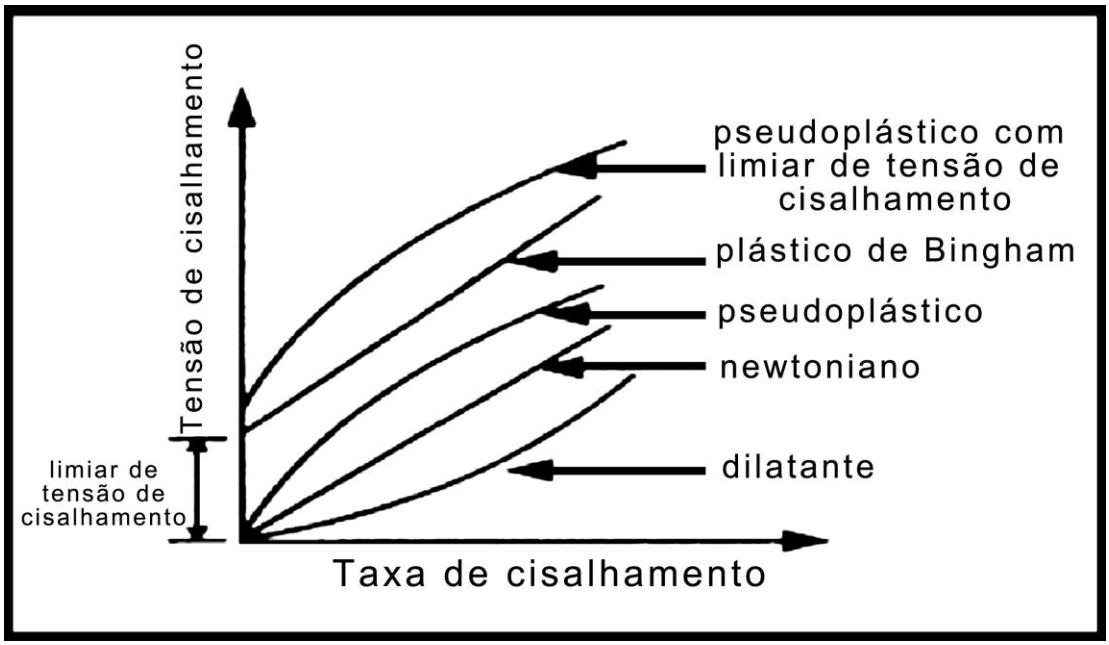

FIGURA 4 – Curvas de fluxo para fluidos Newtonianos e não-Newtonianos independentes do tempo.

2.4.2.2.1.3. Dilatante

Nos fluidos dilatantes ocorre o aumento da viscosidade aparente com o aumento da taxa de cisalhamento. Esses fluidos se comportam como um líquido a baixas tensões de cisalhamento podendo se tornar tão rígidos quanto os sólidos, quando submetidos a tensões de cisalhamento elevadas. Esse efeito é observado em pastas de partículas desfloculadas densamente empacotadas. Quando a taxa de cisalhamento aumenta, esse empacotamento deve ser quebrado para permitir que as partículas se movam umas em relação às outras. A expansão resultante faz com que o líquido seja insuficiente para preencher os vazios criados (Shaw, 1975).

Em alguns casos é possível observar a presença de uma tensão de cisalhamento inicial (τ_0), a partir da qual o fluido começa a escoar, apresentando comportamento análogo ao dos fluidos dilatantes. Alguns tipos de mel e suspensões de amido se enquadram nessa categoria (Steffe, 1996; Rao, 1999).

2.4.2.2.2. Fluidos não-Newtonianos dependentes do tempo

Muitos fluidos não-Newtonianos em alimentos possuem estrutura complexa e exibem comportamento reológico dependente do tempo. A viscosidade aparente desses

fluidos a uma determinada taxa de cisalhamento muda significativamente com o tempo (FIG. 5).

Os fluidos dependentes do tempo mais comuns são os tixotrópicos para os quais a viscosidade aparente diminui com o tempo de cisalhamento. Os fluidos reopéticos exibem o comportamento oposto, a viscosidade aparente aumenta com o tempo de cisalhamento (Saravacos & Maroulis, 2001).

Este tipo de comportamento não é comum em alimentos, mas pode ocorrer em soluções de amido altamente concentradas (Rao, 1999).

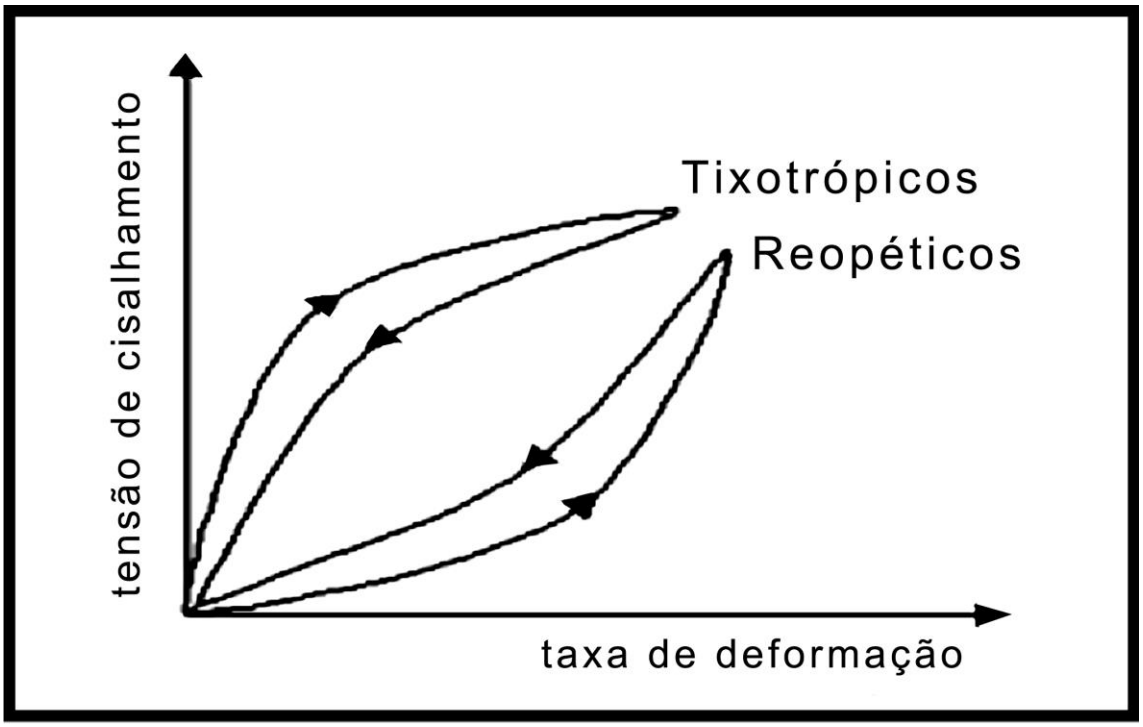

***FIGURA 5** – Representação gráfica de fluidos não-Newtonianos dependentes do tempo*
Fonte: Adaptado de BROOKFIELD ENGINEERING LABORATORIES, 1994.

2.4.2.2.3. Fluidos viscoelásticos

Alguns produtos alimentícios não são líquidos ou sólidos puros, mas possuem propriedades reológicas que são parcialmente viscosas e parcialmente elásticas (Mcclements, 2006).

2.4.3. Modelos matemáticos

A descrição do comportamento reológico não-Newtoniano é realizada utilizando modelos empíricos capazes de relacionar os dados da tensão de cisalhamento e taxa de

cisalhamento. É indispensável ao controle de qualidade, controle intermediário em linhas de produção e ao projeto no dimensionamento de equipamentos e processos (Rao, 1999).

O comportamento não-Newtoniano é descrito frequentemente pelos modelos: Ostwald-de-Waelle ou Lei da Potência (*Power law*), Herschel-Bulkley, Bingham, Casson e Mizrahi-Berk.

Na TAB. 2 são apresentas as equações constitutivas para alguns modelos reológicos normalmente utilizados e as faixas de valores dos parâmetros τ_0, k e n para esses fluidos.

TABELA 2 – Equação constitutiva para alguns modelos reológicos e seus parâmetros τ_0, k e n.

Modelo	**Equação**	**Tensão Inicial (τ_0)**	**Índice de Consistência (k)**	**Índice de Comportamento (n)**
Plástico real – Herschel-Bulkley	$\tau = \tau_0 + k.\gamma^n$	> 0	> 0	$0 < n < \infty$
Newton	$\tau = k.\gamma$	0	> 0	1
Pseudoplástico – Ostwald-de-Waelle	$\tau = k.\gamma^n$	0	> 0	$0 < n < 1$
Dilatante – Ostwald-de Waelle	$\tau = k.\gamma^n$	0	> 0	$1 < n < \infty$
Plástico de Bingham	$\tau = \tau_0 + k.\gamma$	> 0	> 0	1
Casson	$\tau = \tau_0 + k.\gamma$	> 0	> 0	0,5

Fonte: Rao, 1999.

O Modelo de Ostwald-de-Waelle ou Lei da Potência (*Power law*) tem como parâmetros reológicos o índice de consistência, k, e o índice de comportamento, n. Esse modelo se ajusta bem tanto para fluidos pseudoplásticos como para fluidos dilatantes. O índice de comportamento diferencia e define estes fluidos, nos fluidos para os quais n assume valores entre um e zero é classificado como pseudoplástico, já os fluidos em que n é maior que um é denominado dilatante. No caso de n igual à unidade tem-se um fluido Newtoniano, para tensões iniciais iguais a zero ($\tau_0 = 0$). O valor do índice de consistência, k, indica o grau de resistência do fluido durante o escoamento (Rao, 1999). O modelo Ostwald-de-Waelle descreve bem o comportamento de fluidos pseudoplásticos sem tensão inicial, como é o caso dos diferentes tipos de molho comerciais para salada (Alvarez et al., 2004).

A decisão do modelo mais adequado deve ser tomada com base em parâmetros estatísticos. O melhor ajuste é analisado com base nos parâmetros R^2 que mede a proporção da variação total da média explicada pela regressão e é definido como a razão

entre a soma quadrática total, e pelo Qui-quadrado (X^2) que expressa à diferença entre valores obtidos experimentalmente. Quanto maior for o valor de (X^2) maior será a discrepância entre as frequências observadas e esperadas. Quanto menor o valor de (R^2) maior a distância dos pontos experimentais ao modelo ajustado. Portanto, o modelo que melhor se ajusta é aquele com altos valores de R^2 (máximo=1) e baixos valores de X^2 (mínimo=0) (Montgomery & Runger, 2003).

2.4.4. Reologia dos molhos para salada

A reologia dos molhos para salada tem sido muito estudada para avaliar a qualidade dos produtos alimentares líquidos ou semissólidos. As propriedades reológicas dos molhos processado são determinadas pela dimensão das partículas da fase sólida. Essas propriedades podem ser criadas ou modificadas por meio do controle da distribuição do tamanho dessas partículas durante processo de fabricação. A fração de óleo e adição de agentes espessantes também influencia as propriedades dos molhos (Bhattacharya et al., 2004).

A viscosidade é uma propriedade bastante relacionada com textura, e pela importância dessa relação, a viscosidade tem sido uma propriedade muito usada no controle de qualidade de molhos para salada.

A representação geral da viscosidade para emulsões pode ser descrita pela Equação 5 (Ford et al., 2005).

$$\eta = f(\eta_o, \phi, d, A) \quad \textbf{(5)}$$

Na qual:

η = viscosidade da emulsão;
η_o = viscosidade da fase contínua;
ϕ = volume da fase dispersa;
d = tamanho das gotas; e
A = estado de agregação da emulsão.

Emulsões alimentícias tipo O/A (óleo–em–água), como maionese e molhos de salada são fluidos não-Newtonianos com alto coeficiente de consistência k e o índice de comportamento do fluido é menor que 1 (Rao, 1999). A viscosidade da emulsão aumenta

de maneira não linear com o aumento da fração de volume da fase dispersa e decresce com aumento do tamanho das gotas (Ford et al., 2005).

Um estudo comparativo entre molhos doces (mel natural e comercial) e molhos para saladas (maionese, mostarda e catchup) observou que diferentemente de molhos doces, os molhos para saladas não apresentam comportamento Newtoniano. Molhos para salada apresentam comportamento pseudoplástico (Alvarez et al., 2004).

O mesmo comportamento foi confirmado com um estudo envolvendo 11 molhos comerciais para salada (Alvarez et al., 2006).

2.5. Emulsão

Emulsão é definida como a dispersão ou suspensão de um líquido em outro, com as moléculas de ambos imiscíveis ou antagônicas (Charley, 1982). As duas fases imiscíveis geralmente são óleo e água, uma dessas fases aparece na forma de gotas finamente divididas, denominada de fase dispersa ou interna; e a outra forma a matriz em que se suspendem estas gotas, conhecida como fase contínua ou externa (Becher, 1972).

A energia livre durante a formação da emulsão é usualmente positiva e por esta razão as emulsões são termodinamicamente instáveis, sendo necessária à utilização de proteínas e surfactantes de baixa massa molecular para conferir a emulsificação evitando coalescência das gotas e promovendo maior vida útil de prateleira (Dickinson, 2003).

Em vista disto, a maioria das emulsões é preparada por homogeneização da fase óleo em uma fase aquosa na presença de um emulsificante, sendo classificadas como óleo-em-água (O/A), onde o óleo é a fase dispersa; e água em óleo (A/O), com a água sendo a fase dispersa (Mcclements, 2006).

As emulsões em alimentos são muito complexas, pois a fase aquosa pode conter diversos ingredientes solúveis, incluindo moléculas de açúcares, sais, ácidos, bases, proteínas e carboidratos. E a fase oleosa geralmente contém uma mistura complexa de componentes solúveis como triglicerídeos, diglicerídeos, monoglicerídeos, ácidos graxos livres, esteróis e vitaminas (Araújo, 2004).

2.5.1. Emulsificantes

Na formulação de emulsões estáveis, dois aditivos podem ser usados: emulsificante e estabilizante. Os emulsificantes são moléculas ativas que aderem à superfície das gotas formadas durante a homogeneização e constitui, assim, uma membrana protetora que impede a aproximação das mesmas, evitando agregação; sua função principal é promover a

formação e a estabilidade da emulsão em curto prazo. São moléculas anfifílicas (possuem regiões polar e apolar), e as mais utilizadas na indústria de alimentos são as proteínas, pequenas moléculas de surfactantes e fosfolipídios. Os agentes espessantes (polissacarídeos), bem como os biopolímeros (como as proteínas) são ingredientes utilizados para aumentar a viscosidade da fase contínua da emulsão, retardando a movimentação das gotas e, portanto, aumentando a estabilidade em longo prazo (Dickinson & Stainsby, 1992; Araújo, 2004).

A gema de ovo foi o agente emulsificante mais utilizado em maionese e molho de salada, por suas características sensoriais e propriedades funcionais (Rao, 1992). Porém, o uso de outros emulsificantes proporciona algumas vantagens, como diminuição em conteúdo de colesterol, aumento na estabilidade microbiológica e, em alguns casos, menor custo de fabricação (Rivas & Sherman, 1982).

Emulsões alimentícias, de modo geral, contêm uma mistura de proteínas e polissacarídeos que conferem ao produto textura e vida de prateleira (Dickinson & Stainsby, 1992).

Os polissacarídeos são utilizados na indústria de alimentos para estabilizar emulsões óleo em água e controlar suas propriedades reológicas (Paraskevopoulou et al., 2003). Esses são inodoros, incolores e insípidos, têm baixo valor calórico e boa digestibilidade. Os principais estabilizadores usados são: goma xantana, galactomananas, amido e amido modificado, alginato de propileno glicol, pectina e carboximetilcelulose (Paraskevopoulou et al., 2005).

As gomas não gelificantes, tais como certos amidos modificados, as galactomananas, a k-carragena, o alginato sódico (na ausência de Ca^{2+}) ou a goma xantana são retidas ou adsorvidas sobre a superfície das gotas e previnem agregação por forças eletrostáticas, proporcionando estabilidade contra floculação e coalescência. São usados para a fabricação de molhos e condimentos diversos, sopas, cremes e produtos instantâneos (Paraskevopoulou et al., 2005).

A influência do conteúdo de gorduras, espessantes e emulsificantes nas propriedades de molhos para salada são significantes, principalmente, na textura (Wendin & Hall, 2001).

2.6. Radiação

A radiação pode ser definida como sendo a emissão e propagação da energia ou partículas através do espaço ou matéria e irradiação é o processo de aplicação de energia radiante a um alvo qualquer, no caso, um determinado alimento (Franco & Landgraf, 1996).

No processo de irradiação, um produto ou o material é irradiado intencionalmente para preservar, modificar ou melhorar suas características. Este processo é realizado por meio do posicionamento do produto na proximidade de uma fonte de radiação como o cobalto-60 por um intervalo de tempo fixo que o produto é exposto à radiação que emana a partir dessa fonte. Uma fração da energia de radiação que atinge o produto é absorvida pelo produto, a quantidade depende da sua massa, da composição, e do tempo de exposição. Para cada tipo de produto, uma determinada quantidade de energia de radiação é necessária para realizar o efeito desejado para o produto e o valor exato é determinado através de pesquisas (ICGFI, 1992).

A aplicação do processo de irradiação é recomendada pela Organização Mundial de Saúde (OMS) e por dois órgãos da Organização das Nações Unidades (ONU): a Organização para a Agricultura e a Alimentação (FAO, 2012) e a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA).

O material radioativo, como uma fonte de cobalto-60, emite radiação. Entretanto, o produto que é irradiado com raios gama, não se torna radioativo, e pode ser tratado normalmente. Atualmente, toda instalação para o processamento industrial por radiação gama emprega o cobalto-60 como a fonte radioativa selada (ICGFI, 1992).

De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária, a ANVISA (2001), fontes de radiação são aquelas autorizadas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear, na conformidade das normas pertinentes, a saber: isótopos radioativos emissores de radiação gama: Cobalto 60; raios x gerados por máquinas que trabalham com energias de até 5 MeV e elétrons gerados por máquinas que trabalham com energias de até 10 MeV. A quantidade de energia absorvida é chamada de dose. A unidade no Sistema Internacional de Unidades é Gray (Gy) e equivale a 1J/kg de alimento. (ICGFI, 1992).

Dentro do espectro de radiação eletromagnética, a radiação gama esta próxima aos raios X, na extremidade de alta energia. Essa energia é elevada o suficiente para quebrar as ligações moleculares e ionizar átomos, mas não alta o suficiente para afetar a estrutura do núcleo atômico e induzir a radioatividade (ICGFI, 1992).

A radiação gama pode, portanto, modificar física, química ou biologicamente as propriedades do produto irradiado, mas não o torna radioativo (ICGFI, 1992).

2.6.1. Irradiação na indústria

O uso comercial da radiação gama para esterilizar produtos de cuidados de saúde começou no final de 1950, e a tecnologia de processamento de produtos com radiação gama é agora bastante diversificada (ICGFI, 1992).

Um impulso significativo foi dado para a indústria de processamento por radiação, com o advento de reatores nucleares, os quais têm a capacidade de produzir radioisótopos. Emissores de raios gama, como o cobalto-60 se tornaram muito usados como fonte de radiação para aplicações médicas e fins industriais no mercado de alimentos. Muito irradiadores de raios gama foram construídos e estima-se que cerca de 200 estão em operação nos países, do acordo com a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA).

A seleção correta do irradiador é importante de acordo com a finalidade em que se emprega o processo, pois além de facilitar a operação, proporciona maior eficiência, e consequentemente, melhora a economia. Atualmente, a indústria tem utilizado quase que exclusivamente o cobalto-60 como fonte de radiação gama para uso industrial, principalmente pela facilidade de sua produção e pela insolubilidade deste em água.

O irradiador tipo multipropósito utilizado para pesquisa e desenvolvido no IPEN–CNEN/SP, reproduz bem a realidade de plantas de processamentos comerciais desde a área de recebimento dos produtos, áreas de descanso e câmaras frias até a taxa de dose média empregada na operação.

Taxa de dose é a dose administrada na unidade de tempo e é determinada pela atividade da fonte de radiação e a geometria do irradiador. É medida em kGy/h ou Gy/s. A taxa de dose de um irradiador de pesquisa pode ser de até 20 kGy/h. Uma instalação industrial (com 3 milhões de curries de cobalto-60), na qual a taxa de dose pode ser tão alta quanto 100 kGy/h próximo da fonte, é em média cerca de 10 kGy/h (ICGFI, 1992).

2.6.2. Vantagens do processo de irradiação por raios gama

As radiações ionizantes são aplicadas a uma ampla gama de produtos, incluindo os alimentos. Finalidades diversas têm atraído o interesse de pesquisadores e da indústria, inclusive alimentícia pelas vantagens que o processo oferece diante dos métodos

tradicionais de conservação. A facilidade de controle do processo, sua precisão e reprodutibilidade têm trazido investimentos desde a pesquisa, construção de novas plantas e criação de irradiadores mais práticos até a aplicação comercial. Na área alimentícia, a irradiação tem sido usada principalmente, para desinfecção de grãos, frutas e especiarias, inibição de brotamento em raízes como batatas e cebolas, retardo na maturação de frutos para exportação, redução da carga microbiana, conservação e aumento da vida útil dos produtos. (USP-CENA/PCLQ, 2007).

Recentemente pesquisadores de diversos países têm voltado suas atenções para um grupo especial de indivíduos, os pacientes imunocomprometidos que possuem a ingestão alimentar bastante restrita devido à rigidez necessária na segurança microbiológica. Nesse contexto, por meio da redução da carga microbiana pelo processo de irradiação, existe a possibilidade de viabilizar a esses indivíduos o consumo de alimentos contidos na lista dos restritos.

Lee et al. (2012) observaram que a carga microbiana de temperos em pó de macarrão instantâneo pronto para o consumo, mesmo após a reidratação com água fervente, exigia um tratamento adicional para sua segurança microbiológica, a qual foi conseguida através da radiação gama. Os resultados do estudo indicaram que o processo de irradiação pode melhorar a qualidade microbiológica e diminuir o risco de infecções decorrentes desses temperos e sugere que macarrão instantâneo pronto para o consumo, submetidos à radiação gama, possa ser uma opção de alimento para indivíduos que requerem um rígido controle de segurança alimentar como os pacientes imunocomprometidos.

Thomas et al. (2010) conduziram um estudo com o objetivo de determinar o efeito do cozimento como tratamento térmico sob a atividade antioxidante dos alimentos que apresentam essa atividade em potencial, em razão da importância que o consumo desses alimentos tem na prevenção de doenças cardiovasculares e degenerativas, câncer, doenças inflamatórias e do envelhecimento cutâneo. O resultado desse estudo que envolveu sete molhos e sete ervas, especiarias básicas para molhos e marinados, indicou que o cozimento reduz significativamente a atividade antioxidante dos molhos e marinados e, consequentemente, reduz a quantidade de antioxidantes disponíveis para o consumidor.

Diante das perdas ocasionadas pelos tratamentos térmicos a irradiação pode ser uma boa alternativa. O aumento da temperatura, tanto do alimento como da embalagem, é mínimo, pois se trata de um processo a frio que pode ser aplicado diretamente na embalagem do produto final, mesmo em embalagens termo sensíveis, desde que essas

estejam contempladas na lista de materiais regulamentados pelo FDA (USP-CENA/PCLQ, 2007).

Outra vantagem do processo de irradiação por raios gama é a possibilidade de redução de aditivos e conservantes dos alimentos (USP-CENA/PCLQ, 2007). Essa vantagem vem de encontro, não somente ao interesse do consumidor que procura por menores quantidades de aditivos e por agentes antimicrobianos considerados mais naturais em seus alimentos, mas também ao interesse da indústria (Cheveland et al., 2003).

De acordo com Castro et al. (2009) existem muitos fatores que podem influenciar no crescimento de microrganismos e na funcionalidade dos conservantes usados em emulsões. Nesse trabalho foi verificado que, em alguns casos, os conservantes podem ter sua ação antagonizada pela combinação de dois ou mais aditivos incompatíveis ou mesmo pela incompatibilidade deste com a matriz estrutural do alimento. Esses resultados enfatizaram, além da importância dos métodos e aditivos para conservação, a dificuldade que a indústria enfrenta na escolha de aditivos que garantam a segurança e estabilidade dos sistemas, como molhos para salada.

2.6.3. Irradiação em molhos

As propriedades físico-químicas dos molhos doces, como o mel foram estudadas mediante os efeitos da radiação gama e os resultados obtidos para doses de 10 kGy estavam dentro dos limites oficiais brasileiros (Bera et al., 2009).

O mel é uma mistura complexa de compostos químicos, altamente concentrado em açúcares, muito usado em condimentos, molhos do tipo *barbecue*, em manteiga de amendoim e também em molhos para salada. Um estudo com méis brasileiros, tratados com radiação gama, não demonstrou alteração no seu comportamento reológico. A irradiação gama, nas doses estudadas de 5 kGy e 10 kGy, não influenciou a viscosidade do mel e a sua propriedade reológica o que confirma o seu comportamento Newtoniano (Sabato, 2004).

Molhos de anchovas salgadas e fermentadas foram estudados por Kim et al. (2004) em quatro diferentes doses de radiação, 2,5 kGy, 5 kGy, 7,5 kGy e 10 kGy. Os resultados desses tratamentos mostraram poder melhorar a qualidade sensorial do molho, por meio da redução do cheiro de peixe característico e melhora da aparência pela mudança de coloração. As amostras de 2,5 kGy e 5 kGy, em geral, tiveram melhores pontuações na

avalição do gosto, mesmo em relação às amostras controles. Após 12 semanas de estocagem os melhores valores foram apresentados pelas amostras irradiadas com 5 kGy.

O efeito da irradiação nas doses de 2,5 kGy, 5,0 kGy e 10 kGy, também foi estudado e comparado em relação à pasteurização em molho Bulgogi, um molho de carne e vegetais com especiarias tradicionalmente consumidas na Coréia. A irradiação às baixas doses (2,5 kGy e 5,0 kGy) mostrou-se eficaz para garantir a segurança microbiológica com qualidade sensorial aceitável. Jo et al. (2003) verificaram que a irradiação além de inibir o crescimento de microrganismos termofílicos, duplicava o período de conservação do molho em relação ao tratamento térmico.

