

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ALIMENTOS
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM ALIMENTOS

MÁRIO MURAOKA JÚNIOR

**APLICAÇÃO DE MICROCRISTAIS DE CURCUMINA EM
MORTADELA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2017

MÁRIO MURAOKA JÚNIOR

**APLICAÇÃO DE MICROCRISTAIS DE CURCUMINA EM
MORTADELA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Tecnologia em Alimentos, do Departamento Acadêmico de Alimentos – DALIM – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Alimentos.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Adriana Aparecida Droval

CAMPO MOURÃO

2017



Ministério da Educação
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
Campus Campo Mourão
Departamento Acadêmico de Alimentos

TERMO DE APROVAÇÃO
APLICAÇÃO DE MICROCRISTAIS DE CURCUMINA EM MORTADELA
por
MÁRIO MURAOKA JÚNIOR

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 23 de junho de 2017, como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Alimentos. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Adriana Aparecida Droval
Orientadora

Odinei Hess Gonçalves
Membro da banca

Leila Larisa Medeiros Marques
Membro da banca

Nota: O documento original e assinado pela Banca Examinadora encontra-se no Departamento Acadêmico de Alimentos da UTFPR Campus Campo Mourão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos docentes Odinei Hess Gonçalves, Fernanda Vitória Leimann e Flávia Reitz, que tiveram grande parcela de contribuição para que este trabalho fosse concluído. Agradeço, sobretudo, a minha orientadora Adriana Aparecida Droval, que indicou o caminho, sendo afável e solícita desde o princípio.

Agradeço também aos colegas discentes que participaram, ajudaram e foram muito importantes em algum momento da pesquisa; Karina Bartko, Priscila Dayane de Freitas Santos, Thaysa Moia e Tamires Barlati.

MURAOKA JÚNIOR, Mário. **Aplicação de microcristais de curcumina em mortadela**. 2017. 45f. Trabalho de conclusão de curso (Curso Superior de Tecnologia de Alimentos), Departamento de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2017.

RESUMO

A mortadela é um produto cárneo industrializado, obtido de uma emulsão de carnes e possui aproximadamente 30% em gorduras, que podem sofrer o processo de rancidez oxidativa, característica indesejável em produtos cárneos. Para retardar a oxidação, são utilizados aditivos antioxidantes sintéticos, mais comumente o eritorbato de sódio. Nos últimos tempos, várias pesquisas apontam para os males que os antioxidantes sintéticos podem provocar, como o câncer. Contudo, tem-se buscado alternativas naturais para retardar processos oxidativos e a curcumina se mostra uma alternativa em potencial. Nesta pesquisa foi avaliado por 90 dias o uso de cristais de curcumina em substituição ao eritorbato de sódio, na produção de mortadela, que mostrou ter grande efeito antioxidativo frente ao similar sintético e desempenho similar em outros testes físico-químicos, com exceção da cor, pois a curcumina também possui propriedade corante em tom amarelo, o qual deixou essa característica nas amostras produzidas com essa substância.

Palavras-chave: Antioxidantes; Curcumina, Eritorbato de sódio; Produtos cárneos embutidos; Mortadela.

MURAOKA JÚNIOR, Mário. **Application of curcumin microcrystals in mortadella**.2017. 45f. Trabalho de conclusão de curso (Curso Superior de Tecnologia de Alimentos), Departamento de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2017.

ABSTRACT

Mortadella is an industrialized meat product, obtained from a meat emulsion and has approximately 30% in fats, which can undergo oxidative rancidity, an undesirable characteristic in meat products. To retard oxidation, synthetic antioxidant additives, most commonly sodium erythorbate, are used. In recent times, several research points to the evils that synthetic antioxidants can cause, such as cancer. However, natural alternatives have been sought to retard oxidative processes and curcumin is a potential alternative. In this research was evaluated for 90 days the use of curcumin crystals in replacement of sodium erythorbate in the production of mortadella, which showed to have a great antioxidative effect against the similar synthetic and similar performance in other physical-chemical tests, except for color, because curcumin also has yellow coloring properties, which left this characteristic in the samples produced with this substance.