A qualidade e a segurança microbiológica de molhos Bulgogi também foram avaliadas em resposta ao efeito de altas doses de radiação gama em comparação ao tratamento térmico. Park et al. (2012), verificaram que entre as doses estudadas (10 kGy, 20 kGy, 30 kGy e 40 kGy), a dose de 10 kGy foi a que melhor atendeu ao interesse de prolongar o tempo de prateleira, bem como o prazo de validade do produto, sem comprometer a qualidade.

Os efeitos da radiação gama foram avaliados em molhos Dakgalbi, preparados com pedaços de frango, ervas e especiarias, em dois protocolos de preparo. No primeiro, os ingredientes foram irradiados separadamente antes do cozimento. O segundo protocolo de preparo realizou, antes, o cozimento da carne e do molho para uma vez pronto, ser irradiado. Os resultados desse estudo realizado por Yoon et al. (2012) indicaram que a irradiação aplicada de acordo com o segundo protocolo, após o molho estar pronto foi o método mais efetivo para a redução do crescimento microbiológico.

2.7. Análise sensorial

A análise sensorial é uma ciência interdisciplinar na qual os avaliadores que se utilizam da complexa interação dos órgãos dos sentidos (visão, gosto, tato e audição), medem as características sensoriais e a aceitabilidade dos produtos como os alimentícios (Watts et al., 1992 citado por Lanzillotti & Lanzillott, 1999).

Aproximadamente há duas décadas, a análise sensorial deixou de ser uma atividade secundária e empírica e passou a se enquadrar como disciplina científica pela ABNT. A norma brasileira (NBR) n° 12806, a define como sendo uma disciplina científica usada para evocar, medir, analisar e interpretar reações das características dos alimentos e

materiais como são percebidas pelos sentidos da visão, olfato, gosto, tato e audição (ABNT, 1993).

Os métodos sensoriais são baseados nas respostas aos estímulos, que produzem sensações cujas dimensões são: intensidade, extensão, duração, qualidade e prazer ou desprazer. Enquanto os estímulos podem ser medidos por métodos físicos e químicos, as sensações são medidas por processos psicológicos (Lanzillotti & Lanzillott, 1999).

O objetivo da avaliação sensorial é detectar, entre os produtos, as diferenças perceptíveis na intensidade de alguns atributos (Ferreira et al., 2000). Conforme o produto ou o atributo sensorial que será avaliado e finalidade do estudo será escolhido o métodos de análise sensorial adequado. De acordo com a classificação referida na NBR n° 12994, e segundo o IFT Sensory Evaluation Division (1995) os métodos de análise sensorial dos alimentos e bebidas são classificados em: discriminativos, descritivos e subjetivos (ABNT, 1993).

Os métodos descritivos permitem a avaliação da intensidade dos atributos sensoriais, descrevem qualitativa e quantitativamente, as amostras e requerem um painel de provadores treinados, enquanto os discriminativos estabelecem diferenciação qualitativa e/ou quantitativa entre as amostras.

O método subjetivo ou afetivo avalia a aceitação e preferência do consumidor diante das amostras. O teste de aceitação verifica quanto o consumidor gosta ou desgosta da amostra e o teste de preferência determina quanto um produto é preferido em relação a outro pelo consumidor.

A escala hedônica é usada para medir o nível de preferência de produtos alimentícios por uma população. O gostar ou desgostar, de um alimento, é medido por meio da escala hedônica afetiva pela conversão deste, gostar ou desgostar, em escores numéricos que são analisados estatisticamente para determinar a diferença no grau de preferência entre amostras de acordo com a NBR n° 14141 (ABNT, 1998).

Uma das aplicações dos testes afetivos é a manutenção da qualidade do produto por uma avaliação das variações de aceitabilidade em função de alterações, por exemplo, no processo (PROFIQUA, 2002).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho de pequisa foi realizado em duas fases:

A) Fase 1 - Análises realizadas logo após o processo de irradiação, com as amostras próximas a sua data de fabricação e

B) Fase 2 - Análises realizadas com as mesmas amostras da fase 1, após seis meses de armazenamento, ou seja, próximas à data de expiração de sua validade.

O texto relativo à metodologia bem como os resultados serão apresentados em itens, de acordo com as fases 1 e 2.

3.1. Materiais

Foram selecionados 11 tipos de molhos comerciais para salada, pronto para consumo, comercializados no mercado varejista de São Paulo (FIG. 6). A escolha dos molhos baseou-se na popularidade, portanto na maior disponibilidade e menor valor agregado destes no mercado.

FIGURA 6 – Imagem dos 11 molhos comerciais para salada analisados.

A descrição da composição contida no rótulo de cada um dos molhos avaliados consta na TAB. 3.

3.1.1. Acondicionamento

As amostras foram acondicionadas à temperatura ambiente de forma a reproduzir as condições semelhantes aos postos de vendas para o consumidor. Uma vez abertas para primeiras análises foram mantidas sob-refrigeração a 5±1ºC até o momento das próximas análises.

3.2. Irradiação

As amostras de molhos para salada foram irradiadas na sua forma comercial em embalagem de Poli(tereftalato de etileno) - Pet, material aprovado pelo F.D.A. de acordo com CFR 21 n° 179.45 (FDA, 2012b).

As irradiações foram realizadas à temperatura ambiente, com raios gama (Cobalto 60), no irradiador multipropósito do Centro de Tecnologia das Radiações (IPEN-CNEN/SP) (FIG. 7), nas doses de 3 kGy e 5 kGy, de acordo com o preconizado por Jo et al., (2003).

Os procedimentos foram de acordo com o regulamento técnico para irradiação de alimentos RDC n° 21 (ANVISA, 2001b). As amostras controle foram expostas as mesmas variações de temperatura que as amostras irradiadas expuseram-se durante o processo de irradiação.

O irradiador multipropósito foi escolhido dentre os outros disponíveis para pesquisa no IPEN-CNEN/SP, pois é o que mais se assemelha a realidade comercial, sendo operado a taxa de dose de 5 kGy/hora em janeiro de 2012, período de irradiação das amostras analisadas.

A dose distribuída foi controlada por dosímetros de rotina Amber 603 nm (Harwell, *United Kingdon*). O controle foi conduzido pelo Laboratório de Dosimetria em processos de irradiação do Centro de Tecnologia das Radiações, de acordo com o guia internacional da Agência Internacional de Energia Atômica – AIEA.

FIGURA 7 - Irradiador Multipropósito Instalado no Centro de Tecnologia das Radiações do IPEN (CNEN-SP).

3.3. Análise de pH - Fase 1

As medidas de pH foram realizadas em pHmetro digital (marca Micronal - modelo B274), acoplado com sensor de temperatura presente no Laboratório de Ánalises Físico Químicas do IPEN-CNEN/SP. Foram analisadas 15 mL de molho previamente homogeneizado, sob agitação magnética, com o probe e o termômetro do potenciômetro dentro da amostra, e após cada medida, o eletrodo foi lavado com água destilada (AOAC, 1995).

3.4. Análises reológicas - Fase 1

O estudo reológico foi realizado em um viscosímetro Brookfield modelo LV-DVIII – BR, Série N° R23289, calibrado pela empresa Extralab Brasil (FIG. 8). Para as análises foi utilizado um copo adaptador para pequenas amostras, com capacidade de 8 mL e spindle SC4 - 34 para todas as amostras, como descrito nos estudos de (Lin & Hung, 1993; Sabato & Lacroix 2002; Sabato 2004 e Paraskevopoulou et al., 2007). No momento da

análise, cada molho para salada permaneceu à temperatura ambiente (25ºC) até que a temperatura de equilíbrio fosse atingida.

O banho Neslab operou com água destilada à temperatura ambiente (25ºC ± 2ºC). As amostras permaneceram no copo do viscosímetro até atingir o equilíbrio térmico com o banho, antes que as medidas fossem efetuadas.

Todas as medidas de viscosidade, tensão de cisalhamento e parâmetros reológicos foram feitas no mínimo em triplicata e cada amostra foi mantida em rotação 20 segundos no sistema antes da primeira medida. A média das medidas foi utilizada para os reogramas da tensão de cisalhamento e viscosidade por taxa de cisalhamento, assim como para a avaliação dos parâmetros reológicos.

Rheocalc para *Windows* foi empregado para coleta dos dados, um programa de *software MS-Windows* para captação e armazenamento de dados.

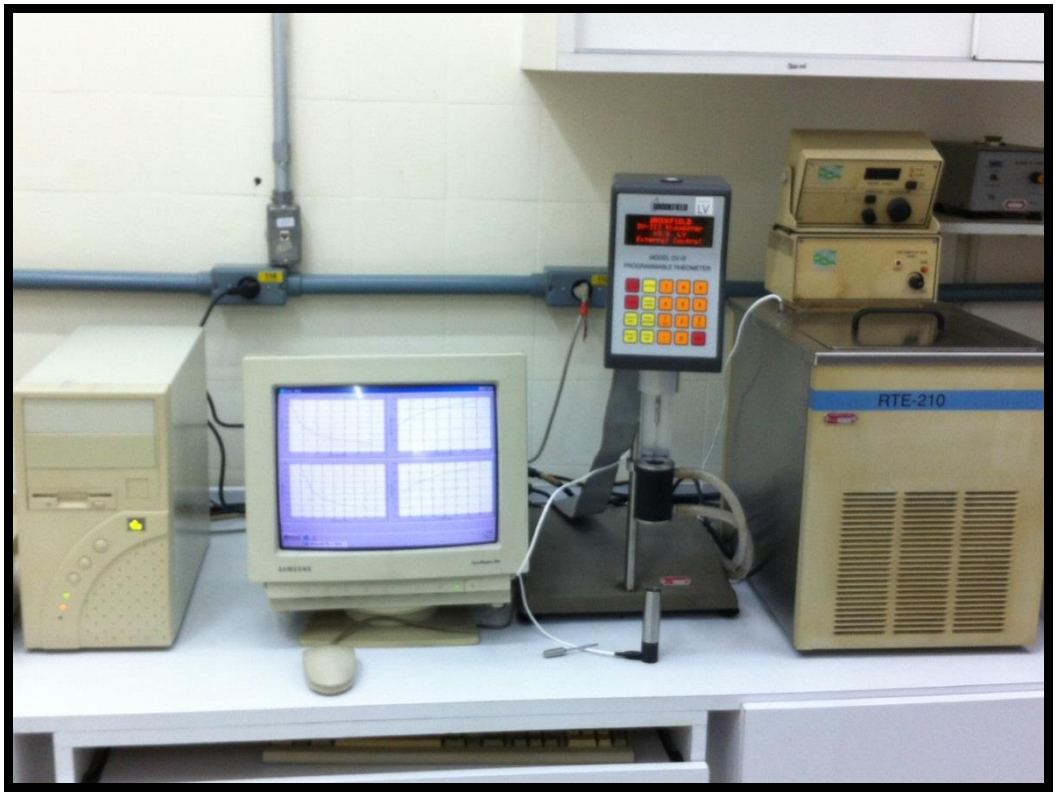

FIGURA 8 – Imagem do viscosímetro de Brookfield, fuso SC4 – 34, copo adaptador acoplado ao sensor térmico e banho térmico utilizados no Laboratório de Análises Físico-Químicas do IPEN-CNEN/SP.

3.4.1. Tensão de cisalhamento em função da taxa de cisalhamento

Cada reograma foi medido a diferentes taxas de cisalhamento (0,1 a 245 s^{-1}) que inclui aumento gradativo entre os limites, mínimo e máximo, de detecção de acordo com a composição do molho e as variáveis de ajuste do equipamento (Sabato, 2004).

3.4.2. Viscosidade em função da taxa de cisalhamento

A viscosidade foi medida nas mesmas amostras e periodicidade que o ensaio anterior (item 3.4.1.**)**. Para essa medição, a rotação ou taxa de cisalhamento também foi fixada em função das variáveis dos molhos e de ajuste do equipamento.

3.4.3. Parâmetros Reológicos

Os parâmetros reológicos foram analisados em triplicata, por meio dos resultados das medidas da tensão de cisalhamento e da viscosidade pela taxa de cisalhamento. A média de cada parâmetro foi usada na escolha do melhor modelo matemático a que cada amostra se aplicava.

3.5. Análise de pH - Fase 2

As análises da fase 2 foram realizadas com as mesmas amostras e os mesmos 11 molhos comerciais, analisados na fase 1.

As medidas de pH foram realizadas de acordo com a metodologia da fase1 (item 3.3.) em pHmetro digital (marca Micronal - modelo B274), (AOAC, 1995).

3.6. Análises reológicas - Fase 2

As mesmas amostras da fase 1 foram reavaliadas para confirmar o comportamento reológico encontrado na fase 1 e verificar sua estabilidade durante o período de armazenamento, próximo ao prazo de validade determinado pelo fabricante.

O comportamento do fluído foi estudado na segunda fase no mesmo viscosímetro e com o mesmo spindle SC4 – 34, de acordo com a mesma metodologia empregada na fase1 (item 3.4.) (Lin & Hung, 1993; Sabato & Lacroix, 2002; Sabato, 2004 e Paraskevopoulou et al., 2007).

Nesta fase, todos os tratamentos, de cada molho comercial para salada foram analisados no mesmo dia.

3.6.1. Tensão de cisalhamento em função da taxa de cisalhamento

Cada reograma foi medido a diferentes taxas de cisalhamento (de 0,1 a 245 s^{-1}) que inclui aumento gradativo entre os limites, mínimo e máximo, de detecção da mesma maneira que na fase 1 (item 3.4.1) (Sabato, 2004).

3.6.2. Viscosidade em função da taxa de cisalhamento

As medidas de viscosidade foram feitas com a mesma metodologia da fase 1 (item 3.4.2.).

3.6.3. Parâmetros Reológicos

Os parâmetros reológicos foram analisados por meio dos resultados das medições da tensão de cisalhamento e viscosidade por taxa de cisalhamento da fase 2, conforme o item 3.4.3.

3.7. Análise Sensorial

As análises sensoriais foram realizadas com painel não treinado, composto de estudantes e funcionários do Instituto - IPEN-CNEN/SP (n=52). Para tanto, foram avaliados os parâmetros cor, sabor, aroma e aparência geral.

Os painelistas foram solicitados a pontuar as amostras após prová-las expressando sua aceitação gosto/não gosto usando a escala hedônica de nove pontos de acordo com o ANEXO A sendo 1 “desgosto extremamente” e 9 “gosto extremamente” (ASTM 1973; ASTM, 2010).

Os testes foram conduzidos em mesas individuais, com luz natural em ambiente silencioso e ventilado. Água mineral e biscoito de água foram servidos como neutralizadores de paladar e instruções para análise foram expostas sobre as mesas (ANEXO B).

As amostras compostas de 15 mL de molho foram servidas à temperatura ambiente (25ºC) em copo plástico de 50 mL e como suporte utilizou-se alface tipo americana processada pronta para consumo (FIG. 9). Uma colher de 5 mL foi oferecida como talher (Chatsisvili et al., 2012).

As amostras foram codificadas com numeração de três dígitos e foram servidas em ordem aleatória para cada participante.

A escolha dos dois molhos, Italiano Master Food (M7) e Mostarda e Mel (M2) selecionados entre os onze tipos estudados foi determinada em função da composição e dos resultados obtidos nas análises reológicas.

As análises sensoriais foram conduzidas para verificar a aceitabilidade dos molhos comerciais para salada, pronto para consumo, submetidos ao tratamento por radiação gama.

FIGURA 9 – Imagem representativa da apresentação das amostras dos molhos comerciais para salada durante a análise sensorial.

3.8. Tratamento dos Dados

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e ao teste de Tukey, sendo expresso como a média dos resultados ± desvio padrão. As análises estatísticas foram realizadas através do programa Graph Pad 5 e adotando-se nível de significância de 5% ($p<0,05$).

4. RESULTADOS

4.1. Análise de pH – Fase 1

Os valores das médias das medidas de pH dos 10 molhos comerciais para saladas estão apresentados na TAB. 4.

TABELA 4 – Médias dos valores de pH para molhos comerciais para salada irradiados e controle na fase 1.

Molhos	Controle	3 kGy	5 kGy
M1	3.12 ± 0.05[a]	3.11 ± 0.01 [a]	3.15 ± 0.01 [a]
M3	3.31 ± 0.03 [a]	3.34 ± 0.03 [a]	3.39 ± 0.02 [a]
M4	2.94 ± 0.05 [a]	3.01 ± 0.01 [a]	3.03 ± 0.10 [a]
M6	3.64 ± 0.03 [a]	3.66 ± 0.03 [a]	3.67 ± 0.02 [a]
M7	4.06 ± 0.01 [a]	4.07 ± 0.01 [a]	4.09 ± 0.02 [a]
M8	3.5 ±0.02 [a]	3.53 ± 0.01 [a]	3.54 ± 0.01 [a]
M9	3.72 ± 0.02 [a]	3.75 ± 0.01 [a]	3.76 ± 0.01 [a]
M10	2.76 ± 0.02 [a]	2.75 ± 0.01 [a]	2.81 ± 0.01 [a]

a, Médias seguidas da mesma letra na coluna não apresentam diferença estatística por Tukey ao nível de 5%.

4.2. Análises Reológicas – Fase 1

4.2.1. Tensão de cisalhamento em função da taxa de cisalhamento

Os reogramas, curvas de tensão ou força de cisalhamento por taxa de cisalhamento (TC x TC), para as amostras irradiadas nas duas doses, 3 kGy e 5 kGy e amostras controle, estão mostradas nas FIG. 10 a 20 para cada um dos onze tipos de molhos comerciais para salada estudados na fase 1 das análises.

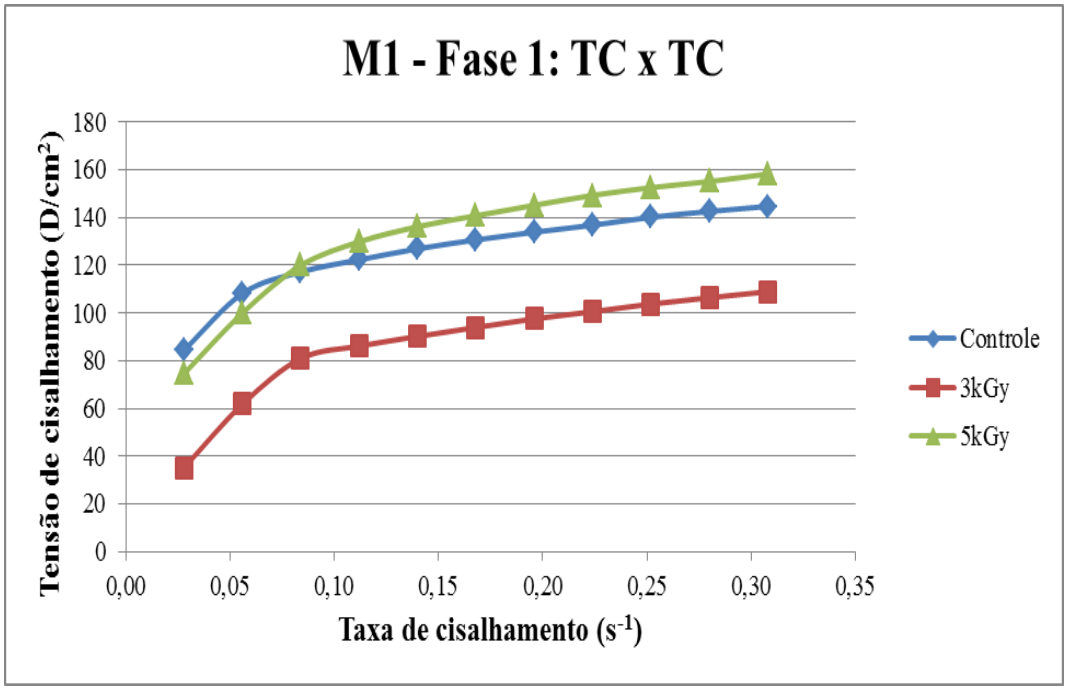

FIGURA 10 – Resultados da Tensão de cisalhamento x Taxa de cisalhamento do Molho Caseiro(M1) submetido a diferentes doses de radiação gama.

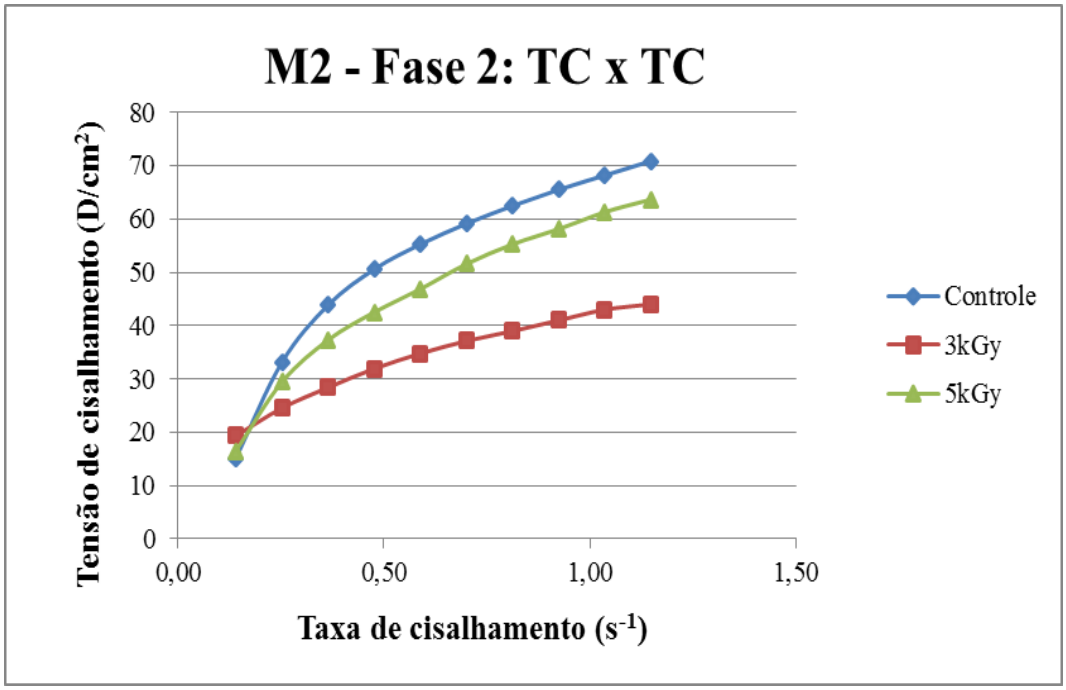

FIGURA 11 – Resultados da Tensão de cisalhamento x Taxa de cisalhamento do Molho de Mostarda e Mel (M2) submetido a diferentes doses de radiação gama

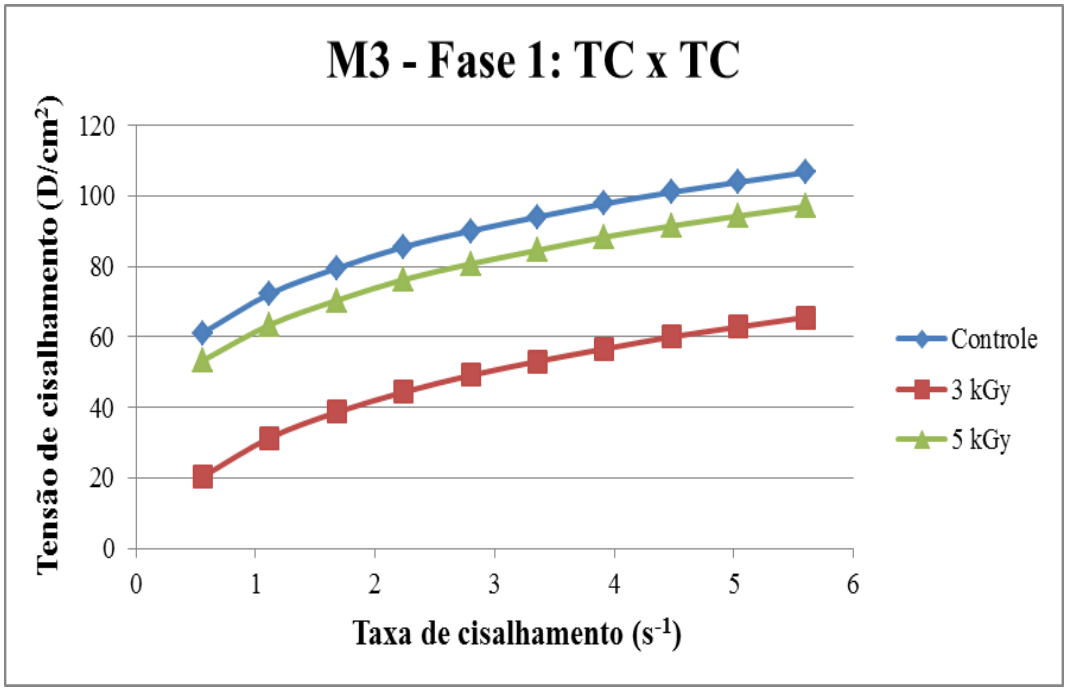

FIGURA 12 – Resultados da Tensão de cisalhamento x Taxa de cisalhamento do Molho de Iogurte (M3) submetido a diferentes doses de radiação gama.

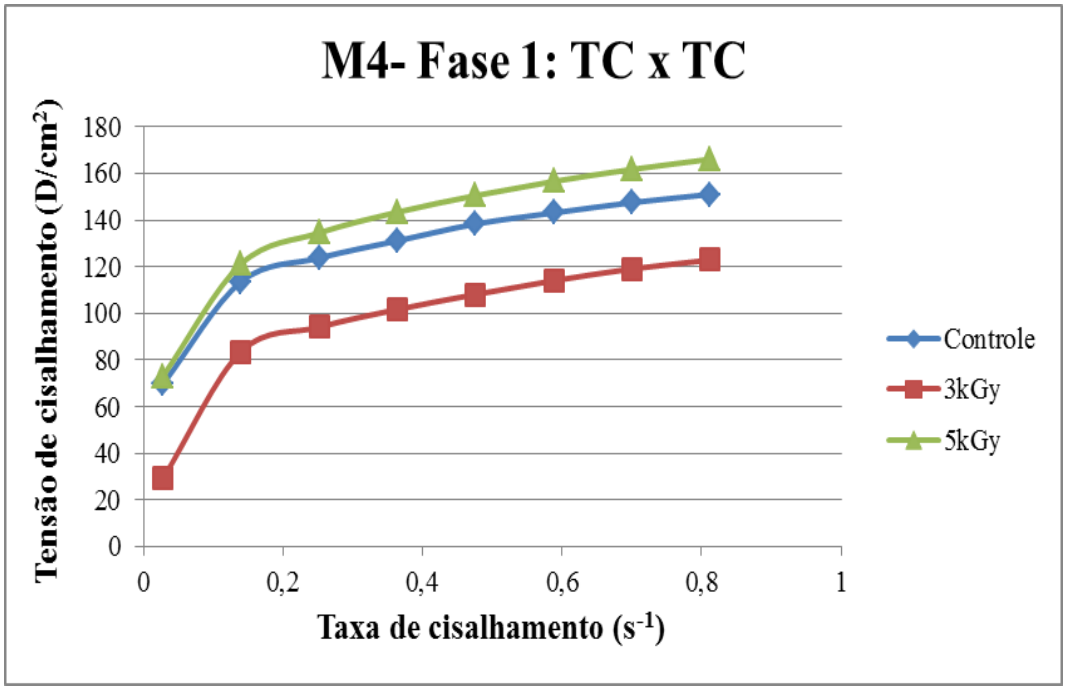

FIGURA 13 – Resultados da Tensão de cisalhamento x Taxa de cisalhamento do Molho Parmesão (M4) submetido a diferentes doses de radiação gama.

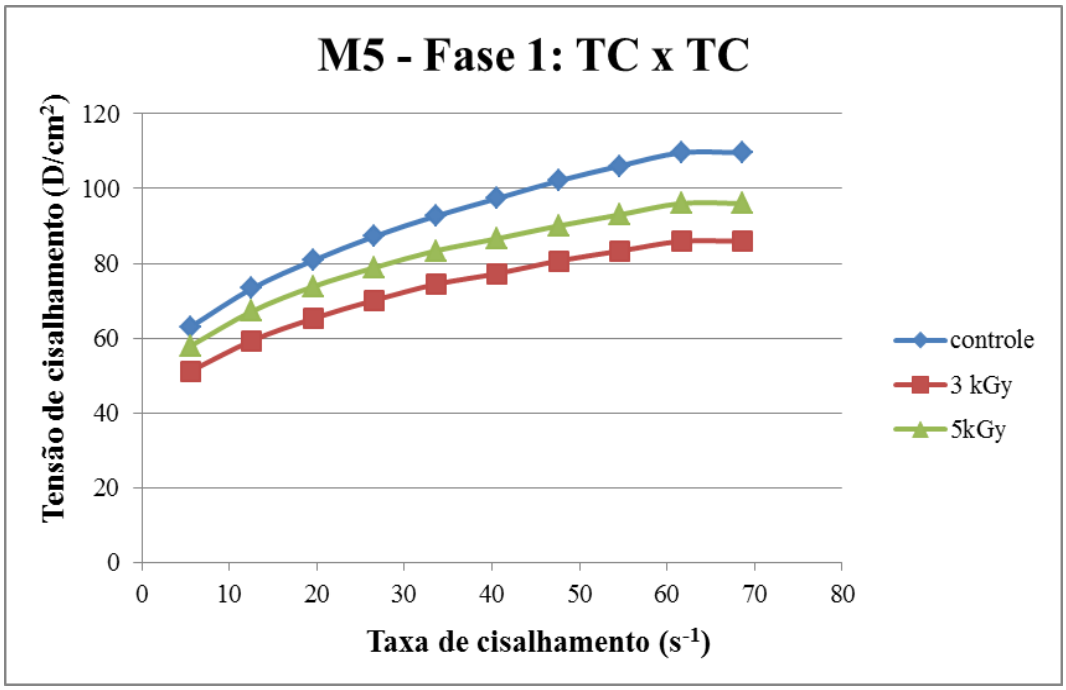

FIGURA 14 – Resultados da Tensão de cisalhamento x Taxa de cisalhamento do Molho Italiano (M5) submetido a diferentes doses de radiação gama.

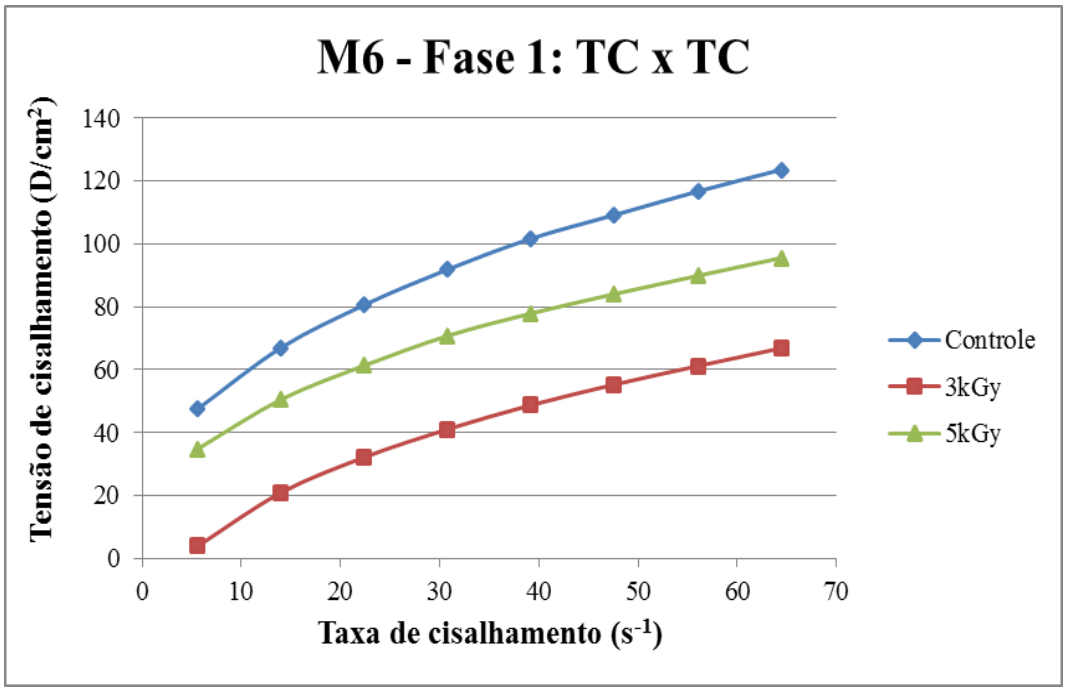

FIGURA 15 – Resultados da Tensão de cisalhamento x Taxa de cisalhamento do Molho Oriental Light(M6) submetido a diferentes doses de radiação gama.

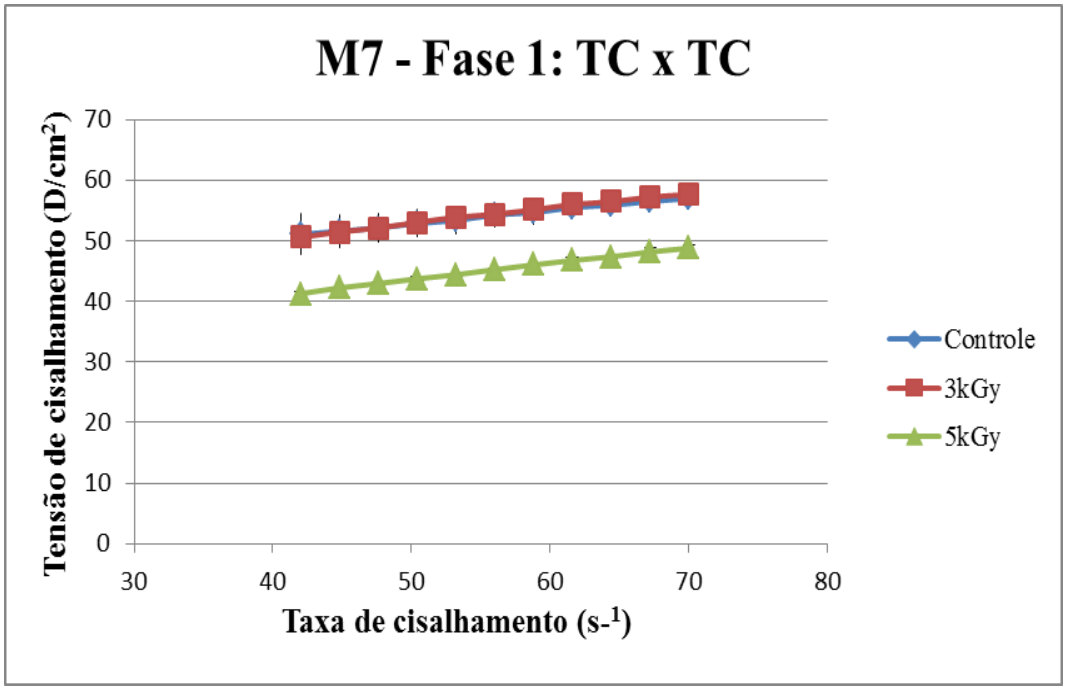

FIGURA 16 – Resultados da Tensão de cisalhamento x Taxa de cisalhamento do Molho Italiano (M7) submetido a diferentes doses de radiação gama.

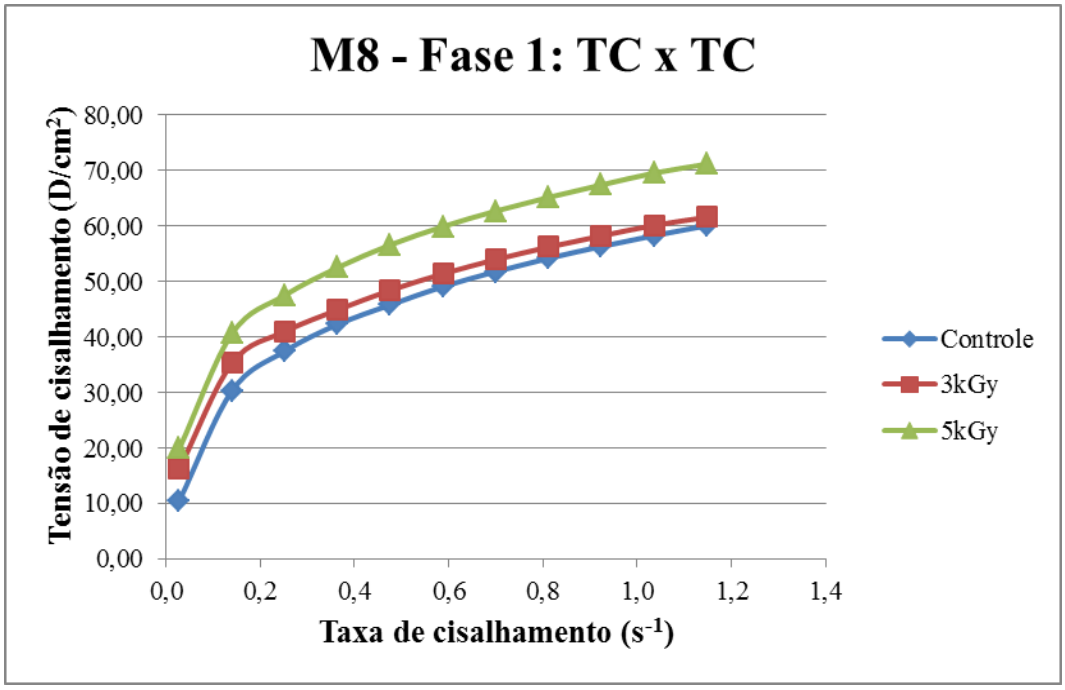

FIGURA 17 – Resultados da Tensão de cisalhamento x Taxa de cisalhamento do Molho de Limão Siciliano e Gergelim Light (M8) submetido a diferentes doses de radiação gama.

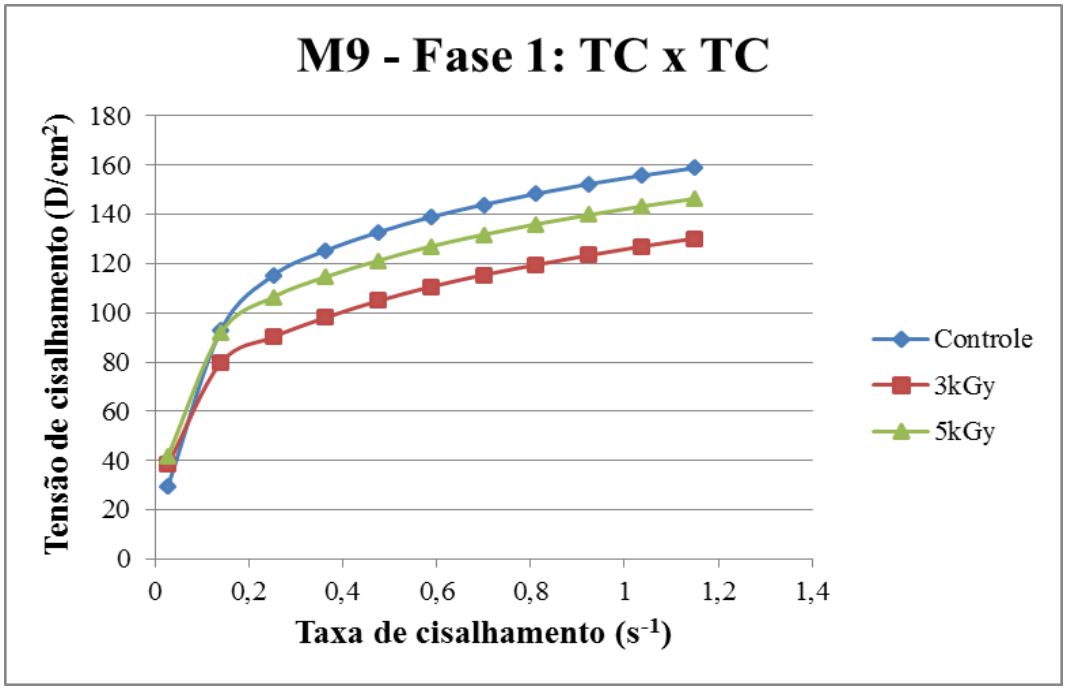

FIGURA 18 – Resultados da Tensão de cisalhamento x Taxa de cisalhamento do Molho Mostarda e Mel Light (M9) submetido a diferentes doses de radiação gama.

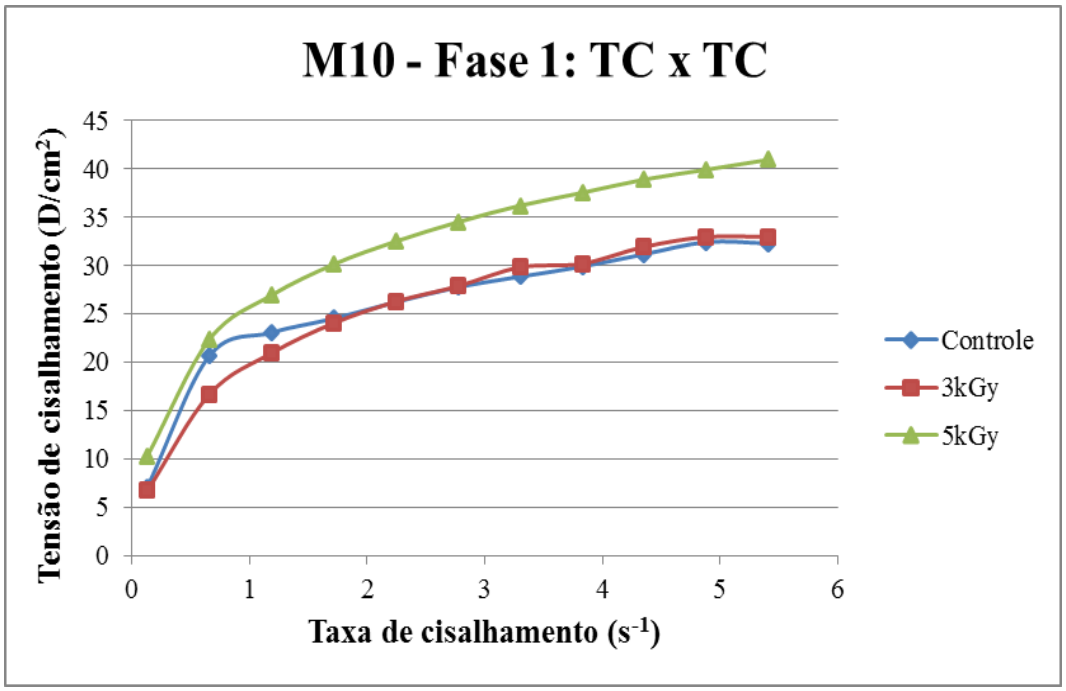

FIGURA 19 – Resultados da Tensão de cisalhamento x Taxa de cisalhamento do Molho de Limão (M10) submetido a diferentes doses de radiação gama.

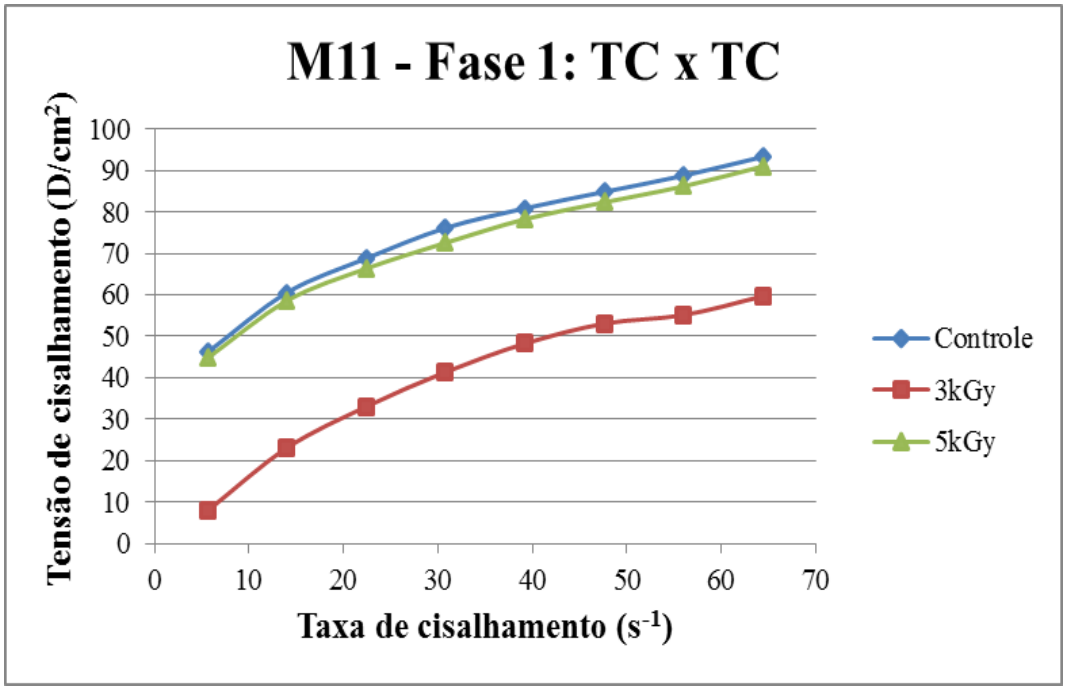

FIGURA 20 – Resultados da tensão de cisalhamento x Taxa de cisalhamento do Molho Italiano Light (M11) submetido a diferentes doses de radiação gama.

4.2.2. Viscosidade em função da taxa de cisalhamento

Outra forma de verificar o comportamento reológico de emulsões não newtonianas ou pseudoplásticas é através da representação da viscosidade pela taxa de cisalhamento. As curvas da viscosidade por taxa de cisalhamento (Viscosidade x TC), para as amostras irradiadas nas duas doses, 3 kGy e 5 kGy e amostras controle são mostradas nas FIG. 21 a 31, para cada um dos onze tipos de molhos comerciais para salada estudados na fase 1 das análises.

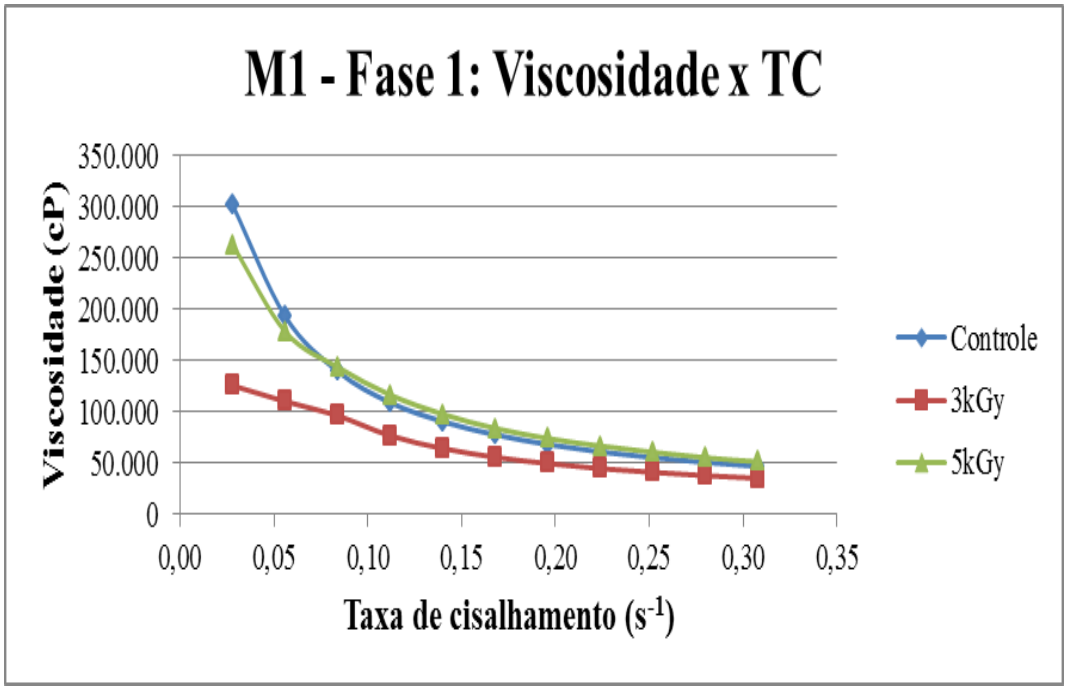

FIGURA 21 – Resultados da Viscosidade x Taxa de cisalhamento do Molho Caseiro (M1) submetido a diferentes doses de radiação gama.

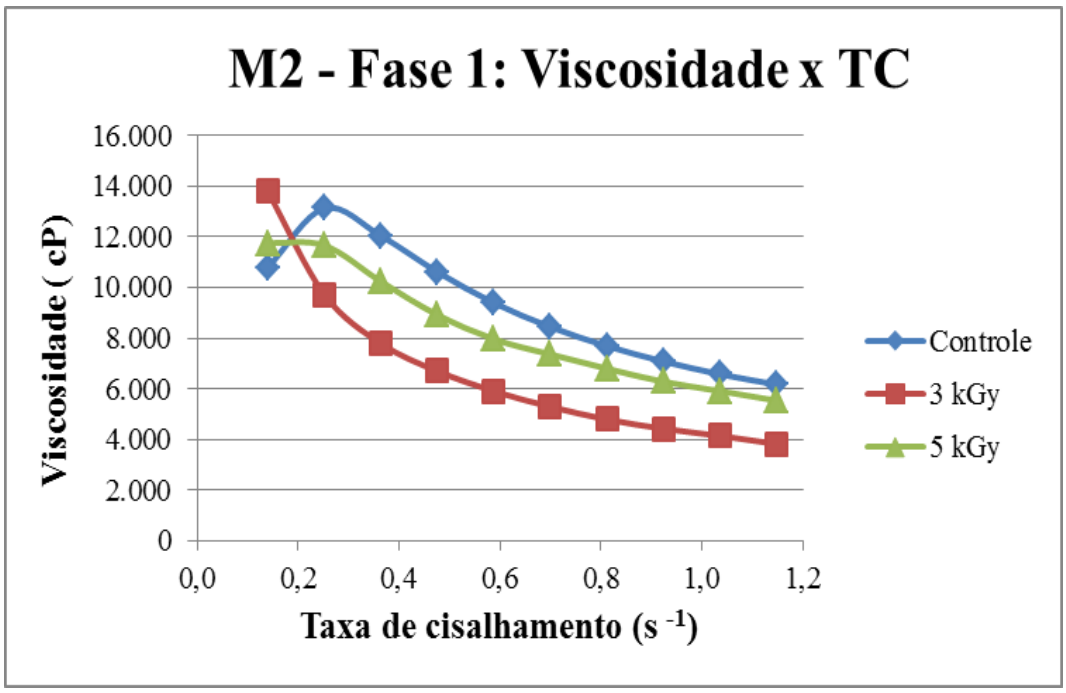

FIGURA 22 – Resultados da Viscosidade x Taxa de cisalhamento do Molho de Mostarda e Mel (M2) submetido a diferentes doses de radiação gama.

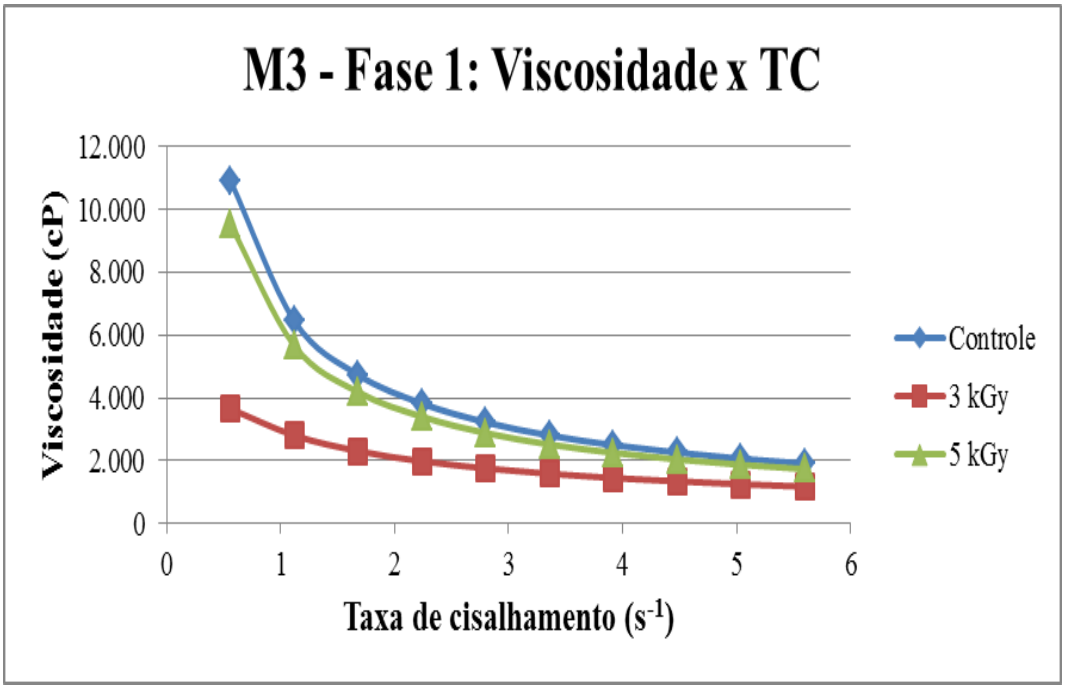

FIGURA 23 – Resultados da Viscosidade x Taxa de cisalhamento do Molho de Iogurte (M3) submetido a diferentes doses de radiação gama.