Keywords: Antioxidants; Curcumin; Sodium erythorbate; Built-in meat products; Mortadella.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Rizomas de cúrcuma in natura e em pó.	16
Figura 2: Estrutura química da curcumina.	17
Figura 3: Fluxograma do preparo dos microcristais de curcumina.	19
Figura 4: Fluxograma da produção de mortadela.	21
Figura 5: Amostra de mortadela com eritorbato de sódio (F1).....	24
Figura 6: Amostra de mortadela com microcristais de curcumina (F2).....	24
Figura 7: Amostra de mortadela sem adição de antioxidantes (F3).....	25
Figura 8: pH das análises das formulações de mortadela no período de 90 dias.....	26
Figura 9: Valor de luminosidade (L*) no período de 90 dias.	27
Figura 10: Valores do parâmetro a* no período de 90 dias.	27
Figura 11: Valores do parâmetro b* no período de 90 dias.	28
Figura 12: Análise da perda de massa das formulações F1 (eritorbato), F2 (curcumina) e F3 (sem antioxidante) durante os 90 dias de armazenamento.....	29
Figura 13: Análise do perfil de dureza para as amostras F1 (eritorbato de sódio), F2 (curcumina) e F3 (sem antioxidante) durante 90 dias.	30
Figura 14: Análise do perfil de adesividade para as amostras F1 (eritorbato de sódio), F2 (curcumina) e F3 (sem antioxidante) durante 90 dias.	31
Figura 15: Análise do perfil de elasticidade para as amostras F1 (eritorbato de sódio), F2 (curcumina) e F3 (sem antioxidante) durante 90 dias.	32
Figura 16: Análise da mastigabilidade para as amostras F1 (eritorbato de sódio), F2 (curcumina) e F3 (sem antioxidante) de mortadela.	33
Figura 17: Análise da viscosidade para as amostras F1 (eritorbato de sódio), F2 (curcumina) e F3 (sem antioxidante) de mortadela no período de 90 dias.	34
Figura 18: Análise da coesividade para as amostras F1 (eritorbato de sódio), F2 (curcumina) e F3 (sem antioxidante) no período de 90 dias.	35
Figura 19: Análise da resiliência para as amostras F1 (eritorbato de sódio), F2 (curcumina) e F3 (sem antioxidante) no período de 90 dias.	36
Figura 20: Análise da oxidação para as amostras F1 (Eritorbato de sódio), F2 (Curcumina) e F3 (sem antioxidante) de mortadela no período de 90 dias.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Ingredientes e aditivos utilizados nas formulações de mortadelas (F1, F2 e F3).	20
Tabela 2: Médias e desvios padrões para as formulações de mortadela para o fator pH.	25
Tabela 3: Médias e desvios padrões para as formulações F1 (eritorbato de sódio), F2 (curcumina) e F3 (sem antioxidante) de mortadela para o fator cor objetiva (L*, a* e b*):.....	27
Tabela 4: Médias e desvios padrões para as formulações F1 (eritorbato de sódio), F2 (curcumina) e F3 (sem antioxidante) de mortadela para o fator perda de massa (g/100g):	29
Tabela 5: Médias e desvios padrões para o perfil de dureza para as formulações F1 (eritorbato de sódio), F2 (curcumina) e F3 (sem antioxidante) de mortadela:	30
Tabela 6: Médias e desvios padrões para o perfil de adesividade para as formulações F1 (eritorbato de sódio), F2 (curcumina) e F3 (sem antioxidante) de mortadela:	31
Tabela 7: Médias e desvios padrões do perfil de elasticidade para as formulações F1 (eritorbato de sódio), F2 (curcumina) e F3 (sem antioxidante) de mortadela:	31
Tabela 8: Médias e desvios padrões do perfil de mastigabilidade para as amostras, F1 (eritorbato de sódio), F2 (curcumina) e F3 (sem antioxidante) de mortadela:	33
Tabela 9: Médias e desvios padrões da viscosidade para as amostras F1 (eritorbato de sódio), F2 (curcumina) e F3 (sem antioxidante) de mortadela:	34
Tabela 10: Médias e desvios padrões para o perfil de coesividade para as amostras F1 (eritorbato de sódio), F2 (curcumina) e F3 (sem antioxidante) de mortadela:	35
Tabela 11: Médias e desvios padrões do perfil de resiliência para as amostras F1 (eritorbato de sódio), F2 (curcumina) e F3 (sem antioxidante) de mortadela:	35
Tabela 12: Médias e desvios padrões de TBARS (mg de malonaldeído/kg) para as amostras F1 (Eritorbato de sódio), F2 (Curcumina) e F3 (sem antioxidante) de mortadela:	37