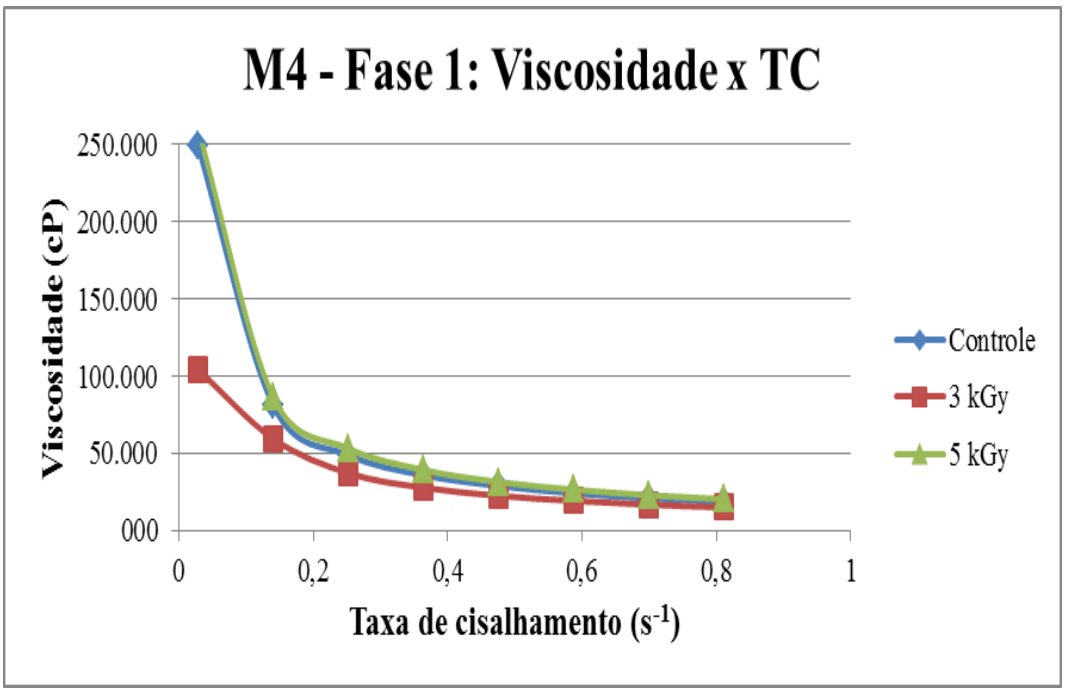

FIGURA 24 – Resultados da Viscosidade x Taxa de cisalhamento do Molho Parmesão (M4) submetido a diferentes doses de radiação gama.

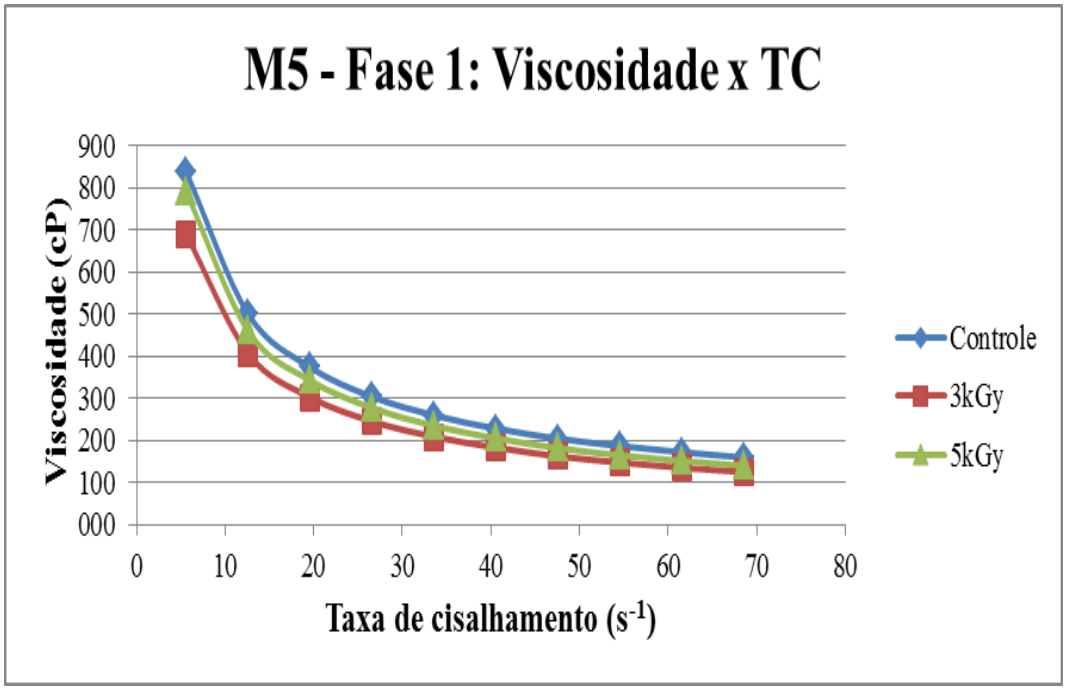

FIGURA 25 – Resultados da Viscosidade x Taxa de cisalhamento do Molho Italiano (M5) submetido a diferentes doses de radiação gama.

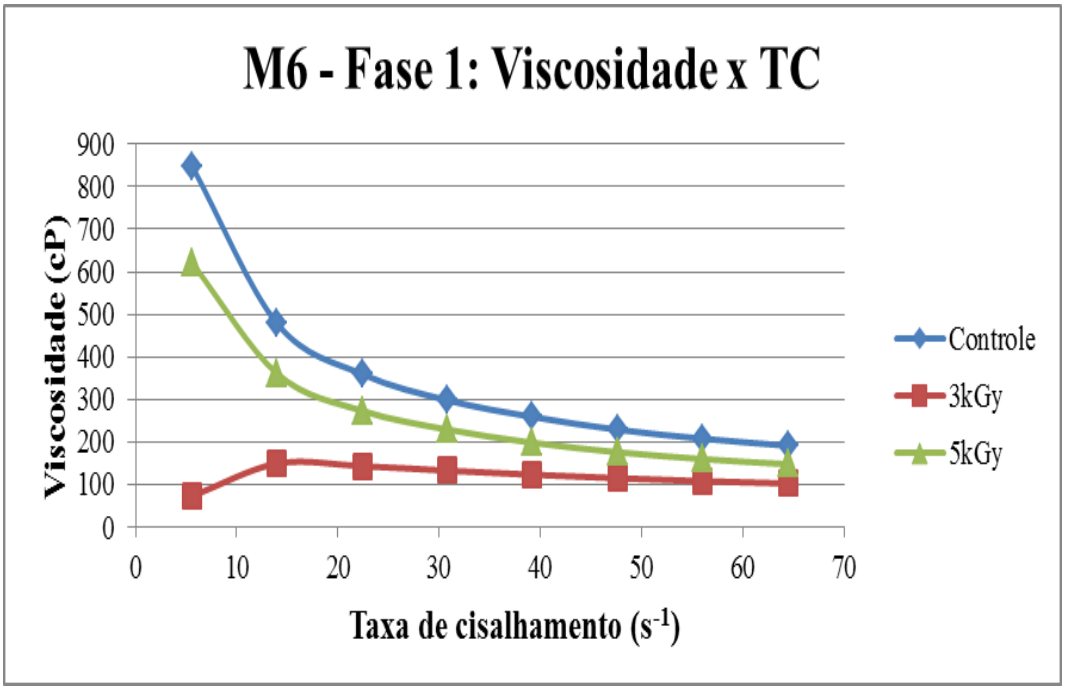

FIGURA 26 – Resultados da Viscosidade x Taxa de cisalhamento do Molho Oriental Light (M6) submetido a diferentes doses de radiação gama.

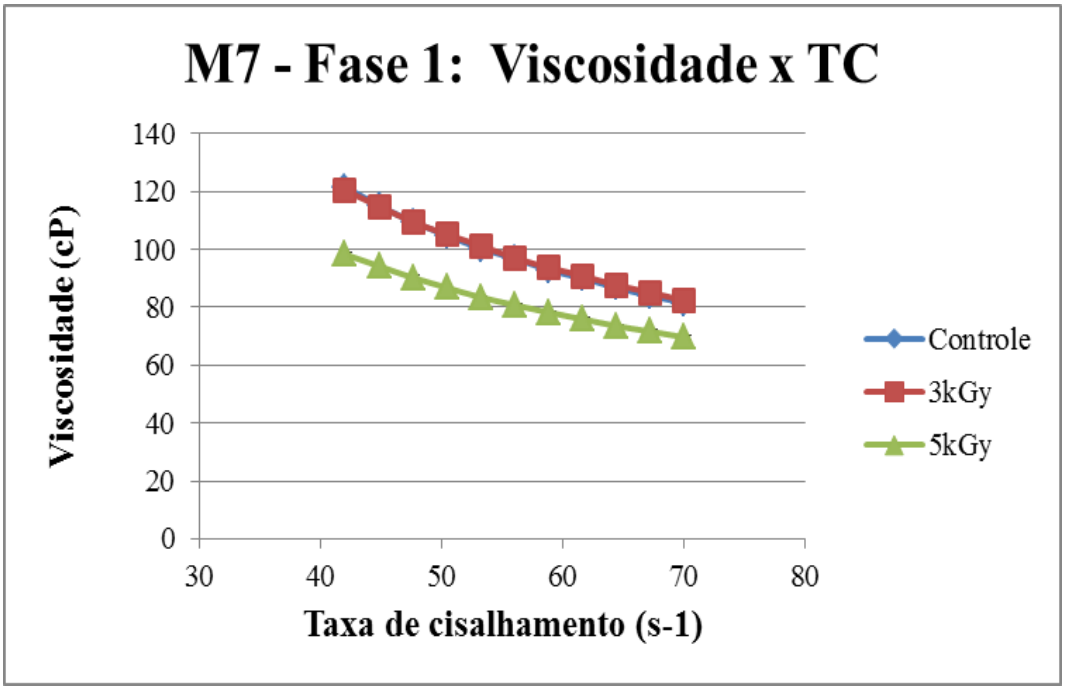

FIGURA 27 – Resultados da Viscosidade x Taxa de cisalhamento do Molho Italiano (M7) submetido a diferentes doses de radiação gama.

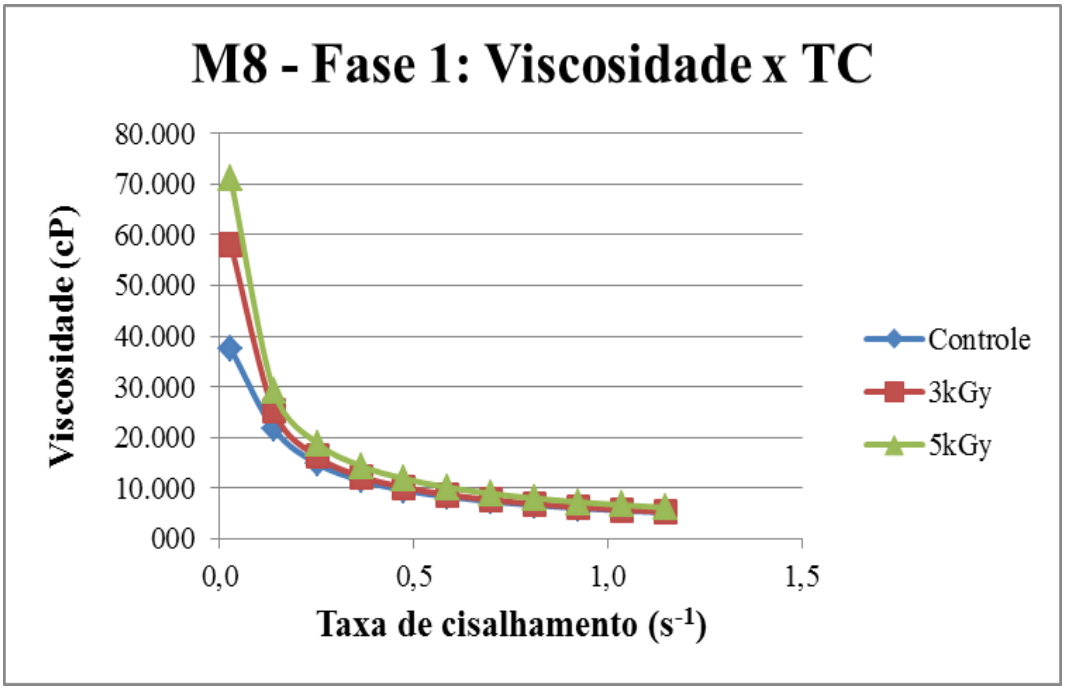

FIGURA 28 – Resultados da Viscosidade x Taxa de cisalhamento do Molho de Limão Siciliano com Gergelim light (M8) submetido a diferentes doses de radiação gama.

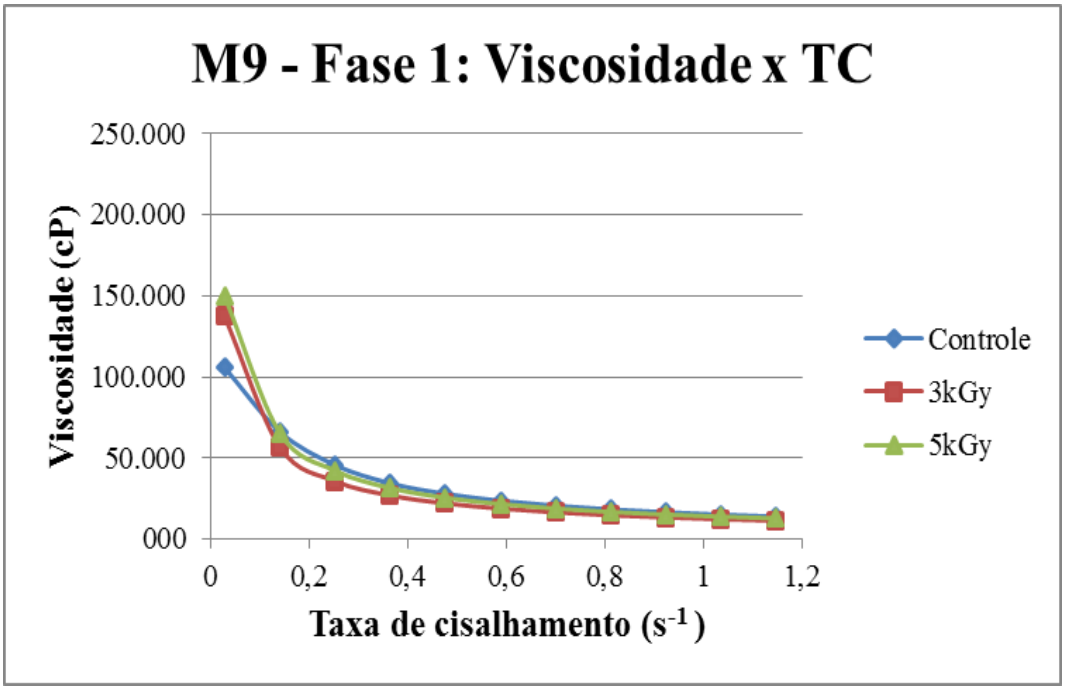

FIGURA 29 – Resultados da Viscosidade x Taxa de cisalhamento do Molho Mostarda e Mel Light (M9) submetido a diferentes doses de radiação gama.

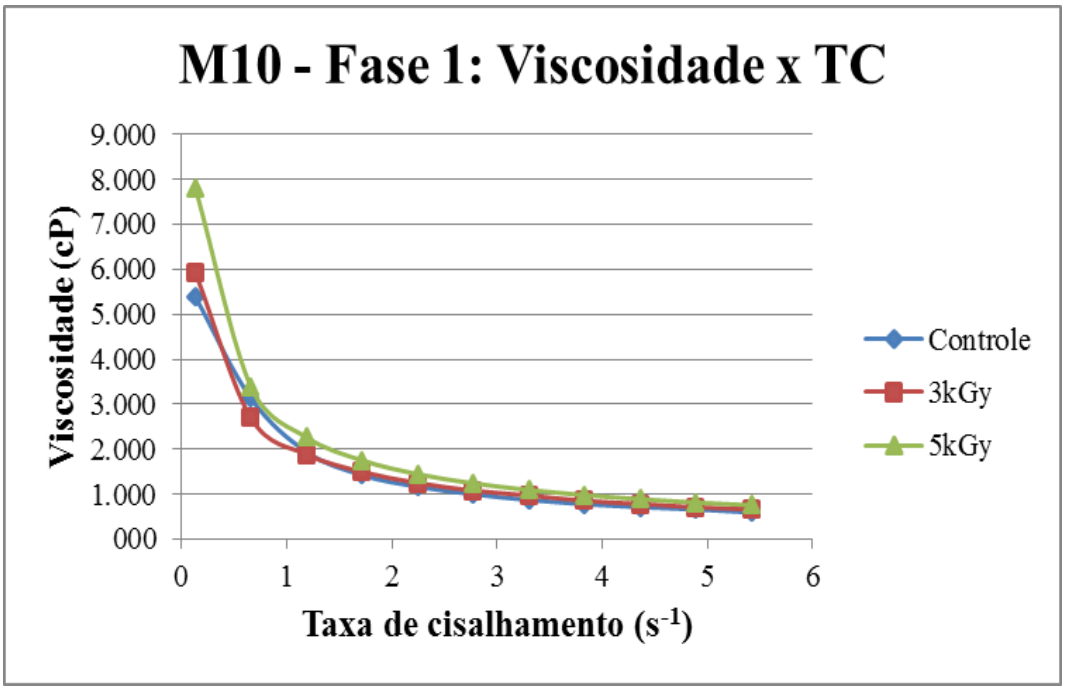

FIGURA 30 – Resultados da Viscosidade x Taxa de cisalhamento do Molho de Limão (M10) submetido a diferentes doses de radiação gama.

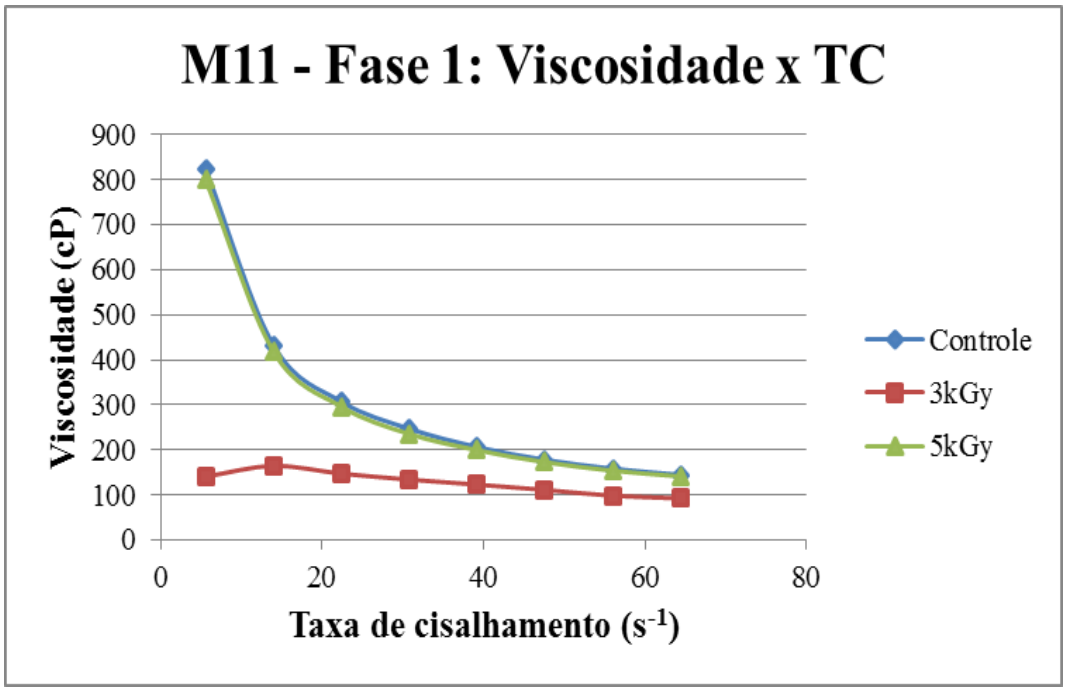

FIGURA 31 – Resultados da Viscosidade x Taxa de cisalhamento do Molho Italiano Light (M11) submetido a diferentes doses de radiação gama.

4.2.3. Parâmetros Reológicos – Fase 1

Os resultados obtidos das duas análises reológicas da tensão de cisalhamento e da viscosidade por taxa de cisalhamento foram analisados por meio do modelo matemático Ostwald-de-Waelle ou Lei da Potência (*Power law*).

Os parâmetros desse modelo como, tais como índice de consistência e índice do comportamento de escoamento, para cada um dos 11 molhos comerciais para salada estudados foram registrados. Na TAB. 5 são apresentados ainda os valores de R^2 que é um parâmetro de ajuste de confiança das medidas das amostras pelo equipamento, em relação ao melhor modelo matemático que se aplica a cada amostra.

TABELA 5 – Parâmetros *Power law* dos molhos comerciais para salada irradiados e controle na fase 1.

Molhos	**Parâmetros***	**VALIDADE (FASE 1)**		
		0 kGy	**3 kGy**	**5 kGy**
Caseiro Hellmann's (M1)	N	0,2	0,36	0,19
	K	18554	17296	19795
	R^2	98,7	95,3	99,3
Mostarda e Mel Liza (M2)	N	0,67	0,69	0,4
	K	7284	5256	4238
	R^2	89,1	89,2	99,4
Iogurte Liza (M3)	N	0,24	0,49	0,26
	K	7052	2886	6195
	R^2	98,3	97,7	99,8
Parmesão Hellmann's (M4)	N	0,28	0,35	0,25
	K	16258	13911	17950
	R^2	97,1	94,3	96,4
Italiano Hellmann's (M5)	N	0.35	0.32	0.31
	K	2615	2155	2809
	R^2	99.6	98.9	99.4
Oriental Taeq (M6)	N	0,38	0,55	0,39
	K	2399	1371	1874
	R^2	99,4	99,3	99,8
Italiano Master Food (M7)	N	0,24	0,26	0,31
	K	2093	1894	1294
	R^2	99,7	99,7	99,8
Limão Taeq (M8)	N	0,2	0,36	0,19
	K	18554	17296	19795
	R^2	98,7	95,3	99,3
Mostarda e Mel Light Taeq (M9)	N	0.47	0.26	0.38
	K	17371	12889	15472
	R^2	86.7	98.0	88.9
Limão Liza (M10)	N	0,41	0,37	0,39
	K	1747	1885	2787
	R^2	93,8	96,9	97
Italiano Taeq (M11)	N	0,28	0,28	0,29
	K	2814	2826	2741
	R^2	99	99,3	98,8

*n = índice de comportamento do escoamento, k = índice de consistência (cP) e R^2 = ajuste de confiança.

4.3. Analise de pH - Fase 2

Os valores das médias das medidas de pH dos 10 molhos comerciais para salada estão apresentados na TAB. 6.

TABELAS 6 – Médias de valores de pH para molhos comerciais para salada irradiados e controle na fase 2.

Molhos	Controle	3 kGy	5 kGy
M1	3,48 ± 0,01 [a]	3,55 ± 0,01 [b]	3,50 ± 0,01 [c]
M2	3,20 ± 0,01 [a]	3,21 ± 0,01 [a]	3,17 ± 0,01 [b]
M3	3,12 ± 0,01 [a]	3,11 ± 0,01 [a]	3,14 ± 0,01 [b]
M4	3,42 ± 0,01 [a]	3,42 ± 0,01 [a]	3,42 ± 0,01 [a]
M5	3,67 ± 0,01 [a]	3,67 ± 0,01 [a]	3,67 ± 0,01 [a]
M6	4,29 ± 0,01 [a]	4,29 ± 0,01 [a]	4,30 ± 0,06 [a]
M7	3,73 ± 0,27 [a]	3,71 ± 0,25 [a]	3,71 ± 0,24 [a]
M8	3,73 ± 0,01 [a]	3,71 ± 0,01 [a]	3,71 ± 0,01 [a]
M9	4,02 ± 0,01 [a]	4,06 ± 0,01 [b]	3,95 ± 0,01 [c]
M10	3,23 ± 0,01 [a]	3,22 ± 0,01 [a]	3,23 ± 0,01 [a]
M11	3,55 ± 0,01 [a]	3,55 ± 0,01 [a]	3,55 ± 0,01 [a]

a, b,c, Médias seguidas da mesma letra na coluna não apresentam diferença estatística por Tukey ao nível de 5%.

4.4. Análises Reológicas – Fase 2

4.4.1. Tensão de cisalhamento em função da taxa de cisalhamento

Os reogramas, curvas de tensão ou força de cisalhamento por taxa de cisalhamento (TC x TC), para as amostras irradiadas nas duas doses, 3 kGy e 5 kGy e amostras controle são mostradas nas FIG. 32 a 42 para cada um dos onze tipos de molhos comerciais para salada estudados na fase 2 das análises.