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
3.1 EMBUTIDOS CÁRNEOS COZIDOS	12
3.1.1 Emulsão Carnea.....	13
3.1.2 Propriedades Funcionais das Proteínas Miofibrilares	13
3.2 ADITIVOS ALIMENTARES	14
3.3 CÚRCUMA	16
4.0 MATERIAL E MÉTODOS	18
4.1 MATÉRIA PRIMA	18
4.2 PREPARO DOS MICROCRISTAIS DE CURCUMINA.....	18
4.3 ELABORAÇÃO DAS MORTADELAS.....	19
4.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	21
4.4.1 Determinação do pH	22
4.4.2 Determinação da cor objetiva.....	22
4.4.3 Determinação do perfil de Textura	22
4.4.4 Determinação da perda de massa durante estocagem.....	22
4.4.5 Determinação da Oxidação Lipídica.....	23
5.0 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	24
5.1 DETERMINAÇÃO DO pH	25
5.2 DETERMINAÇÃO DA COR OBJETIVA (L*, a* e b*).....	26
5.3 DETERMINAÇÃO DA PERDA DE MASSA DURANTE ESTOCAGEM.....	29
5.4 DETERMINAÇÃO DA TEXTURA.....	30
5.5 DETERMINAÇÃO DA OXIDAÇÃO.....	36
6.0 CONCLUSÃO	38
7.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39

1 INTRODUÇÃO

O consumo e a produção de alimentos cárneos industrializados estão a cada dia mais presentes no mercado e na mesa do consumidor. Os principais derivados produzidos são os embutidos cozidos como mortadelas, salsichas, presunto e apresuntados, mas destaca-se também o consumo de hambúrgueres, carnes secas, produtos curados maturados e os defumados. A industrialização visa aumentar a vida-de-prateleira e diversificar o uso e consumo da carne, além de agregar valor a cortes menos nobres, miúdos e retalhos (MASSINGUE, 2012).

Mortadelas, salsichas são denominados de embutidos emulsionados cozidos, que apesar de não se enquadrarem na definição clássica de emulsão (dois líquidos imiscíveis, dispersos no estado coloidal), a estrutura e propriedades físicas da massa se assemelham a uma emulsão verdadeira, propriedade conferida principalmente pelas proteínas miofibrilares e pela gordura (CANHOS & DIAS, 1983).

De acordo com a legislação brasileira, a mortadela é um produto cárneo industrializado, obtido de uma emulsão de carnes de animais de açougue, acrescido ou não de toucinho, adicionado de ingredientes, embutido em envoltório natural ou artificial, em diferentes formas e submetido a tratamento térmico adequado (MAPA, 2000).

A mortadela é um alimento bastante popular no Brasil, possui preço relativamente acessível, é de sabor agradável e odor característico, de acordo com Massingue (2012), a tecnologia para o processamento de produtos cárneos, como a mortadela, possibilitou a população de baixa renda o acesso de proteínas funcionais oriundas da carne, aumentando as chances de suprimento da recomendação diária de proteína (63 mg/dia), tendo-se constatado que o produto vem sendo apreciado por todas as classes sociais ao longo do tempo.

Os embutidos emulsionados cozidos possuem um alto teor de gordura na sua composição e estão sujeito as mudanças químicas que ocorrem durante a vida de prateleira, destacando-se as reações de rancidez oxidativa, que ocorre quando as gorduras da carne estão expostas ao oxigênio do ar, resultando na produção de sabor e odor fortemente desagradáveis no produto cozido. Este sabor e odor característicos são causados pela presença de aldeídos, ácidos e cetonas formados durante a oxidação e decomposição dos ácidos graxos (CANHOS & DIAS, 1983).

Sendo para isso necessário a adição de antioxidantes, que estão presentes de forma natural ou intencional nos alimentos para retardar o aparecimento dos fenômenos de oxidação, mantendo suas características sensoriais (ANDREO & JORGE, 2006).