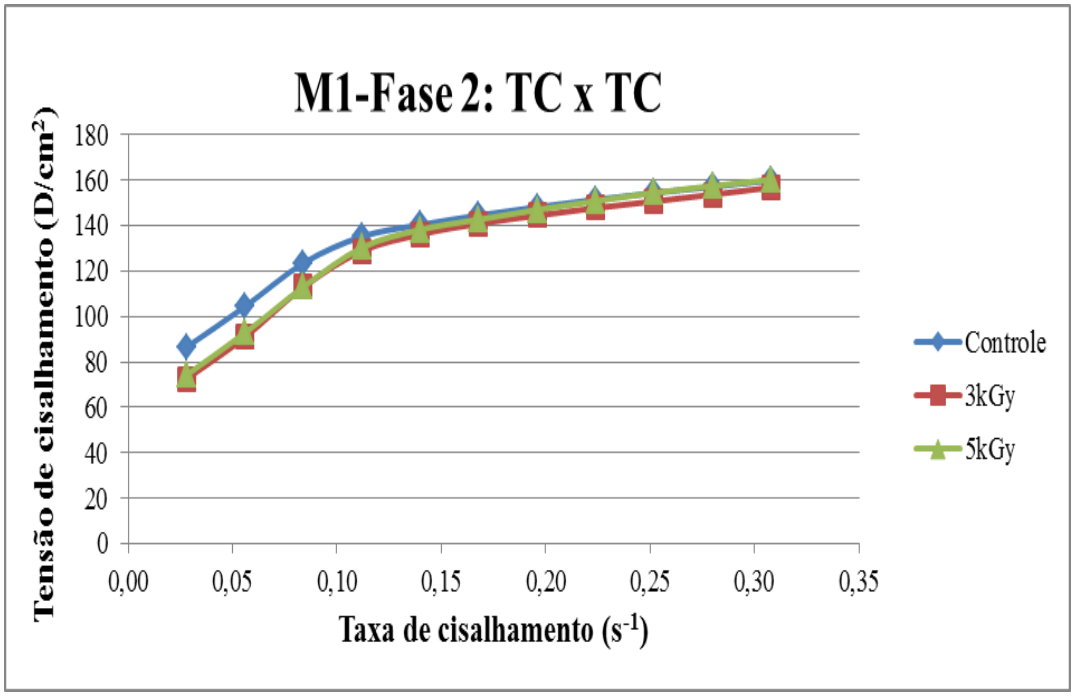

FIGURA 32 – Resultados da tensão de cisalhamento x Taxa de cisalhamento do Molho Caseiro (M1)submetido a diferentes doses de radiação gama.

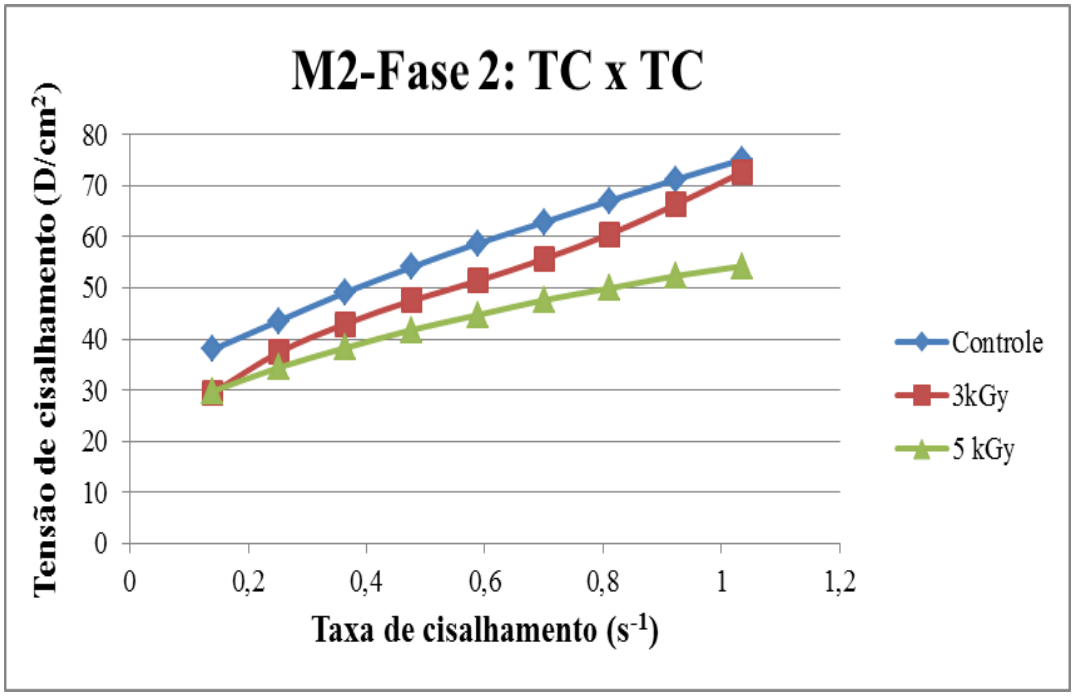

FIGURA 33 – Resultados da tensão de cisalhamento x Taxa de cisalhamento do Molho de Mostarda e Mel (M2) submetido a diferentes doses de radiação gama.

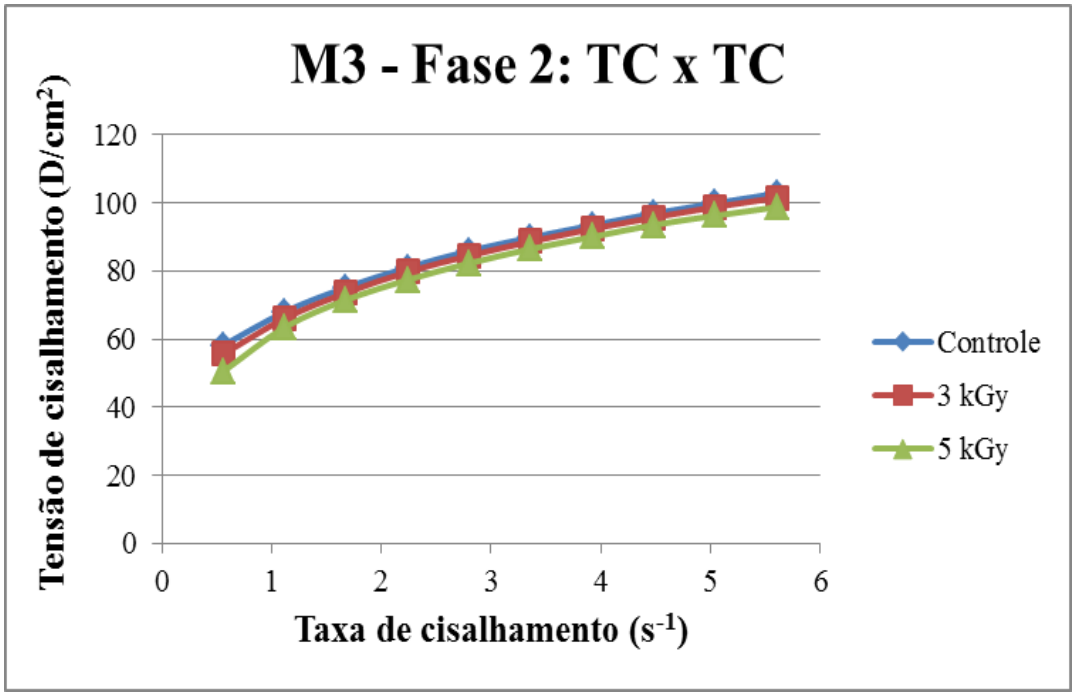

FIGURA 34 – Resultados da tensão de cisalhamento x Taxa de cisalhamento do Molho de Iogurte (M3)submetido a diferentes doses de radiação gama.

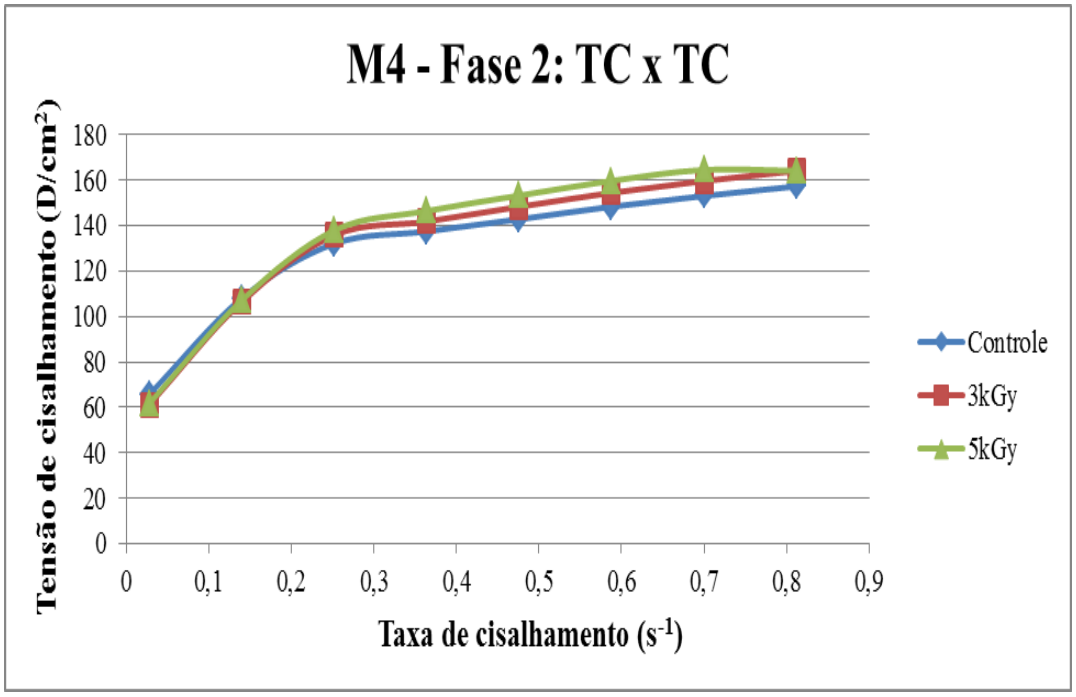

FIGURA 35 – Resultados da tensão de cisalhamento x Taxa de cisalhamento do Molho Parmesão (M4) submetido a diferentes doses de radiação gama.

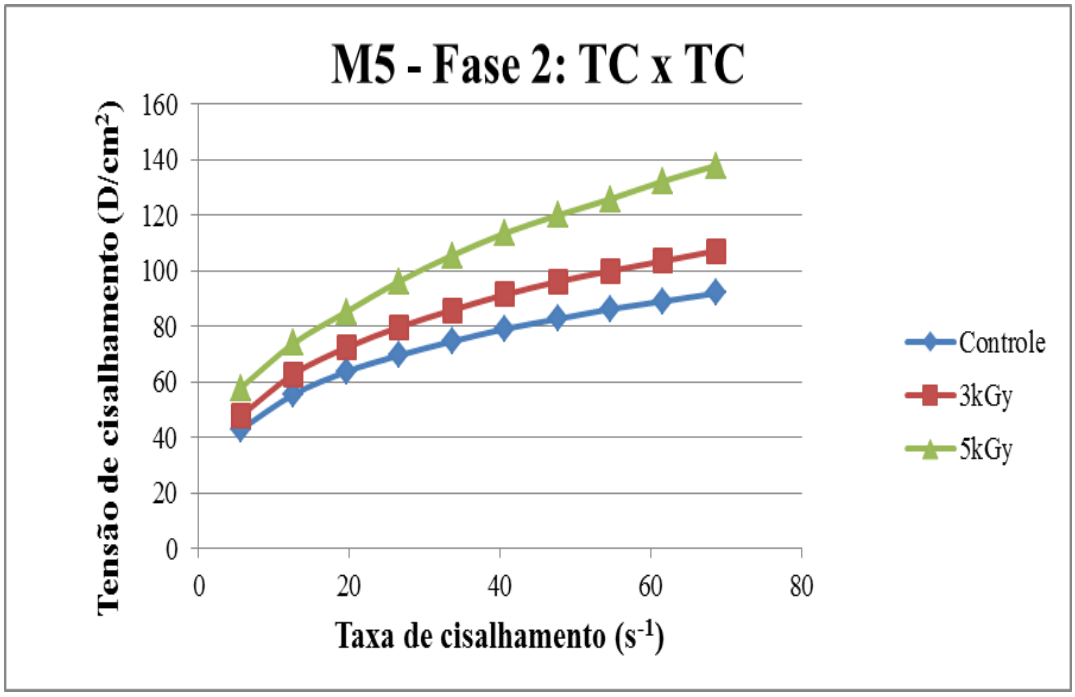

FIGURA 36 – Resultados da tensão de cisalhamento x Taxa de cisalhamento do Molho Italiano (M5) submetido a diferentes doses de radiação gama.

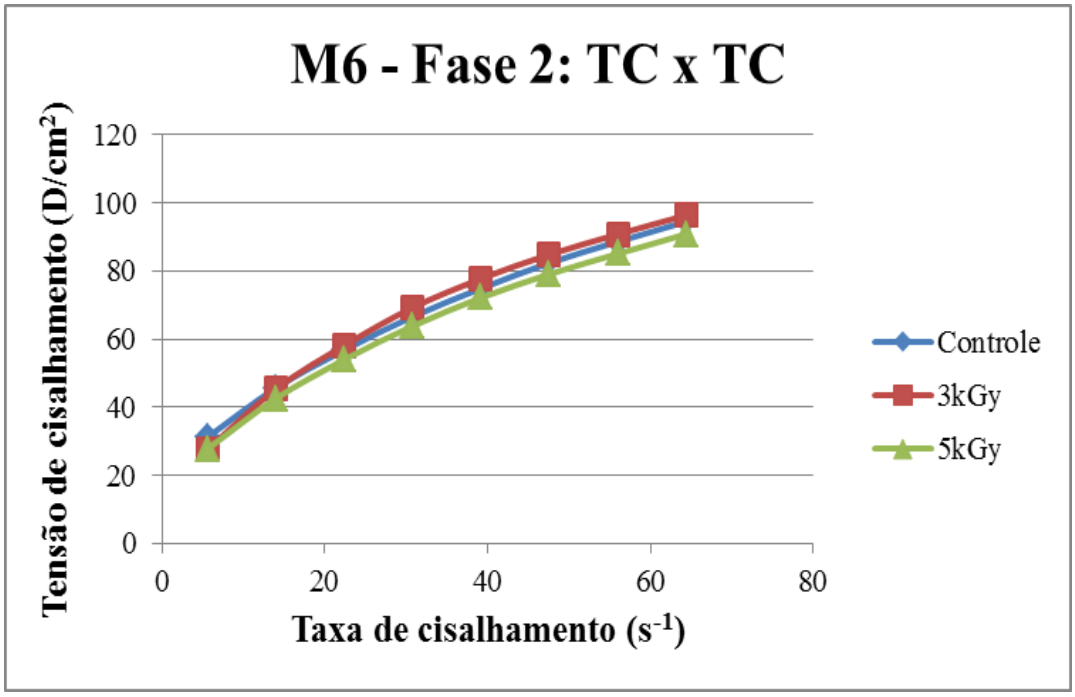

FIGURA 37 – Resultados da tensão de cisalhamento x Taxa de cisalhamento do Molho Oriental Light (M6) submetido a diferentes doses de radiação gama.

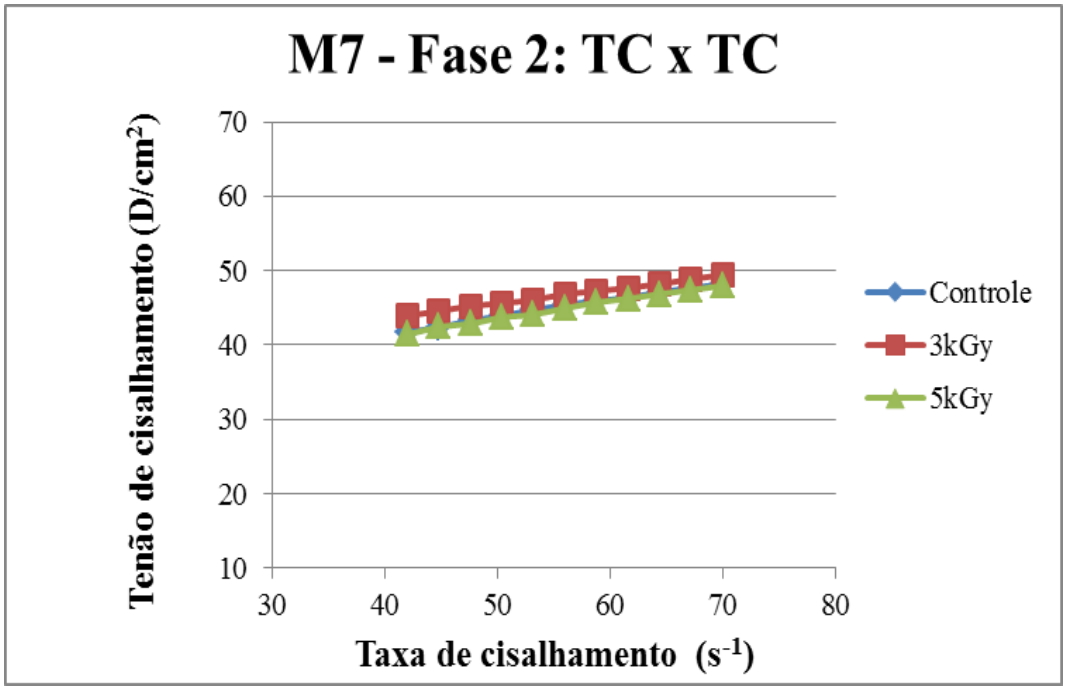

FIGURA 38 – Resultados da tensão de cisalhamento x Taxa de cisalhamento do Molho Italiano (M7) submetido a diferentes doses de radiação gama.

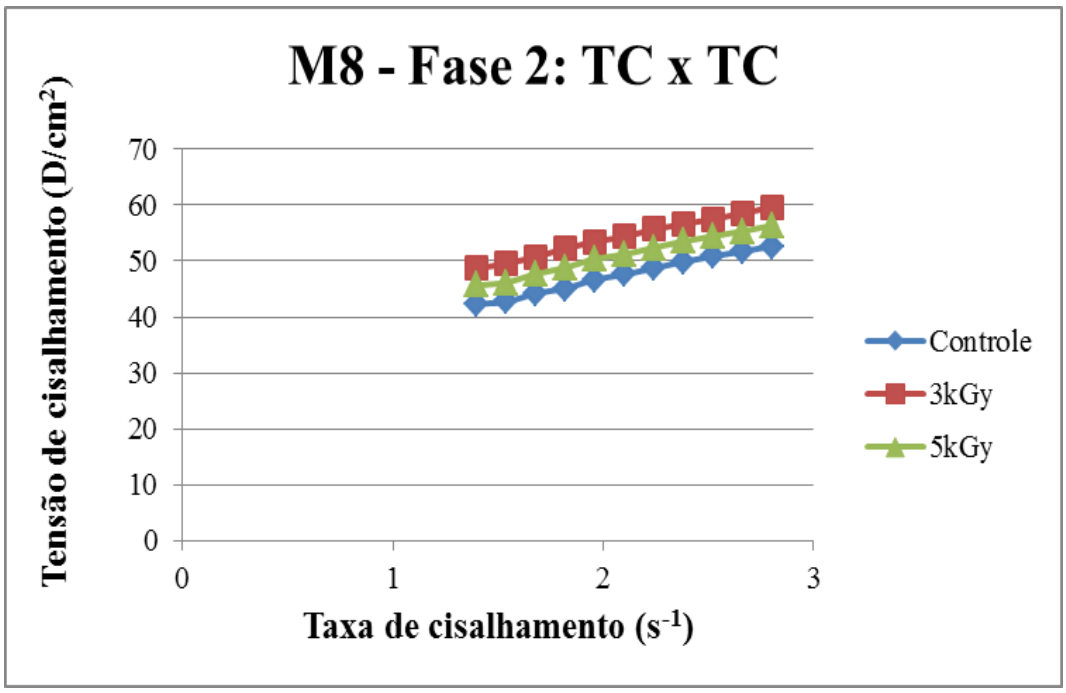

FIGURA 39 – Resultados da tensão de cisalhamento x Taxa de cisalhamento do Molho de Limão Siciliano com Gergelim (M8) submetido a diferentes doses de radiação gama.

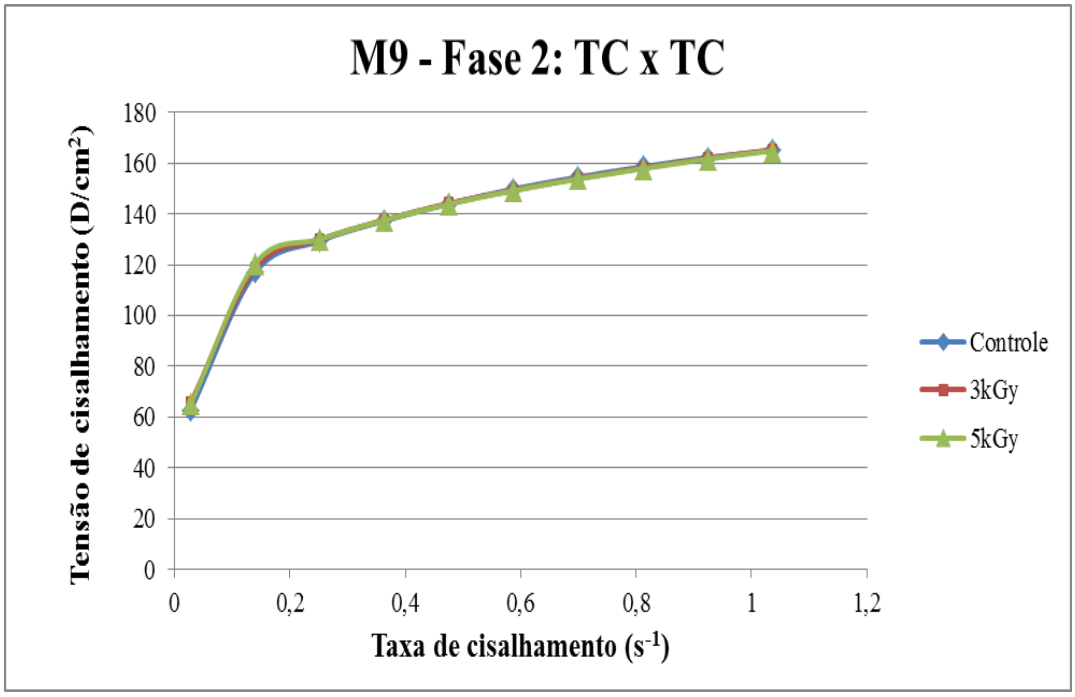

FIGURA 40 – Resultados da tensão de cisalhamento x Taxa de cisalhamento do Molho Mostarda e Mel Light (M9) submetido a diferentes doses de radiação gama.

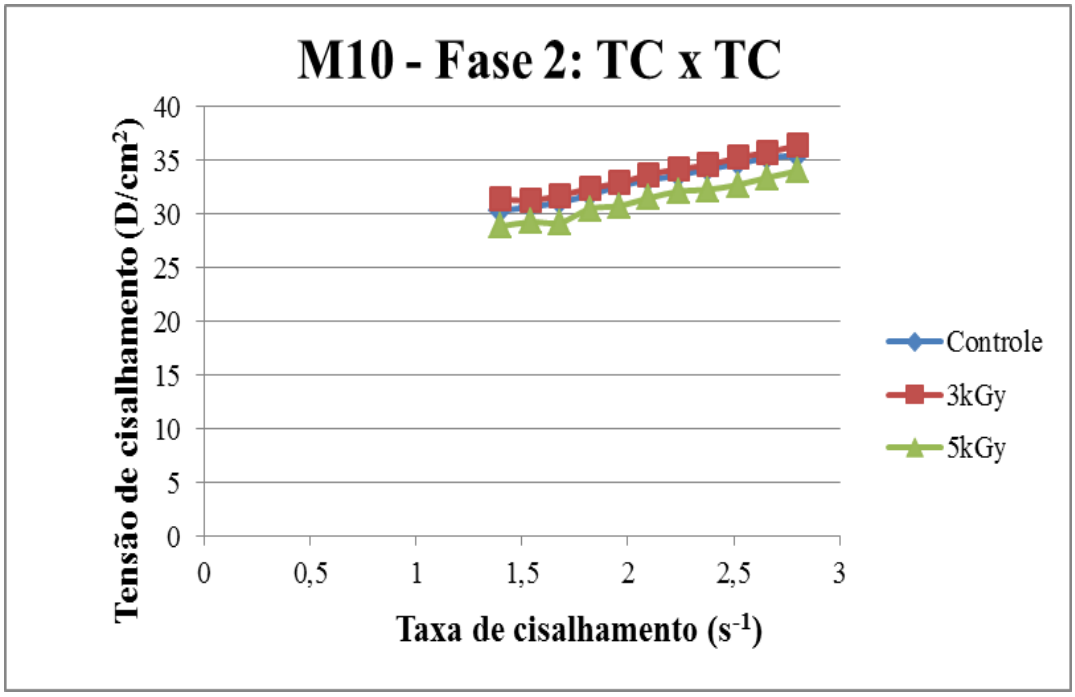

FIGURA 41 – Resultados da tensão de cisalhamento x Taxa de cisalhamento do Molho de Limão (M10) submetido a diferentes doses de radiação gama.

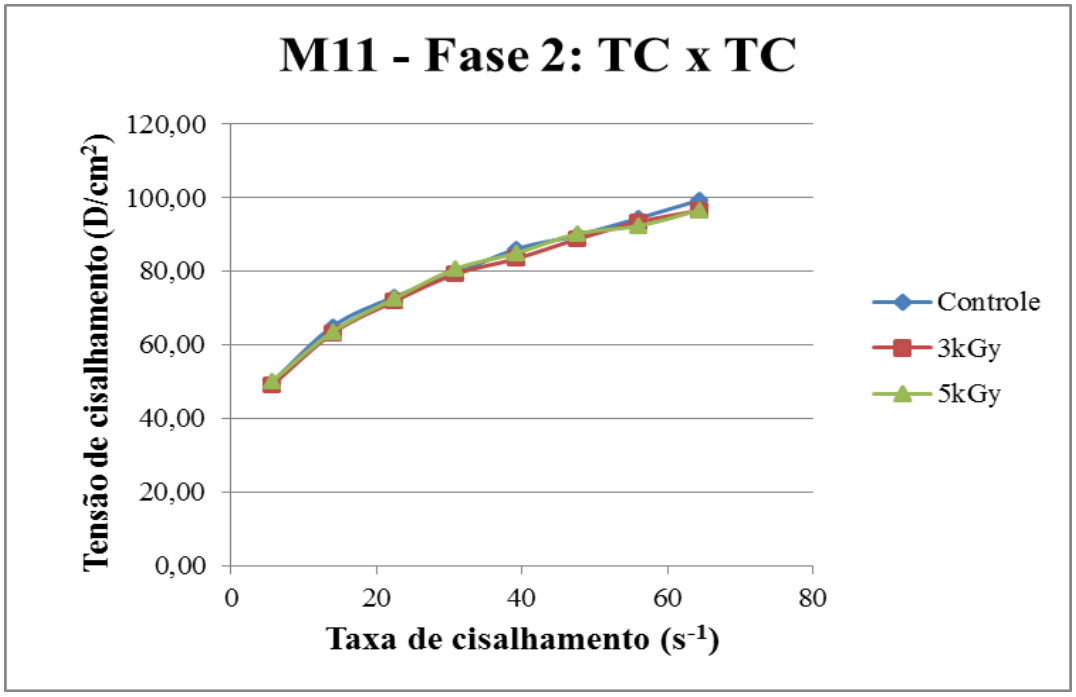

FIGURA 42 – Resultados da tensão de cisalhamento x Taxa de cisalhamento do Molho Italiano Light (M11) submetido a diferentes doses de radiação gama.

4.4.2. Viscosidade em função da taxa de cisalhamento

As curvas de viscosidade por da taxa de cisalhamento (Viscosidade x TC), para as amostras irradiadas nas duas doses, 3 kGy e 5 kGy e amostras controle são mostradas nas FIG. 43 a 53, para cada um dos onze tipos de molhos comerciais para salada estudados na fase 2 das análisesda viscosidade.

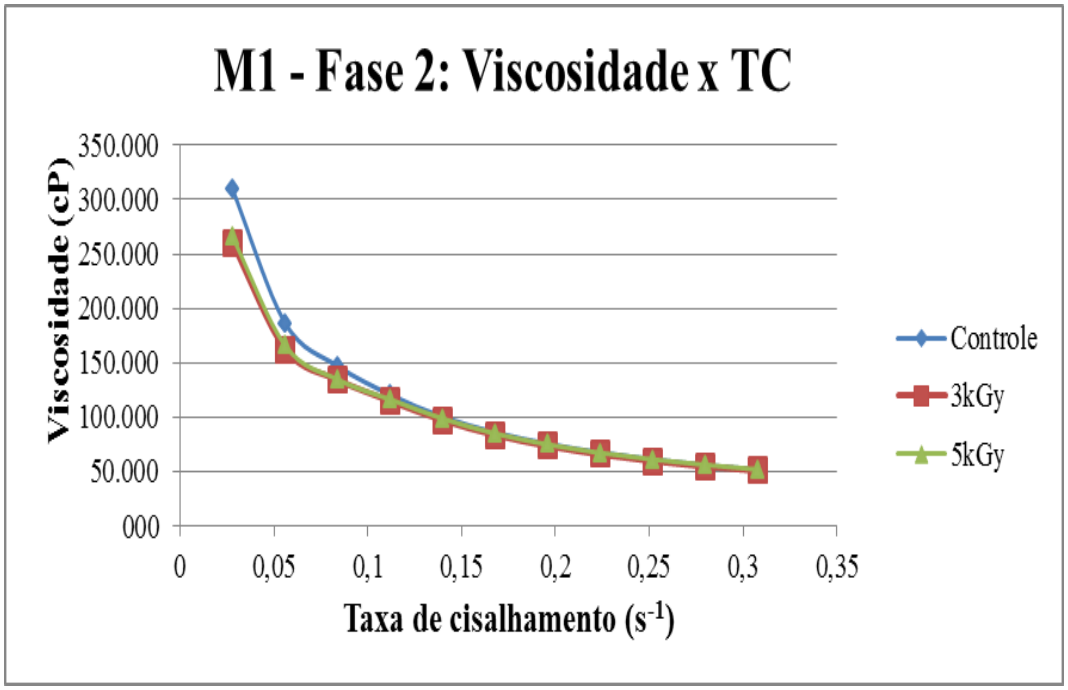

FIGURA 43 – Resultados da viscosidade x Taxa de cisalhamento do Molho Caseiro (M1)submetido a diferentes doses de radiação gama.

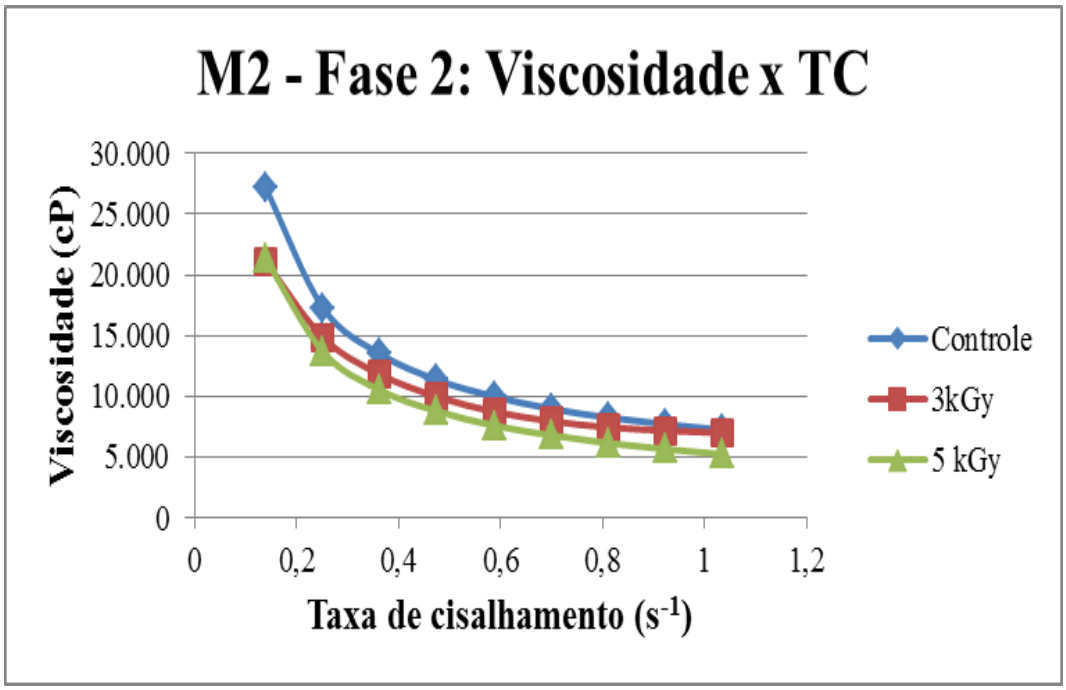

FIGURA 44 – Resultados da viscosidade x Taxa de cisalhamento do Molho de Mostarda e Mel (M2) submetido a diferentes doses de radiação gama.

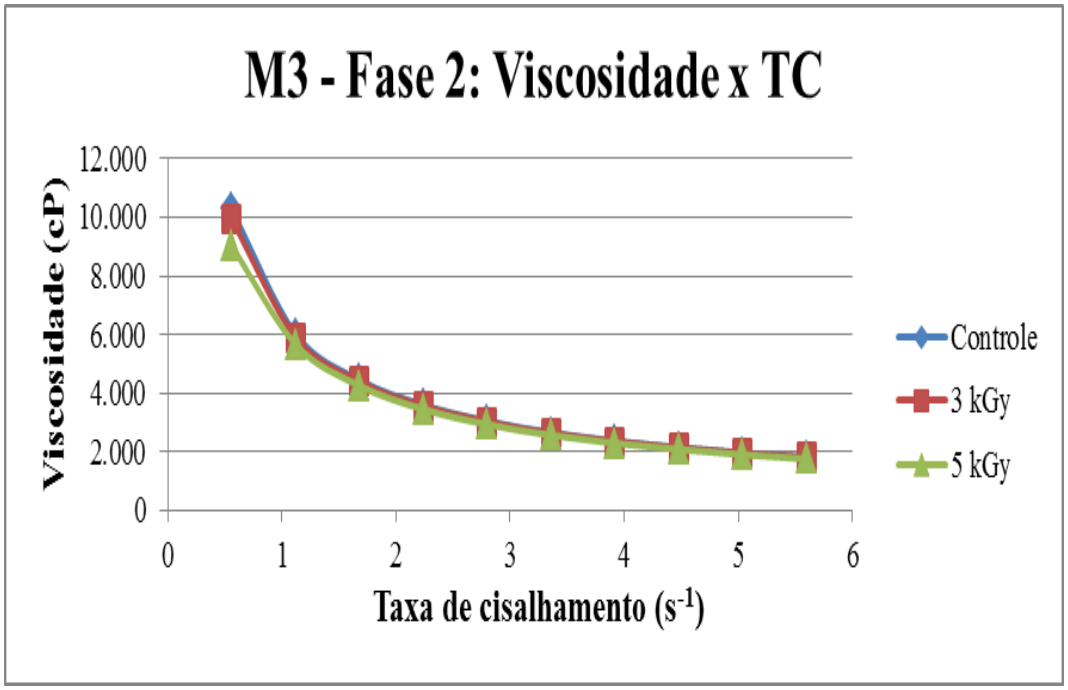

FIGURA 45 – Resultados da viscosidade x Taxa de cisalhamento do Molho de Iogurte (M3) submetido a diferentes doses de radiação gama.

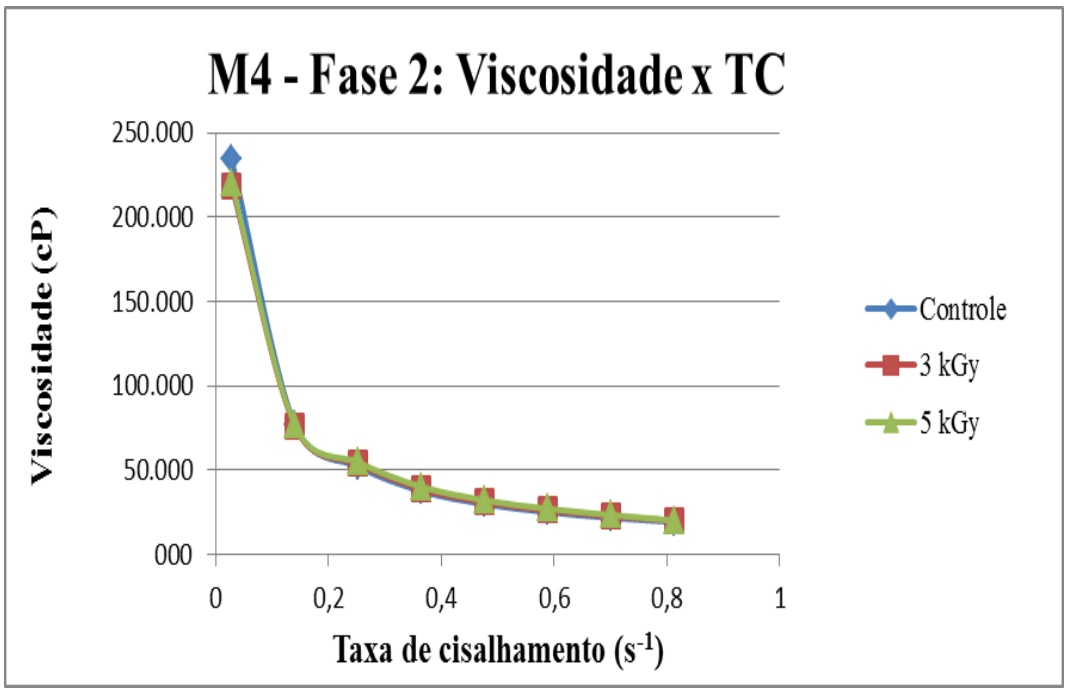

FIGURA 46 – Resultados da viscosidade x Taxa de cisalhamento do Molho Parmesão (M4) submetido a diferentes doses de radiação gama.

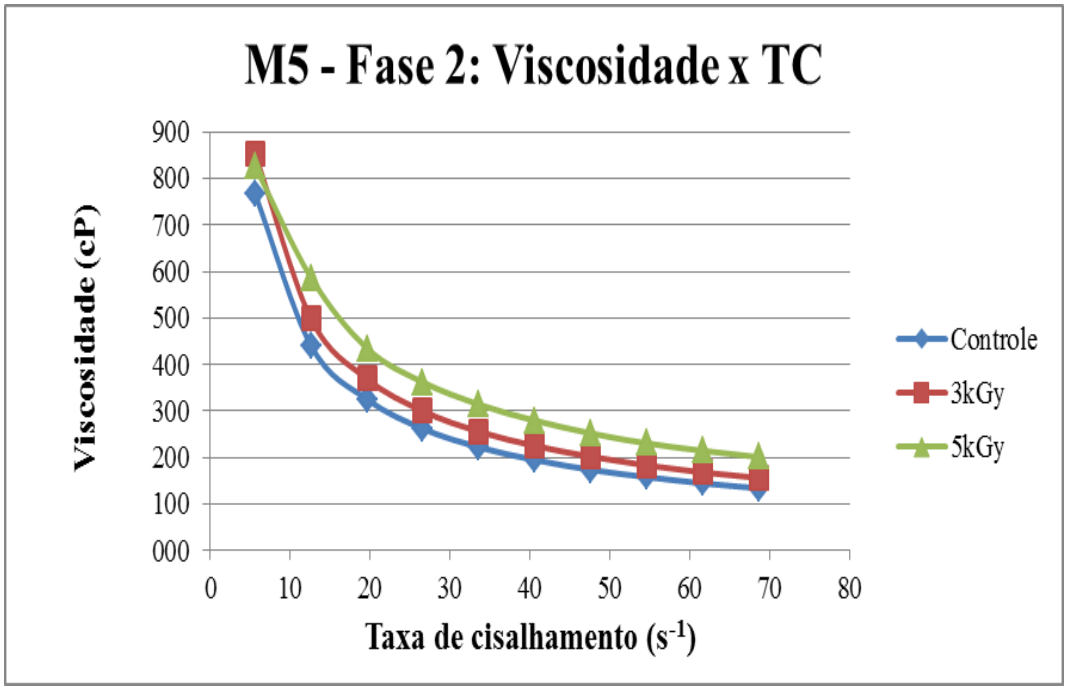

FIGURA 47 – Resultados da viscosidade x Taxa de cisalhamento do Molho Italiano (M5) submetido a diferentes doses de radiação gama.

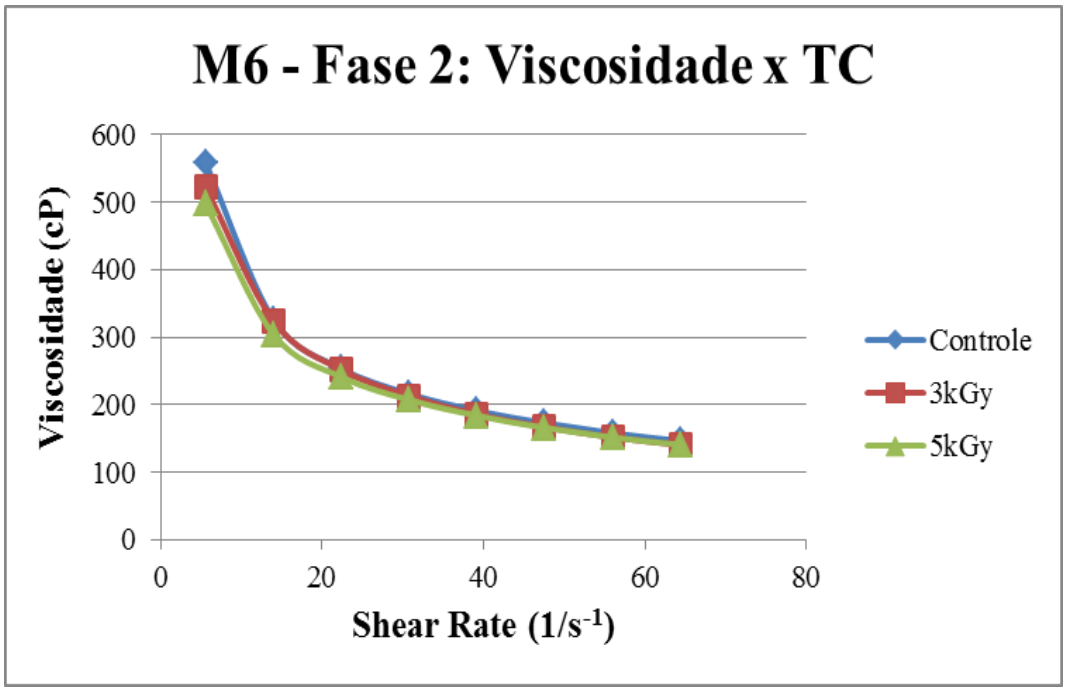

FIGURA 48 – Resultados da viscosidade x Taxa de cisalhamento do Molho Oriental Light (M6) submetido a diferentes doses de radiação gama.

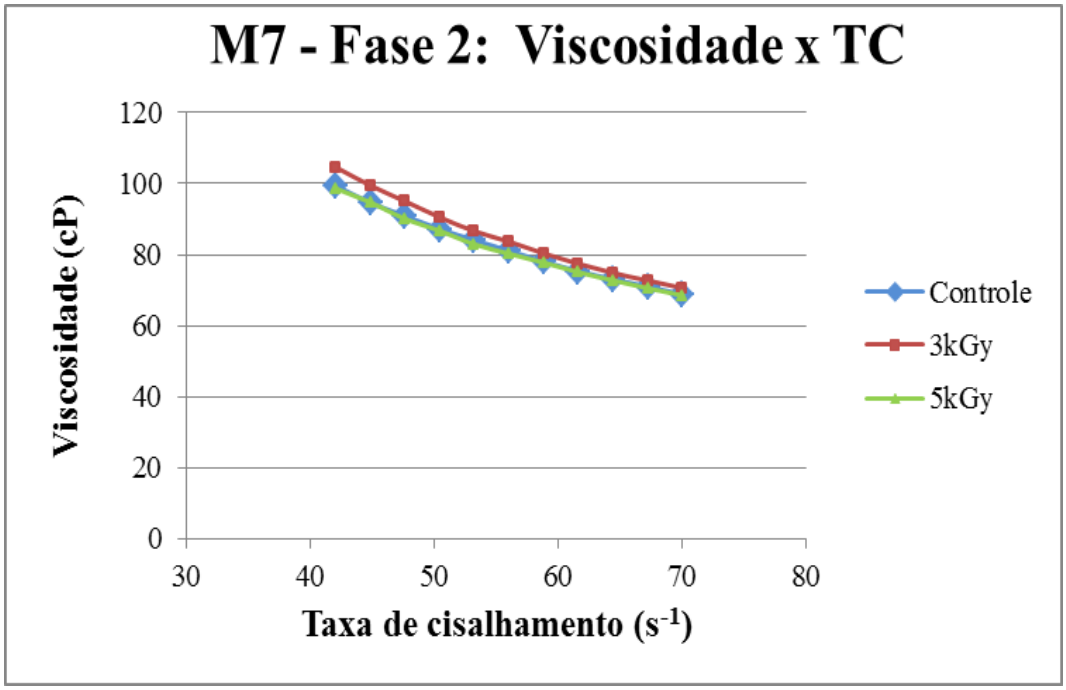

FIGURA 49 – Resultados da viscosidade x Taxa de cisalhamento do Molho Italiano (M7) submetido a diferentes doses de radiação gama.

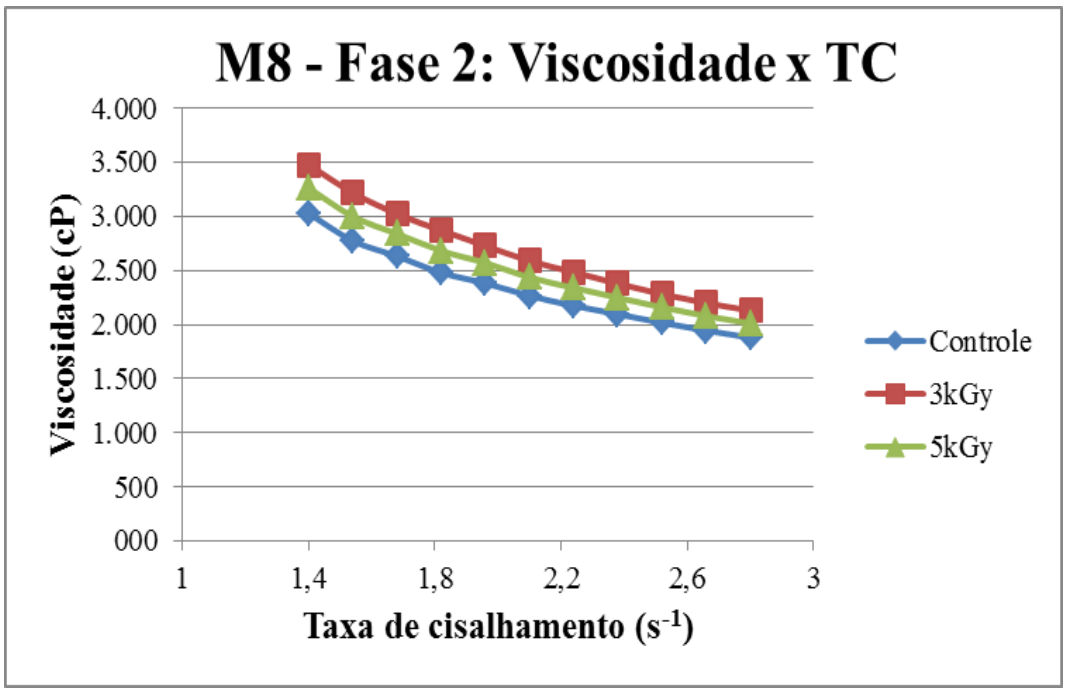

FIGURA 50 – Resultados da viscosidade x Taxa de cisalhamento do Molho de Limão Siciliano com Gergelim Light (M8) submetido a diferentes doses de radiação gama.

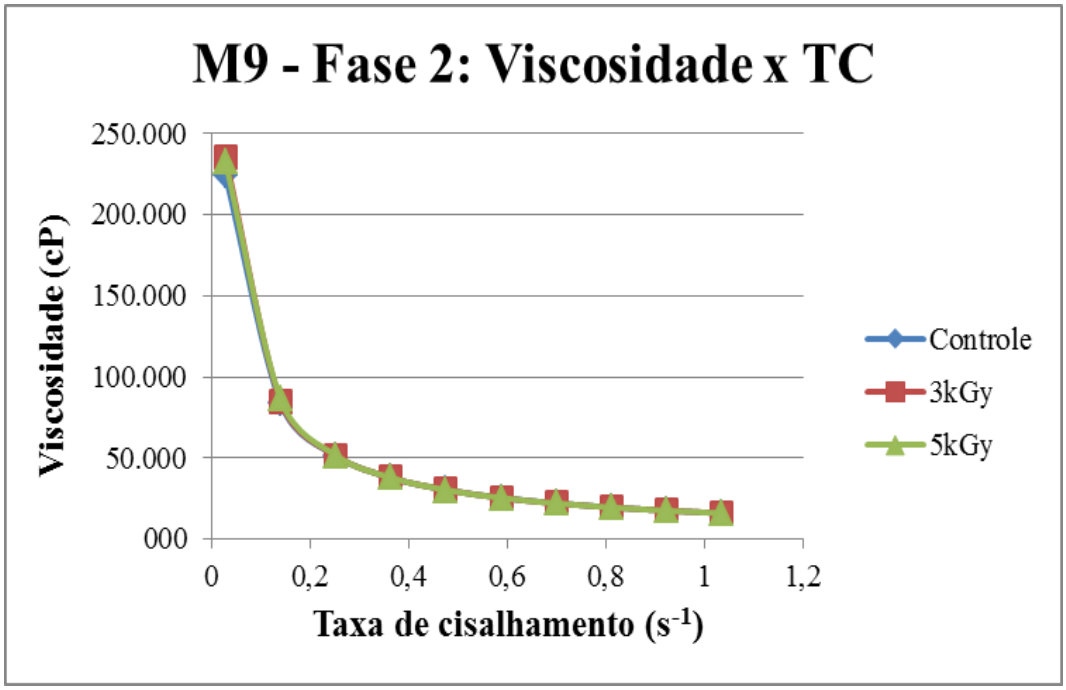

FIGURA 51 – Resultados da viscosidade x Taxa de cisalhamento do Molho de Mostarda e Mel Light (M9) submetido a diferentes doses de radiação gama.

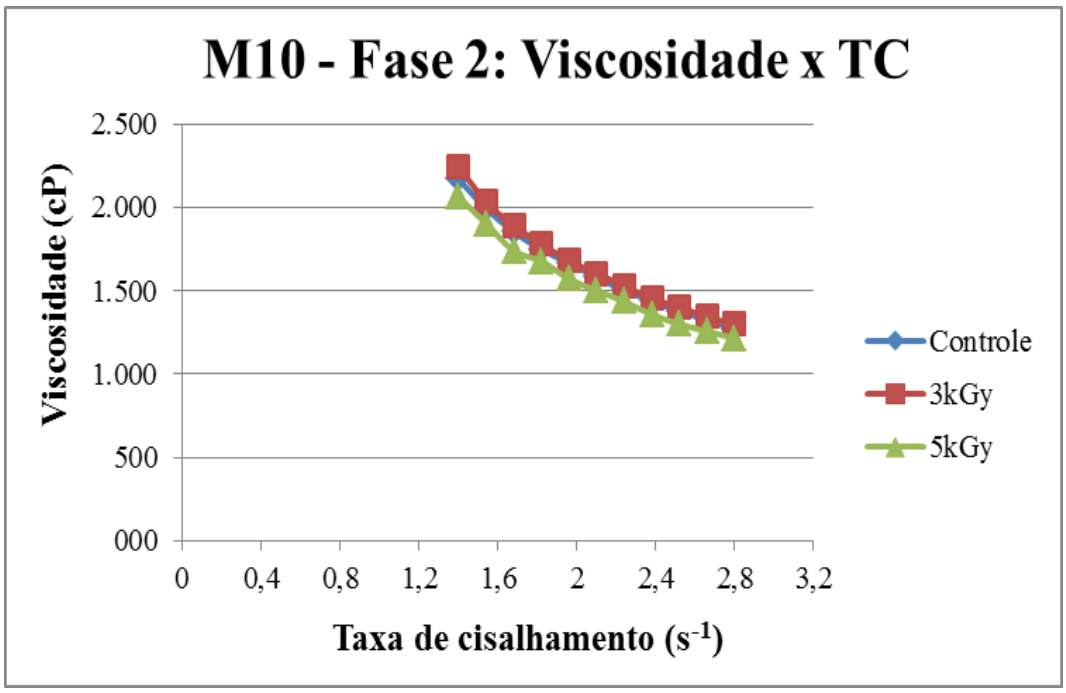

FIGURA 52 – Resultados da viscosidade x Taxa de cisalhamento do Molho de Limão (M10) submetido a diferentes doses de radiação gama.