Os antioxidantes são compostos que em pequenas quantidades retardam ou inibem processos oxidativos, pois retiram ou doam elétron, neutralizando o radical livre, prevenindo assim, as células de danos com excesso de espécies reativas. Os antioxidantes têm origem sintética ou natural. O uso de antioxidantes sintéticos, como eritorbato, butil-hidroxianisol (BHA), butil-hidroxitolueno (BHT) e terc-butilhidroquinona (TBHQ), apesar de largamente utilizados pelas indústrias alimentícias no Brasil, a sua utilização vem sendo limitada devido ao seu potencial de cancerígeno, bem como pela comprovação de diversos outros males como: aumento do peso do fígado e significativa proliferação do retículo endoplasmático, desestimulando o consumo de produtos com ingredientes sintéticos pelos consumidores (DEGÁSPARI & WASZCZYNSKYJ, 2004).

Os antioxidantes naturais são substâncias extraídas de plantas e vegetais, algumas delas são usadas na cozinha há muito tempo como especiarias, e possuem alto poder antioxidante, podendo ser usadas como conservantes de alimentos, como por exemplo, a *Curcuma longa*, uma das alternativas com grande potencial. Da cúrcuma pode ser extraído um polifenol hidrofóbico denominado de curcumina. A curcumina tem sido utilizada há séculos na medicina tradicional e como tempero e corante alimentício em países asiáticos como a Índia e a China (HU *et al.*, 2015).

A cúrcuma também conhecida como açafrão-da-terra, gengibre dourado, mangarataia, entre outros nomes, é um rizoma, e possui substâncias corantes, contém óleos essenciais de excelentes qualidades técnicas e sensoriais (DUARTE *et al.*, 1989) além de apresentar características antioxidante e antimicrobiana, características essas de grande interesse na indústria alimentícia (WANG *et al.*, 2009). Desta forma, identifica-se a necessidade de pesquisas as quais possam identificar agentes naturais, capazes de diminuir ou substituir a utilização de antioxidantes sintéticos em alimentos industrializados.

2.0 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Estudar a aplicação de microcristais de curcumina em mortadela e avaliar durante 90 dias as propriedades físico-químicas das mortadelas em relação a determinações de pH, cor objetiva, perfil de textura, perda de peso por cozimento e oxidação lipídica.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Produzir microcristais de curcumina por meio de precipitação em não solvente;
- Elaborar três formulações de mortadela: com adição de antioxidante sintético (Controle F1); com adição de microcristais de curcumina (F2) e sem adição de qualquer tipo de antioxidante (F3);
- Determinar a cor, o pH, a Perda de peso durante estocagem, perfil de textura e determinar a oxidação lipídica das formulações de mortadelas durante o intervalo de tempo de 90 dias.

3.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 EMBUTIDOS CÁRNEOS COZIDOS

Os embutidos cárneos são obtidos a partir do processo de moagem da carne, condimentado e embutidos. No processo de embutimento, a massa cárnea é acondicionada em invólucros, naturais ou artificiais, que protegem, dão forma e estabilidade. Há diversos tipos de embutidos com diferentes teores de umidade, desde os secos aos frescos, curados, fermentados, cozidos e emulsionados, muitos podendo se classificar em mais de um desses princípios (BENEVIDES & NASSU, 2017).

Os embutidos cárneos cozidos são aqueles que sofrem processo de tratamento térmico, seja em estufa ou água, o suficiente para o cozimento e conservação sob refrigeração. O tratamento térmico também pode ser realizado com a defumação sob temperaturas mais elevadas. Incluem-se nesse grupo, a salsicha e a mortadela, que se encaixam também no tipo emulsionado (BENEVIDES & NASSU, 2017).

A mortadela no Brasil é regulamentada como:

[...] produto cárneo industrializado, obtido de uma emulsão das carnes de animais de açougue, acrescido ou não de toucinho, adicionado de ingredientes, embutido em envoltório natural ou artificial, em diferentes formas, e submetido ao tratamento térmico adequado. Além disso, pode ser classificada de acordo com a matéria prima utilizada e o método de fabricação empregada. São adicionados a mortadela, carnes de diferentes espécies de animais de açougue, carnes mecanicamente separadas, até o limite máximo de 60%; miúdos comestíveis de diferentes espécies de animais de açougue (Estômago, Coração, Língua, Fígado, Rins, Miolos), pele e tendões no limite de 10% (máx) e gorduras (MAPA, 2000).