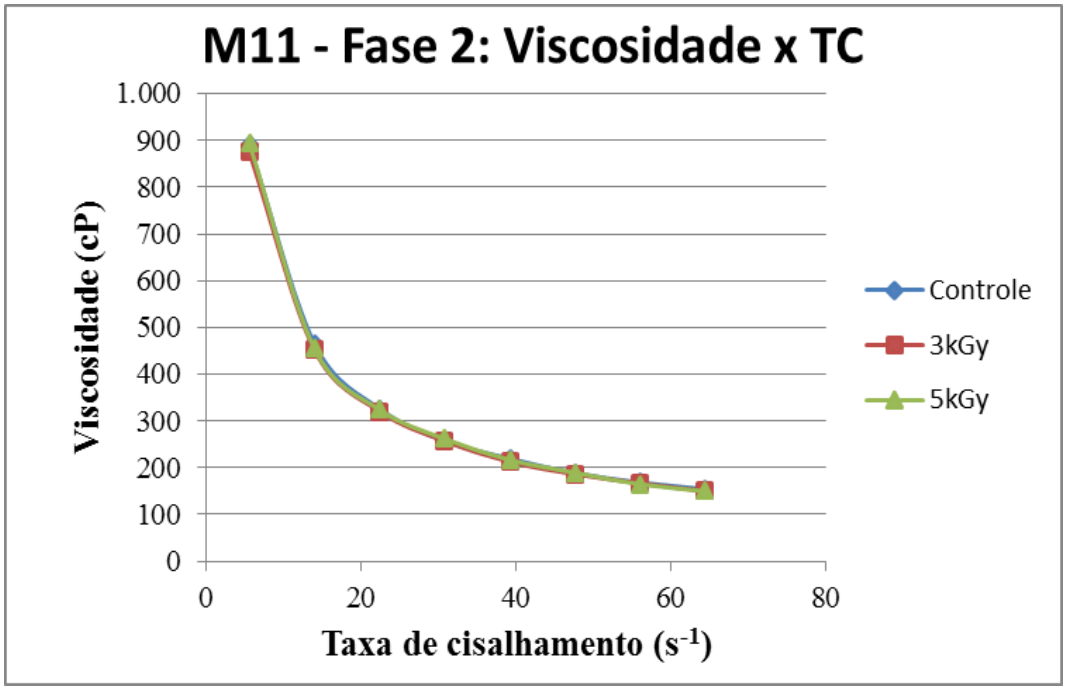

FIGURA 53 – Resultados da viscosidade x Taxa de cisalhamento do Molho Italiano Light (M11)submetido a diferentes doses de radiação gama.

4.4.3. Parâmetros Reológicos

Os parâmetros do modelo matemático *Power law*, tais como índice de consistência e índice do comportamento de escoamento, para cada um dos 11 molhos comerciais para salada irradiados e estudados na fase 1, foram repetidos na fase 2 (TAB.7).

TABELA 7 – Parâmetros *Power law* dos molhos comerciais para salada irradiados e controle na fase 2.

Molhos	Parâmetros*	VALIDADE (FASE 2)		
		0 kGy	3 kGy	5 kGy
Caseiro Hellmann's (M1)	n	0,25	0,33	0,33
	k	22450,67	24808,33	24732,67
	R^2	97,17	96,03	96,47
Mostarda e Mel Liza (M2)	n	0,35	0,44	0,31
	k	7181,67	6716,00	5310,67
	R^2	97,70	96,20	98,40
Iogurte Liza (M3)	n	0,25	0,26	0,27
	k	6667,33	6450,00	6313,33
	R^2	99,57	99,50	99,43
Parmesão Hellmann's (M4)	n	0,27	0,29	0,26
	k	17288,67	18416,33	19144,67
	R^2	95,77	96,70	96,67
Italiano Hellmann's (M5)	n	0,29	0,32	0,35
	k	2673,33	2774,00	3072,67
	R^2	99,57	99,50	99,43
Oriental Taeq (M6)	n	0,46	0,51	0,49
	k	1399,00	1183,03	2629,33
	R^2	98,97	98,47	99,10
Italiano Master Food (M7)	n	0,22	0,30	0,29
	k	2085,00	1370,00	1407,67
	R^2	99,17	99,47	99,53
Limão Taeq (M8)	n	0,34	0,30	0,32
	k	3737,00	4376,33	4064,67
	R^2	99,13	98,80	99,17
Mostarda e Mel Light Taeq (M9)	n	0,25	0,24	0,28
	k	17187,67	17064,33	17313,33
	R^2	95,43	95,80	95,50
Limão Liza (M10)	n	0,24	0,27	0,25
	k	2767,00	2689,67	2629,33
	R^2	99,60	99,37	99,10
Italiano Taeq (M11)	n	0,34	0,30	0,32
	k	3737,00	4376,33	4064,67
	R^2	99,13	98,80	99,17

*n = índice de comportamento do escoamento, k = índice de consistência (cP) e R^2 = ajuste de confiança.

4.5. Análise sensorial

Os resultados das análises sensoriais dos molhos comerciais para salada são apresentados na TAB. 8.

TABELA 8 - Médias obtidas das análises sensoriais dos molhos comerciais para salada.

Molhos	Dose (kGy)	Cor	Sabor	Aroma	Aparência Geral
Italiano Master Food (M7)	0	7.4 [a]	7.6 [a]	7.7 [a]	7.7 [a]
	3	7.5 [a]	7.6 [a]	7.7 [a]	7.7 [a]
	5	7.4 [a]	6.8 [a]	7.3 [a]	7.3 [a]
Mostarda e Mel Taeq (M9)	0	7.8 [a]	7.0 [a]	6.8 [a]	7.3 [a]
	3	7.7 [a]	6.9 [a]	6.8 [a]	7.3 [a]
	5	7.7 [a]	6.7 [a]	6.9 [a]	7.4 [a]

[a] Médias seguidas da mesma letra na coluna não apresentam diferença estatística por Tukey ao nível de 5%.

5. DISCUSSÃO

A seguir serão discutidos os resultados expostos no capítulo 4. RESULTADOS por meio de suas correlações em cada fase e entre as fases 1 e 2 das análises.

5.1. Análise de pH

Todos os molhos comerciais para salada na fase 1 apresentaram valores de pH entre 2,75 e 4,09 (TAB. 4).

O molho de mostarda M2 e o molho italiano M5 e M11, não foram avaliados na fase 1, uma vez que a decisão por incluir esses molhos ocorreu posteriormente a esta análise.

O molho de limão M8 apresentou o valor médio de pH igual a 3,5 para as amostras controle, valor superior a 2,76, média encontrada para as amostras controle do outro molho de limão M10 também estudado. Entretanto, tanto o M8 como M10 não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos.

As amostras do molho tipo italiano M7 quando submetidos aos tratamentos analisados tiveram os valores das medidas de pH sem variação em relação ao controle com valor de pH próximo a 4,06 e também não variou em relação às amostras irradiadas. Esses valores foram semelhantes aos encontrados em um estudo de molhos comerciais para salada tipo italiano (Perrechil et al.,2010).

O molho de mostarda e mel M9 apresentou valor médio para as amostras controles igual a 3,72 mantido sem diferença significativa depois de irradiado.

As amostras controle dos molhos cremosos M1 (molho tipo caseiro), M3 (molho sabor iogurte) e M4 (molho parmesão) mostraram valores de pH aproximados entre elas, 3,12, 3,31, 2,94 respectivamente, e também não apresentaram diferença significativa comparada às amostras irradiadas.

Da mesma maneira que os demais molhos, o molho oriental M6 apresentou o valor das medidas de pH das amostras controle igual a 3,64 e esse não variou com a irradiação.

Todos os tratamentos dos 11 molhos comerciais para salada estudados na fase 1 não apresentaram diferença significativa uma vez comparados ao controle.

Os valores das medidas de pH das amostras de 3 kGy e 5 kGy, na fase 2, quando reavaliadas após um período de armazenamento de aproximadamente seis meses, também não demostraram diferença significativa em relação ao controle com exceção dos molhos M1 e M9 para todos os tratamentos e dos molhos M2 e M3 na dose de 5 kGy (TAB 7).

Apesar dessa diferença encontrada é preciso ressaltar que o desvio apresentado é incapaz de alterar o perfil ácido, característico, dessa classe de produtos.

A maioria dos valores de pH (M1, M4, M6, M8, M9 e M10) teve um pequeno aumento na fase 2 em relação aos valores encontrados na fase 1. Diferentemente os molhos M1 e M4 demostraram uma pequena diminuição em suas medidas de pH após ficarem armazenados.

Entretanto, qualquer que tenha sido a alteração nos valores de pH, entre as fases 1 e 2, não deve ser atribuída ao processo de irradiação, mas sim em decorrência, principalmente, de alguma alteração química em determinado ingrediente da composição característico de cada tipo de molho.

Embora a composição dos molhos seja conhecida, o rótulo de produtos comerciais pronto para o consumo como os molhos avaliados, não revela a proporção de cada ingrediente da formulação. Essa ausência de informação dificulta identificar exatamente qual é o ingrediente que pode ter ocasionado essa variação nas medidas de pH, uma vez que as formulações contêm os mesmo ingredientes como base.

Contudo, a faixa de valor das medidas de pH dos tratamentos dos 11 molhos comerciais para saladas estudados não foram afetados, após a irradiação tanto no início das análises na fase 1 como após terem sido armazenadas na fase 2 (TAB. 4 e TAB. 6). O resultado obtido está de acordo com a faixa de pH apresentada por Beuchat et al. (2006).

Assim, é possível que o processo de irradiação possa contribuir positivamente no aumento do tempo de vida útil de prateleira dessa categoria de produtos alimentícios como molho pronto para o consumo, já que a estabilidade de acidez é importante como indicativo da conservação dos molhos, uma vez que um processo de decomposição quer por hidrólise, oxidação ou fermentação, geralmente altera a concentração de íons de hidrogénio (Instituto Adolfo Lutz, 2005).

5.2. Tensão de cisalhamento em função da taxa de cisalhamento

Todos os reogramas obtidos para os molhos comerciais para salada estudados apresentaram curvas côncavas para tensão de cisalhamento em relação à taxa de cisalhamento. À medida que a taxa ou velocidade de cisalhamento, ou ainda velocidade de deformação aumenta, a tensão de cisalhamento diminui (FIG.10 a 20 e FIG. 32 a 42).

Esse perfil de curva é característico de fluidos não-Newtonianos e representam o comportamento comumente chamado de pseudoplástico ou *shear thinning*.

O comportamento pseudoplástico encontrado nos reogramas avaliados se assemelha ao comportamento encontrado no estudo em que molhos para salada foram submetidos a diferentes temperaturas (Alvarez et al., 2006).

A irradiação não interferiu no perfil das curvas de tensão por taxa de cisalhamento dos 11 molhos comerciais. Isso pode ser observado nas curvas obtidas para cada molho para salada nas diferentes doses de irradiação em comparação com a curva controle que tiveram o mesmo perfil e foram próximas. O mesmo comportamento foi verificado nas duas fases das análises (FIG. 10 a 20 e FIG. 32 a 42).

Na fase 1 as curvas de todas as amostras encontram-se bastante próximas na maioria dos molhos. Alguma flutuação, para doses de 3 kGy nos resultados em relação à dose de 5 kGy e ao controle, pode ser atribuída às diferenças de temperaturas do banho térmico, uma vez que as medidas foram tomadas em datas diferentes para cada tratamento de um mesmo molho, nesta fase das análises.

Apesar do uso do banho térmico para manutenção da temperatura, a oscilação de ± 2ºC exerceu influência nas respostas da tensão por taxa de cisalhamento, mas tal variação não foi suficiente para alterar o perfil da curva das amostras irradiadas que caracteriza o comportamento reológico de molhos.

Os reogramas para todos os molhos analisados, de modo geral, tiveram seus primeiros pontos tomados a partir de baixas taxas de cisalhamento nas duas fases, ou seja, os primeiros pontos da tensão de cisalhamento foram obtidos em velocidades de deformação próximas à zero segundo^{-1}. Essa característica apresentada pelos molhos comerciais para salada, de vencer a tensão de escoamento inicial a baixas velocidades de cisalhamento, enfatiza a classificação desses reogramas como típicos de fluidos não-Newtonianos e pseudoplásticos (Rao, 1999).

O reograma do molho M7 (FIG. 16 e 38) difere dos demais em função da impossibilidade nas medidas da tensão por taxa de cisalhamento se aproximar de zero. As curvas para o molho tipo Italiano M7 diferem até mesmo quando comparadas às curvas dos demais molhos tipo Italiano M5 (FIG. 14 e 36) e M11 (FIG. 20 e 42) também estudados. Essa diferença ocorre, possivelmente, pela grande quantidade de partículas na fase aquosa, em virtude da presença de ervas e especiarias da formulação.

Outro aspecto a ser mencionado é o de que alguns hidratos de carbono, tais como, gomas ou amidos podem sofrer quebras por irradiação (Aliste et al. 2000). Qualquer pequena diferença causada pela irradiação poderia explicar tais variações sobre as curvas,

uma vez que esses compostos, mesmo em baixas concentrações, podem contribuir para alterações nos valores da tensão de cisalhamento (Rao 1999).

As curvas da tensão de cisalhamento por taxa de cisalhamento, na fase 2, apresentaram o mesmo perfil de comportamento dos reogramas da fase 1. Todas as amostras, irradiadas ou controle, analisadas próximo à data de expiração de sua validade permaneceram com o mesmo perfil de pseudoplasticidade observados nas análises iniciais (FIG. 32 a 42).

Na fase 2 todos os tratamentos (3 kGy e 5 kGy) de cada molho, além do controle foram analisados em uma mesma data, fato que minimizou a interferência da temperatura observada na fase 1. Desse modo, 9 dos 11 molhos comerciais para salada analisados tiveram os reogramas de tensão por taxa de cisalhamento ainda mais próximos.

Os molhos M2 (mostarda e mel) e M5 (tipo italiano), apesar de não terem apresentado suas curvas sobrepostas como os demais, as tiveram próximas. Em geral, todos os molhos para salada reavaliados apresentaram resultados ainda mais precisos na fase 2.

Os valores das taxas de cisalhamento usados para os reogramas da tensão por taxa de cisalhamento na fase 2 para todos os molhos foram os mesmos selecionados na fase 1, exceto para os molhos de limão M8 (Siciliano com Gergelim Light) e M10.

Os valores da taxa de cisalhamento na fase 2 para os molhos de limão M8 e M10 estudados foram modificados em relação à taxa de cisalhamento inicial, a fim de melhorar a confiabilidade dos valores da tensão de cisalhamento, uma vez que sem alterar o fuso (*spindle)* utilizado inicialmente e mantendo a mesma velocidade de deformação, a faixa de trabalho do equipamento deixaria de ser a ideal.

A presença de maltodextrina, amido modificado ou gomas em ambos os molhos pode justificar a necessidade desse ajuste na velocidade de rotação a fim de vencer a tensão de cisalhamento inicial que se mostrou aumentada em relação ao período que antecedeu ao armazenamento (Rao, 1999).

Para o molho M8 em especial, não foi possível obter um mesmo ponto em comum da taxa por tensão de cisalhamento, entre os 11 pontos de velocidade de cisalhamento selecionados nas duas fases das análises. Entretanto é possível uma analogia com os valores do último ponto da fase 1 e os valores do primeiro ponto da fase 2 .

Os valores da tensão de cisalhamento no último ponto da taxa de cisalhamento da fase 1 para o controle e para as doses absorvidas de 3,0 kGy e 5 kGy são respectivamente: 60,08 D/cm^2, 61,59 D/cm^2 e 71,16 D/cm^2, e os valores do primeiro ponto da taxa de

cisalhamento da fase 2 para o controle e os dois tratamentos, (3 kGy e 5 kGy) são: 42,38 D/cm^2, 48,71 D/cm^2 e 45,69 D/ cm^2, respectivamente. Portanto, existe uma boa convergência de resultados entre as duas fases para o molho M8, uma vez que a variação entre doses é próxima da variação entre fases.

Dessa forma, os reogramas da tensão de cisalhamento por taxa de cisalhamento evidenciam que o processo de irradiação não interferiu no comportamento reológico.

5.3. Viscosidade em função da taxa de cisalhamento

Outra forma de verificar o comportamento reológico de emulsões não-Newtonianas ou pseudoplásticas é através da representação gráfica da viscosidade aparente pela taxa de cisalhamento.

Todos os molhos estudados apresentaram seus reogramas da viscosidade aparente pela taxa de cisalhamento ou velocidade de degradação com curvas descendentes em que a viscosidade aparente diminui com o aumento da velocidade de degradação (FIG.21 a 31 e FIG.43 a 52).

Esses perfis de curva com viscosidade descendente em relação ao aumento da velocidade de cisalhamento é característico de fluidos pseudoplásticos. Assim esses reogramas, como os analisados por Alvarez et al.(2004, 2006) excluem a possibilidade do comportamento Newtoniano para fluidos alimentícios como os molhos comerciais para salada e indicam sua pseudoplasticidade.

O perfil dos reogramas da viscosidade pela taxa de cisalhamento obtidos para todos os molhos, relativos às amostras submetidas à radiação gama, não mostraram alteração em relação aos respectivos reogramas das amostras controle. Dessa forma, os resultados das amostras, obtidos pelos tratamentos estudados nos 11 molhos comerciais para salada, demonstraram não afetar o comportamento reológico característico de cada um desses molhos.

Na fase 1, as medidas da viscosidade aparente das amostras dos 11 molhos comerciais para salada, irradiadas e controles, se mostraram inversamente proporcional às medidas da taxa de cisalhamento (FIG. 21 a 31).

Os valores médios da viscosidade aparente medida dos 11 molhos comerciais para salada não foram afetados em decorrência do processo de irradiação, nas doses absorvidas estudadas. As causas das oscilações nas curvas da viscosidade aparente apontam, preferencialmente, para variações de temperatura ou alterações bioquímicas ocorridas com ingredientes da composição desses molhos (Alvarez et al., 2006).

Da mesma maneira como para as medidas da tensão de cisalhamento, as medidas da viscosidade foram realizadas em diferentes datas para cada tratamento nesta fase. Os reogramas da viscosidade aparente por taxa de cisalhamento, assim como os reogramas de tensão por taxa de cisalhamento discutidos no item 5.2., também mostraram oscilação entre os valores das amostras controle e os valores das amostras submetidas às duas doses de radiação gama avaliadas.

Especialmente os reogramas das amostras irradiadas com 3 kGy apresentaram uma pequena redução nas leituras das medidas da viscosidade aparente comparadas com as medidas de 5kGy e com as medidas das amostras controle. Entretanto, essa redução mostrou-se insignificante em relação a sua magnitude para que se constatem alterações no comportamento reológico.

A forte relação entre a viscosidade, a temperatura e o comportamento reológico foi examinada, por Alvarez et al. (2006) em um estudo envolvendo 17 molhos para salada. Os resultados desse estudo endossa que o pequeno desvio encontrado entre os reogramas da viscosidade aparente por taxa de cisalhamento na fase 1, foi decorrente da flutuação de ± 2ºC na temperatura durante a análise de cada tratamento.

Na fase 2, as análises foram realizadas no mesmo dia para todos os tratamentos de cada molho, assim a interferência da temperatura foi minimizada. Nos reogramas dessa fase, as medidas da viscosidade aparente das amostras dos 11 molhos comerciais, irradiadas e controles, se mostraram inversamente proporcional à taxa de cisalhamento como no início das análises, na fase 1 (FIG. 42 a 52).

Entretanto, diferentemente da fase 1, as curvas, de todas as amostras reavaliadas na fase 2, em que a oscilação de temperatura foi minimizada entre cada tratamento de um mesmo molho, se mostraram bastante próximas e em muitos casos sobrepostas. Com isso, nos reogramas da fase 2, a possibilidade da irradiação ser responsável pela oscilação, principalmente, nas doses de 3 kGy observadas na fase 1, pode ser descartada.

Esses reogramas confirmaram que o processo de irradiação não modificou o comportamento reológico característicos dos molhos comerciais para salada estudados, assim como indicam que a viscosidade não é influenciada pela irradiação nas doses absorvidas aplicadas (3 kGy e 5 kGy).

Todas as amostras permitiram a reavaliação, na fase 2, através do mesmo fuso ou *spindle* usado anteriormente e da mesma faixa de trabalho selecionada na fase 1, exceto o molho de limão Siciliano com Gergelim Light M8 (FIG. 28 e 50) e molho de limão M10 (FIG. 30 e 52).

Para esses molhos alterou-se a escolha da faixa trabalhada inicialmente. Isso significa que a velocidade com que o fuso realiza a rotação capaz de causar a deformação ou cisalhamento no fluido foi modificada, pois do contrário o equipamento não forneceria valores ou resultados confiáveis, uma vez que, a faixa de operação estaria fora da ideal determinada pelos parâmetros calibrados do equipamento.

Os dois molhos de limão contêm ingredientes particulados. O M10 leva na sua composição quantidade de ervas e temperos que não são solubilizadas e o M8 é composto de sementes de gergelim, as quais permanecem em suspensão. Esses ingredientes podem ter se decomposto, o que contribuiu para o ajuste realizado, já que partículas finas, menores que em suspensão, podem ser atraídas umas pelas outras através das forças de Van der Walls, para formarem agregados ou flocos, o que evidentemente aumenta a viscosidade da suspensão (He et al, 2006).

Entretanto, no ponto 2,24 s^{-1} (em que a velocidade de cisalhamento é comum para o M10, nas duas fases das análises) os valores médios das medidas da viscosidade para todos os tratamentos não diferem na sua magnitude.

Em relação ao M8, apesar dos pontos trabalhados, da velocidade de cisalhamento, não coincidirem nas duas fases, os valores da viscosidade aparente apresentam-se na mesma faixa de grandeza para todos os tratamentos, em pontos aproximados.

Sendo assim, é possível afirmar que tanto na fase 1, quanto na fase 2 para todos os tratamentos, não foram encontradas alterações em função da irradiação.

5.4. Parâmetros Reológicos

Na fase 1, a maioria dos molhos comerciais para saladas avaliados apresentaram resultados com boa confiabilidade, através de valores de R^2 superiores a 93,8%. Dentre todos os molhos estudados, somente em quatro casos, dos 33 resultados obtidos, o valor de R^2 foi menor que 90% (TAB. 5).

As médias dos valores para o molho M2 foram 89,1% para as amostras controle e 89,2% para as submetidas à dose de 3 kGy. As médias dos valores para o molho M9 resultaram em 86,7% e 88,9% de confiabilidade para as amostras controle e as submetidas à dose 5 kGy, respectivamente. Portanto, mesmo nesses casos, os valores de R^2 foram acima de 85%, valor considerado representativo de ajuste adequado dos pontos (TAB. 5).

Todos os molhos comerciais para salada estudados na fase 1 para todas as doses (3 kGy e 5 kGy), as quais foram submetidos, tiveram seu valor do índice de comportamento do escoamento, n, menor que 1, valor característico de fluidos classificados como

pseudoplásticos. Esses resultados enfatizam o fato de que o processo de irradiação não afetou o comportamento reológico dos molhos para salada avaliados.

Na fase 2, os resultados foram ainda mais precisos com valores de R^2 superiores a 96%. Os valores de R^2 foram menores que esse, somente em 4 dos 33 resultados obtidos, mas, ainda assim, superiores aos valores de menor precisão da fase 1 (TAB. 8).

O M4, molho parmesão, apresentou valor médio de R^2 igual a 95,7% para as amostras controle. O M9, molho Mostarda e Mel Light, reaparece na fase 2, assim como na fase 1 com os valores médios de R^2 com menor precisão dentre os demais molhos: 95,4%, 95,8% e 95,5%, para as amostras controle e as submetidas às doses absorvidas de 3,0 kGy e 5 kGy respectivamente. Contudo, na fase 2, os valores dos parâmetros para o molho M9 se mostraram mais precisos que na fase 1.

Todos os molhos reavaliados na fase 2 em todas as doses analisadas apresentaram a média dos valores de n menor que 1. Esses resultados de n reafirmam a classificação desses 11 molhos como fluidos pseudoplásticos. Por essa razão é possível afirmar que o processo de irradiação não afetou o comportamento reológico dos molhos para salada submetidos a esse tratamento, mesmo após um período de seis meses de armazenamento.

Em virtude dos resultados da fase1 e dos obtidos na reavaliação da fase 2 foi verificado que os parâmetros experimentais, n e k, ajustam-se bem ao modelo matemático que segue a Lei da Potência, *Power law*. Embora, outro modelo matemático também tenha apresentado bom ajuste de pontos para alguns molhos, o *Power law* teve melhores índices de confiabilidade de ajuste (R^2) para todos os molhos comerciais estudados em todas as doses avaliadas.

O comportamento pseudoplástico foi confirmado para todos os molhos para salada, em todas as doses avaliadas, observando-se o índice de comportamento do escoamento desses fluidos (n), o qual foi menor que 1(um) para todos os casos (TAB. 5 e 8).

O índice de comportamento do escoamento foi avaliado em 17 molhos comerciais para salada por Alvarez et al., (2006), os quais concluíram que o valor de n aumenta linearmente com a elevação da temperatura, mas por outro lado o índice de consistência k diminui linearmente com o aumento dessa. Isso confirma que os parâmetros reológicos foram mais afetados por variações da temperatura do que pelo processo de irradiação.

O processo de irradiação não modificou esse comportamento reológico tanto na fase 1 como na fase 2.

5.5. Análise Sensorial

As avaliações das propriedades sensoriais não apresentaram diferença significativa entre as amostras irradiadas e a controle ($p < 0,05$) (TAB. 6). As médias relativas aos parâmetros Cor, Aroma, Sabor e Aparência Geral variaram de 6,7 (com prevalência entre 6 "gostei pouco" e 7 "gostei moderadamente") a 7,8 (com prevalência entre 7 "gostei moderadamente" e 8 "gosto muito"), indicando boa aceitação dos molhos comerciais para salada nas doses absorvidas em que foram irradiados (3 kGy e 5 kGy).

Os molhos selecionados para a análise sensorial (M7 e M9) foram os dois molhos que dentre todos os 11 escolhidos para o estudo, ofereceram dificuldade maior na padronização dos ensaios de reologia, em relação aos demais molhos e até mesmo diferiram dos molhos do mesmo tipo também avaliados.

Semelhante a este resultado, Jo et al. (2003) e Park et al. (2012) encontraram boa aceitabilidade para os molhos Bulgogi submetidos às doses 2,5 kGy, 5,0 kGy e 10 kGy.

6. CONCLUSÕES

Os molhos comerciais para salada estudados apresentaram comportamento pseudoplástico, explicado pelo modelo da Lei da Potência (*Power law)* que melhor se aplica a estes. O tratamento por radiação gama não alterou este comportamento, assim como a viscosidade aparente e o pH de cada molho. Os molhos avaliados sensorialmente foram bem aceitos e os resultados das amostras não apresentaram diferença significativa, quando submetidos ao processo de irradiação. Por essas razões, os resultados do presente estudo sugerem que a utilização do processamento por raios gama pode ser um tratamento de conservação para a indústria.

A irradiação seria mais uma alternativa de tratamento para concervação, na qual os efeitos negativos do tratamento térmico seriam descartados e as dificuldades encontradas pela indústria em relação a escolha e associação do uso de aditivos conservantes seriam minimizadas, sem alterar a reologia, viscosidade e as propriedades sensoriais de molhos comerciais para salada, pronto para consumo.

O protocolo de irradiação não afetou o comportamento reológico dos molhos comerciais M1 a M11 para salada estudados, mesmo após um período de seis meses de armazenamento, quando os produtos estavam próximos a data de expiração da validade. Assim, o processamento por raios gama pode, além de, diminuir o tempo de espera antes da liberação do produtos, possibilitar o aumento do tempo de prateleira dos molhos comerciais para salada e consequentemente disponibilizar um produto com qualidade superior ao comsumidor.

ANEXO A – Ficha de avaliação sensorial – Escala hedônica de nove pontos - Teste de aceitação

COR	SABOR	AROMA	APARÊNCIA GERAL
9 – Gostei Muito	**9** – Gostei Muito	**9** – Gostei Muito	**9** – Gostei Muito
8 – Gostei Moderadamente	**8** – Gostei Moderadamente	**8** – Gostei Moderadamente	**8** – Gostei Moderadamente
7 – Gostei Ligeiramente	**7** – Gostei Ligeiramente	**7** – Gostei Ligeiramente	**7** – Gostei Ligeiramente
6 – Gostei Pouco	**6** – Gostei Pouco	**6** – Gostei Pouco	**6** – Gostei Pouco
5 – Não gostei / Nem Desgostei	**5** – Não gostei / Nem Desgostei	**5** – Não gostei / Nem Desgostei	**5 –** Não gostei/ Nem Desgostei
4 – Desgostei Moderadamente	**4** – Desgostei Moderadamente	**4** – Desgostei Moderadamente	**4** – Desgostei Moderadamente
3 – Desgostei Ligeiramente	**3** – Desgostei Ligeiramente	**3** – Desgostei Ligeiramente	**3** – Desgostei Ligeiramente
2 – Desgostei Pouco	**2** – Desgostei Pouco	**2** – Desgostei Pouco	**2** – Desgostei Pouco
1 – Não Gostei	**1** – Não Gostei	**1** – Não Gostei	**1** – Não Gostei

FONTE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: Escalas utilizadas em análise sensorial de alimentos e bebidas, 1998.

ANEXO B – Instruções para provadores em avaliação sensorial – Teste de Aceitação

ANÁLISE SENSORIAL

Você está recebendo seis amostras de alface americana com molho comercial para salada. Experimente-as da esquerda para direita, tomando um pouco de água e/ou comendo bolacha entre as amostras.

Avalie as amostras, assinalando com um **círculo** a nota que corresponda ao grau de sua apreciação para cada característica.

Caso queira fazer comentários, favor utilizar o verso da folha (não se esquecer de correlacionar com o número da amostra).

Obrigada por sua participação!

FONTE – Adaptado de AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. ***Standard Guide for Serving Protocol for Sensory Evaluation of Foods and Beverages***. E1871-10, 2010.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDELRAHIM, K.A.; RAMASWAMY, H.; DOYON, G.; TOUPIN, C. Effects of concentration and temperature on carboxymethylcellulose rheology. ***International Journal of Food Science and Technology***, v. 29, p. 243-253, 1994.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA); ***Resolução RDC nº12***, de 2 de janeiro de 2001a. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_01rdc.htm>. Acesso em: 12 jul 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA); ***Resolução RDC nº21***, de 26 de janeiro de 2001b. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/21_01rdc.htm>. Acesso em: 12 jul 2012.

ALISTE, A.A.; VIEIRA, F.F; Del MASTRO, N.L. Radiation effects on agar, alginates and carrageenan to be used as food additives. ***Radiation Physics and Chemistry***, v. 57, p 305-308, 2000.

ALVAREZ, E.; CANCELA, M.A.; MACEIRAS, R. Comparison of Rheological Behavior of Sweet and Salad Sauces. ***International Journal of Food Properties***, v.7, n.3, p.511 – 18, 2004.

ALVAREZ, E; CANCELA, M.A.; MACEIRAS, R. Comparison of rheological behavior of salad sauces. ***International Journal of Food Properties,*** v. 9, p. 907 - 915, 2006.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. ***Establishing conditions for laboratory sensory evaluation of foods and beverages***. In: 1980 Annual Book of ASTM Standards, Part 46: Use and Consumer Products, Vol. E 480–73, p. 301–308, American Standard Testing Materials, Philadelphia, PA, USA, 1973.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. ***Standard Guide for Serving Protocol for Sensory Evaluation of Foods and Beverages***. E1871-10, 2010.

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. ***Official Methods of Analysis of AOAC International***, 16ª ed. Arlington, v.2 1995.

ARAÚJO, J. M. A. ***Química de alimentos: teoria e prática.*** 3ª ed. Universidade federal de Viçosa, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE BARES E RESTAURANTES – ABRASEL. ***Molhos ganham mercado***. Disponível em: <http://www.abrasel.com.br/index.php/noticias/1590-150812-molhos-ganham-mercado.html>. Acesso em: 4 out. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: **Análise sensorial dos alimentos e bebidas: terminologia**. Rio de Janeiro: ABNT, 1993. (NBR 12806).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: **Análise sensorial dos alimentos e bebidas**. Rio de Janeiro: ABNT, 1993. (NBR 12994).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: **Escalas utilizadas em análise sensorial de alimentos e bebidas**. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.(NBR 14141)

AUTRAN,M. ***Gastronomia e segurança alimentar:*** Módulo de produção de alimentos: técnicas culinárias e princípios básicos, 2004

BECHER, P. ***Emulsiones Teoria Y Prática***. Madris: Editorial Blume, 1972.

BEUCHAT, L.R. Pathogenic microorganisms associated with fresh produce. ***Journal of Food Protection.,*** v. 59, p. 204–216, 2006.

BHANDARI, B.; D'ARCY, B.; CHOW, S. Rheology of selected Australian honeys. ***Journal of Food Engineering.***, v. 41, p. 65–68, 1999.

BHATTACHARYA, S.; VASUDHA, N.; KRISHNA, K. Rheological Behaviour of Processed Mustard Storage Effects. ***Journal of Food Engineering.***, v., *63*, p. 209–217, 2004.

BISCO, A. P. R., ***A influência de algumas variáveis sobre a reologia de polpas minerais*.** 2009. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte.

BERA, A.; MURADIAM, L. B. A.; SABATO, S. F. Study of some physical and rheologycal properties of irradiated honey, ***Nukleinika,*** v. 53, (supplement 2), p. 85 – 87, 2009.

BIRD, R. B.; STEWART, W. E.; LIGHTFOOT, E. N. ***Fenômenos de Transporte***. Parte I - Transporte de Momento. Rio de Janeiro: LTC, p.11-254, 2004.

BOBBIO, P. A. ***Química do processamento de alimentos***. 2. ed. São Paulo: Varela, 1995.

BRINNEH, C. Mixing it Up. ***Prepared Foods***, v.175, n. 3, p. 99-101, 2006.

BROOKFIELD ENGINEERING LABORATORIES. **More Solutions to Sticky Problems**, 1994.

CÁNOVAS, G. V. B. & IBARZ, A. ***Food preservation technology series***: Unit operations in food engineering. Ed: CRC Press Inc., v. 2, p. 89–139, 2002.

CASTRO, M. P.; ROJAS, A. M.; CAMPOS, C. A.; GERSCHENSON, L. N., Effect of preservative, tween 20, oil content and emulsion structure on the survival of *Lactobacillus fructivorans* in model salad dressings, ***LWT - Food Science. and Technology*** **v.** 42, p. 1428 – 1434, 2009.

CHARLEY, H. ***Food Science***. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, 1982.

CHATSISVILI, N.T.; AMVROSIADIS, I.; KIOSSEOGLOU, V. Physicochemical properties of a dressing-type o/w emulsion as influenced by orange pulp fiber incorporation. ***LWT - Food Science. and Technology*** **v.** 46, p. 335 – 340, 2012.

CHEVELAND, J.; MONTEVILLE, T.J.; NES, I. F., CHIKINDAS, M.L. Bactericins : safe, natural antimicrobials for food preservation ***International Journal of Food Microbiology,*** v. 71, p. 1 – 20 , 2003.

CHOI, Y.J.; KIM, I.S.; CHO,Y.J.; SEO, D.H.; LEE, T.G.; PARK, Y.B.; PARK, J.W. Peptide properties of rapid salted and fermented anchovy sauce using various protease. ***Journal Korean. Fish Society***, v. 32, p. 488 – 494, 1999.

CUNNINGHAM, F; HARRISON, L. Factors influencing the quality of mayonnaise: a review. ***Journal of Food Quality***, v. 8, p. 1 – 20, 1985.

DICKINSON, E. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. ***Food Hydrocolloids***., v. 17, n. 1, p. 25–39, 2003.

DICKINSON, E.; STAINSBY, G. ***An Introduction to Food Colloids***. Oxford: University Press, 1992.

DICKINSON, E.; STAINSBY, G. ***Colloids in foods***. London: Elsevier Applied Science, 1982.

DONEL, E., ***O Passaporte do Gourmet*** **– Um mergulho na gastronomia francesa**, p. 197 – 199, Rio de Janeiro: Ediouro, 1999.

FERREIRA, V. L. P.; ALMEIDA, T. C. A. de; PETTINELLI, M. L. C. de V.; SILVA, M. A. A. P. da; CHAVES, J. B. P.; BARBOSA, E. M. de M. ***Análise sensorial: testes discriminativos e afetivos***. Campinas: p.127, 2000.

FRANCO, B.D.G.M.; LANDGRAF, M.. ***Microbiologia de alimentos***; São Paulo: Atheneu, 1996.

FORD, L. D.; BORWANKAR, R.P.; PECHAK, D.; SCHWIMMER, B.. Dressings and Sauces. In: ***Food emulsions*** p. 525–572, New York: Marcel Dekker, 2005.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS **–** FAO**,** 2010. Disponível em: < http://www.fao.org>. Acesso em: 10 agosto de 2012.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION UNITED STATE. **Code of Federal Regulations:** U.S. Government Printing Office, Washington DC, FDA**,** 2012 **(**21CRF169.150). Disponível em: http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=169.150&SearchTerm=salad%20dressing . Acesso em: 27 de dezembro de 2012 a.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION UNITED STATE. **Code of Federal Regulations,** U.S. Government Printing Office, Washington DC, FDA 2012, (21CRF 179.45). Disponível em: http://www.fda.gov/Food/FoodIngredientsPackaging/IrradiatedFoodPackaging/ucm074764.htm. Acesso em: 15 de novembro de 2012b.

GOMES, E., MIDORI, L. ***Molhos com azeite de oliva espanhol: 365 receitas*** – uma para cada dia do ano, Editora C2, 2002.

HE, M., WANG, Y., FORSSBER, G. E., Parameter studies on the rheology of limestone slurries. ***International Journal of Mineral Processing***, v. 78, p. 63-77, 2006.

HOLDSWORTH, S. D. Applicability of rheological models to the interpretation of flow and processing behaviour of fluid food products. ***Journal of Texture Studies***, v.2, n.4, p. 393-418, 1971.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. ***Métodos físico-químicos para análise de alimentos.*** 5 Ed., 2005.

INSTITUTE OF FOOD TCHNOLOGISTS - IFT. Sensory evaluation division***, Journal of food science***, v. 60, n. 1, p.210, 1995.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY – IAEA. ***Irradiation to Ensure the Safety and Quality of Prepared Meals.*** International Atomic Energy Agency, Vienna, 2009.

INTERNATIONAL CONSULTATIVE GROUP ON FOOD IRRADIATION - ICGFI. Collection of ICGFI documents on codes of good irradiation practice for treatment of various food commodities***. Training manual on operation of food irradiation facilities,*** nº 14.Vienna, 1992.

JO,C.; KIM, D.H.; SHIN, M.G.; KANG, I.J.; BYUN, M.W. Irradiation effect on bulgogi sauce for making commercial Korean traditional meat product, Bulgogi. ***Radiation Physics and Chemistry*** v. 68, p. 851 - 856, 2003.

JUNZHENG, P.; CHANGYING, J. General rheological model for natural honeys in China. ***Journal of Food Engineering***. v.36, n.2, p.165 - 8, 1998.

KABARA, J J, ***Health oils from the tree of life*** (nutritional and health aspects of coconut oil). Michigan State University, Illinois, USA, 2003.

KIM, H. J.; AHN, J. H.; YOOK, S.H.; KIM, S. K.; RHEE, S. M.; RYU, H. G.; BYUN M. W. Color, flavor, and sensory characteristics of gamma-irradiated salted and fermented anchovy sauce, ***Radiation Physics and Chemistry,*** v. 69, p. 179 – 187, 2004.

KURTZMAN, C. P., ROGERS, R., AND HAZELTINE, C. W. Microbiological spoilage of mayonnaise and salad dressings. ***Applied Microbiology***.v. 21 p.870 - 874, 1971.

LANZILLOTTI, R. S.; H.S.,LANZILLOTTI, ***Revista de Nutrição***., Campinas, 12(2) p.145 - 157, 1999.

LEAL, M.L.M.S., ***A História da gastronomia***, p. 144, Rio de Janeiro: Ed. Senac, 1998.

LEE, J. H.; KIM, J. K. ; PARK, J. N. ; YOON, Y. M. ; SUNG, N. Y. ; KIM, J. H.; SONG, B. S.; YOOK, H. S. ; KIM, B. K.; LEE, J. W. Evaluation of instant cup noodle, irradiated for immuno-compromised patients, ***Radiation Physics and Chemistry,*** v. 81, p. 1115 – 1117, 2012.

LEWIS, M. J. ***Propiedades físicas de los alimentos y los sistemas de procesado***. Zaragoza: Acribia, 1993.

LIN, H.; HUANG, A. S. Chemical composition and some physical properties of a water-soluble gum in taro (*Colocasia esculenta*). ***Food Chemistry***, v.48, p.403 - 409, 1993.

MEYER, R. S.; GRANT, M. A.; LUEDECKE, L. O.; LEUNG, H. K.; Effects of pH and water activity on microbiological stability of salad dressing. ***Journal of Food Protection*** 52 (7) p. 477 - 479, 1989.

MCCLEMENTS, D. J. ***Food emulsions***: Principles, practice and techniques. Boca Raton, FL: CRC Press Inc, 2006.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. ***Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros***. CALADO, V. (Trad.), 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, p. 416, 2003.

MOTT, L. R. ***Mecánica de fluidos aplicada***. México: Prentice-Hall Hispanoamericana S. A. 1996.

MULLER, H. G. ***Introducción a la reologia de los alimentos***. González, J. B. (Trad.) Zaragoza: Acribia, p. 174, 1978.

NGUYEN-THE, C.; CARLIN, F. ;. The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. Critical Reviews in ***Food Science and Nutrition.*** v. 34, p. 370 - 401, 1994.

O'DONNELL, C. & D.; STIER, R. Safe, Satisfying and Stabilized Dressings and Sauces. ***Prepared Foods***, v. 173, n. 10, p. 43 - 50, 2004.

Organização Mundial da Saúde – OMS (WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO) ***High-dose irradiation: Wholesomeness of food irradiated with doses above 10 kGy***. WHO - Technical Report Series 890. Geneva, 1999.

PARASKEVOPOULOU, D.; BOSKOU, D.; PARASKEVOPOULOU, A. Oxidative stability of olive oil–lemon juice salad dressings stabilized with polysaccharides. ***Food Chemistry*** v. 101, p. 1197 – 1204, 2007.

PARASKEVOPOULOU , A. ; ATHANASIADIS, I.; BLEKAS, G. ; KOUTINAS, A. A.; KANELLAKI, M.; KIOSSEOGLOU, V. Influence of polysaccharide addition on stability of a cheese whey kefir-milk mixture. ***Food Hydrocolloid***, v. 17, n. 5, p. 615 – 620, 2003.

PARASKEVOPOULOU, A.; BOSKOU, D.; KIOSSEOGLOU, V. Stabilization of olive oil – lemon juice emulsion with polysaccharides. ***Food Chemistry***, v. 90, p.627-634, 2005.

PARK, G. J.; SONG, S. B.; KIM, H. J; HAM, J.I.; YOON, Y.; CHUNG, W. H.; KIM, J. E.; GAO, M.; LEE, W.J. ***Radiation Physics and Chemistry,*** v 81, p. 1118 – 1120, 2012.

PASQUEL, A. Gomas: utilização e aspectos reológicos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 33, p. 86-97, 1999.

PERRECHIL, F. A.; SANTANA, R.C.; FASOLIN, L.H. ; SILVA, C.A.S. ; CUNHA, R.L.. ***Rheological and structural evaluations of commercial Italian salad dressings***. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 30, p. 477 – 482, 2010.

PROFIQUA Associação Brasileira dos Profissionais da Qualidade de Alimentos ***Análise sensorial, teste descritivos e afetivos***. 1 ed., Campinas, 2002

RAO, M. A. ***Rheology of fluid and semisolid foods***: principles and applications. New York: Aspen Publishers, 1999.

RAO, M.A. Viscoelastic properties of mayonnaises and salad dressings. In: ***Viscoelastic Properties of Foods***. Rao, M. A.; Steffe, J. F. (Ed). London: Elsevier Applied Science, p. 355–370, 1992.

RODRIGUES, D.; NUNES, F., ***Larousse Dicionário da Língua Portuguesa Mini***., (Coord.). 1.ed. - São Paulo: Larousse do Brasil, 2005.

RIVAS, H.J.; SHERMAN, P. Soy and meat proteins as food emulsion stabilisers. 1. Viscoelastic properties of corn-oil-in water emulsions incorporating soy or meat proteins. ***Journal of Texture Studies***, v. 14, p. 251 – 265, 1982.

SABATO, S.F. Rheology of irradiated honey from Paraná region. ***Radiation Physics and Chemistry***, v. 71, p. 99 - 102, 2004.

SABATO, S.F.; LACROIX, M.. Radiation effects on viscosimetry of protein-based solutions. ***Radiation Physics and Chemistry,*** v. 63, p. 357 – 359, 2002.

SARAVACOS, D. G.; MAROULIS, Z. B. ***Transport properties of food***. New York: Marcel Dekker, p. 63-105, 2001.

SHAW, J. D. ***Introdução à química dos colóides e das superfícies***. São Paulo: Maar, J. H., 1975.

SMITTLE, R. B., FLOWERS, R. S. Acid Tolerant microorganisms involved in the spoilage of salad dressings. ***Journal of Food Protection***, v. 45 (10) p. 977 - 983, 1982.

SMITTLE, R. B.. Microbiology of mayonnaise and salad dressing: A review. ***Journal Food Protection***. v. 40 (6) p. 415-422, 1977

STEFFE, J. F. ***Rheological methods in food process engineering***. Michigan: Freeman Press. p. 418, 1996.

THOMAS, H., R.; BERNARDES, A. M.; DRAKE, E., E.; GUGLIELMO, G. Changes in the antioxidant activities of seven hebs and spice base marinating sauces after cooking, ***Journal of Food Composition and Analisis,*** v. 23 p. 244 – 252, 2010.

USP-CENA/PCLQ Disponível em: <http://www.cena.usp.br/irradiacao/principios.htm>, lançado em 2003 e revisado em 2007, acesso em: 18 de janeiro de 2013.

WATTS, B.M., YLIMAKI, G.L., JEFFERY, L.E., ELIAS, L.G. ***Métodos sensoriais básicos para la evaluación de alimentos*.** Tradución: Oficina de Traducciones, Secretaria de Estado.Ottawa : Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, p. 170, 1992.

WENDIN, K., HALL, G., Ifluences of fat, thickener and emulsifier contents on salad dressing: satatic and dynamic sensory and rheological analyses, ***LWT - Food Science. and Technology***, v. 34, p. 222 - 223, 2001.

YANG, C. M.; LUEDECKE, L., O.; SWANSON, B. G., Inhibition of microorganisms in salad dressing by sucrose and methylglucose fatty acid monoesters, ***Journal of Food Processing Preservation***, v. 27, p. 285 - 298, 2003.

YOON, Y., M.; PARK, J. H.; LEE, J. H.; PARK, J. N.; PARK, J. K. ; SUNG, N. Y.; SONG, B. S.; KIM, J. H.; YOON, Y.; GAO, M.; YOOK, H. S.; LEE, J. W., Effects of gamma-irradiation before and after cooking on bacterial population and sensory quality of Dakgalbi, ***Radiation Physics and Chemistry,*** v. 81, p. 1121 – 1124, 2012.

TABELA 3 – Composição dos 11 molhos comerciais para salada.

CODIFICAÇÃO	NOME	VOLUME (mL)	MARCA	INGREDIENTES
M1	Caseiro	236	Hellmann`s	Água, óleo vegetal, vinagre, sal, açúcar, amido modificado, alho, cebola, soro de leite, salsa, queijo, pimenta do reino branca, aromatizantes, espessantes celulose microcristalina e goma xantana, emulsificantes polisorbato 60 e alginato de propilenoglicol, relaçador de sabor glutamato monossódico, acidulante ácido lático, conservador ácido sórbico, sequestrante EDTA cálcio cítrico, BHT e BHA
M2	Mostarda e Mel	234	Liza	Água, xarope de glicose, vinagre, açúcar, mel, amido modificado, mostarda, sal, cebola, alho, pimenta-preta, acidulante ácido cítrico, realçador de sabor glutamato monossódico, aromatizantes, conservadores sorbato de potássio e benzoato de sódio e corante caramelo
M3	Iogurte	234	Liza	Água, óleo vegetal de soja, açúcar, amido modificado, vinagre, ovos pasteurizados, sal, suco de limão, acidulante ácido lático, aromatizantes, estabilizantes goma xantana e goma guar, conservador sorbato de potássio, corantes naturais: clorofila, páprica, urucum e cúrcuma e sequestrante EDTA cálcio dissódico
M4	Parmesão	236	Hellmann`s	Água, maltodextrina, óleo vegetal, vinagre, queijo parmesão, amido modificado, sal, ovos pasteurizados, suco de limão, alho, cebola, salsa, cebolinha, pimenta-do-reino branca, espessantes celulose microcristalina e goma xantana, acidulante ácido lático, aromatizantes (aroma idêntico ao natural de queijo) conservador ácido sórbico, realçador de sabor glutamato monossódico, corante inorgâncio dióxido de titânio e corante páprica, sequestrante EDTA cálcio dissódico e antioxidantes ácido cítrico, BHT e BHA.
M5	Italiano	236	Hellmann’s	Água, óleo vegetal, vinagre de vinho tinto, açúcar, sal, queijo parmesão, pimentão verde e vermelho, cenoura, salsa, orégano, manjericão, aipo, pimenta-do-reino preta, suco de limão, alho, cebola, acidulante ácido lático, realçador de sabor glutamato monossódico, espessante goma xantana, conservador sorbato de potássio, sequestrante EDTA cálcio dissódico e antioxidante ácido cítrico, BHA e BHT.
M6	Oriental Light	250	Taeq	Água, óleo de soja, maltodextrina, vinagre, molho de soja, cebola desidratada em pó, gengibre em pó, sal refinado, amido modificado, alho desidratado em pó, óleo de gergelim, realçador de sabor glutamato monossódico, corante natural caramelo, antioxidante BHA e BHT e aromatizante óleo de resina de gengibre e conservador sorbato de potássio.

TABELA 3 – Composição dos 11 molhos comerciais para salada (Continuação).

CODIFICAÇÃO	NOME	VOLUME (mL)	MARCA	INGREDIENTES
M7	Italiano	234	Master Foods	Água, óleo de soja refinado, vinagre, açúcar, mostarda, sal, orégano, pimenta-do-reino preta, páprica doce, pimentão vermelho, alho, cebola, manjericão, queijo parmesão, acidulante ácido cítrico, estabilizante goma xantana, conservador sorbato de potássio, corante caramelo III, antioxidantes BHA e BHT e sequestrante EDTA cálcio dissódico.
M8	Limão Siciliano com Gergelim Light	240	Taeq	Água, óleo de soja, vinagre, sal refinado, maltodextrina, amido modificado, açúcar, cebola desidratada em pó, gergelim em grão, salsa desidratada em flocos, pimenta do reino branca, aromatizante aroma idêntico ao natural de limão, espessantes goma acácia e xantana, realçador de sabor glutamato monossódico, antioxidante ácido ascórbico, BHA e BHT, acidulante ácido cítrico, conservador sorbato de potássio e corante natural de clorofila.
M9	Mostarda com Mel Light	230	Taeq	Água, açúcar, maltodextrina, frutose, vinagre, molho de mostarda, mel, amido modificado, sal refinado, mostarda em pó, alho desidratado em pó, cebola desidratada em pó, cúrcuma em pó, pimenta do reino, espessantes goma acácia e xantana, Acidulante ácido láctico, antioxidante ácido ascórbico, realçador de sabor glutamato monossódico, conservador sorbato de potássio, corante dióxido de titânio, luteína e natural de caramelo, aromatizante aroma idêntico ao natural de mostarda.
M10	Limão	234	Liza	Água, óleo vegetal de soja, vinagre, sal, açúcar, amido modificado, suco de limão, salsa, pimenta preta, acidulante ácido cítrico, conservadores de sorbato de potássio e benzoato de sódio, estabilizante goma xantan, ocrante natural clorofila, aromatizantes realçadores de sabor glutomato monossódico, sequestrante, ETBHQ, cálcio dissódico antioxidante TBHQ.
M11	Italiano Light	230	Taeq	Água, vinagre, óleo de soja, sal, maltodextrina, amido modificado, açúcar, cebola granulada, alho desidratado em pó, pimentão moído, mostarda em pó, tomate desidratada em pó, salsa desidratada em flocos, orégano em flocos, aipo marrom em pó, noz moscada em pó, corante natural de cúrcuma e caramelo, espessante goma acácia e xantana, conservador benzoato de sódio e antioxidante BHA e BHT.