A regulamentação da identidade e qualidade da mortadela, diz que outros ingredientes também podem ser adicionados na formulação da mortadela, como: fosfatos, cloreto de sódio, proteína de soja, proteínas de leite, caseinatos, nitratos, nitritos, espessantes, antioxidantes, realçadores de sabor, entre outros (MAPA, 2000).

3.1.1 Emulsão Carnea

De acordo com Ulgade-Benítez (2012), emulsão pode ser definida como um sistema coloidal que possui duas fases, sendo uma fase dispersa e uma contínua com diferente composição. A fase dispersa também é conhecida como fase interna e a fase contínua como fase externa. McClements (2005) diz que um sistema emulsionado é composto por dois líquidos imiscíveis em que ocorre dispersão de pequenas partículas esféricas, que variam entre 0,1 a 5,0 μm . No entanto, em emulsões cárneas, o diâmetro dessas partículas pode atingir de 10 a 50 μm , não podendo, portanto, ser considerada emulsão clássica. A emulsão cárnea é elaborada pela mistura de carne, tecido adiposo, gelo, água e aditivos (SORAPUKDEE *et al.*, 2013)

As emulsões são normalmente instáveis, a não ser que um agente estabilizante ou emulsificante esteja presente. Quando a gordura está em contato com a água, ocorre uma grande tensão interfacial entre as fases. O agente emulsificante atua reduzindo esta tensão interfacial, permitindo a formação de uma emulsão sem muito gasto de energia, além de aumentar a estabilidade do sistema. Os agentes emulsificantes são compostos que contêm moléculas com afinidade tanto pela água como pela gordura, ou seja, com grupos hidrofílicos e hidrofóbicos, respectivamente. Nas emulsões cárneas, as proteínas miofibrilares (actina, miosina e actomiosina) atuam como agentes emulsificantes. Estas proteínas estão insolúveis em água e soluções salinas diluídas, porém quando a concentração salina é elevada tornam-se solúveis. Assim, a principal função do sal em embutidos emulsionados é solubilizar estas proteínas, tornando-as disponíveis para atuar como emulsificantes. (LEMOS, 2004).

As emulsões cárneas são ricas em teores de gordura, o que pode favorecer as reações de rancidez oxidativa, que ocorre quando as gorduras da carne estão expostas ao oxigênio do ar, resultando na produção de sabor e odor fortemente desagradáveis no produto cozido. Este sabor e odor característicos são causados pela presença de aldeídos, ácidos e cetonas formados durante a oxidação e decomposição dos ácidos graxos (CANHOS & DIAS, 1983).

3.1.2 Propriedades Funcionais das Proteínas Miofibrilares

Segundo Smith (2001), as propriedades funcionais de um alimento determinam o seu comportamento durante o processamento, vida-de-prateleira e consumo. Além disso, Smith (2001) diz que as propriedades funcionais das proteínas determinam as qualidades sensoriais, de estabilidade e qualidade global de um alimento.

As proteínas miofibrilares desempenham funções importantes em produtos cárneos, como: capacidade de retenção de água, solubilidade, extração, emulsificação, gelificação, adesão/ligação, capacidade de retenção de flavor e retenção de gordura. Isto é, para cada proteína é esperado que exiba mais do que uma propriedade funcional simultaneamente ou sequencialmente durante o processamento. Ademais, as proteínas miofibrilares contribuem para o desenvolvimento de uma gama de textura em produtos cárneos (SMITH, 2001).

Segundo Cheng & Sun (2008) a capacidade da carne ou derivados dela de reter água adicionada durante um processo ou manter a água presente em seu meio, é definida como capacidade de retenção de água. Puolanne & Halonen (2010) dizem que forças osmóticas ou eletrostáticas causam um espaçamento nas miofibrilas, causando assim o efeito de retenção de água. Fatores como pH e tipo de músculo têm a capacidade de alterar a capacidade de retenção de água e propriedades viscoelásticas das proteínas miofibrilares (WESTPHALEN *et al.*, 2006). Offer & Trinick (1983) sugerem que as miofibrilas são responsáveis pela capacidade de ligação e retenção de água em carnes, aumentando conforme o pH se distancia do ponto isoelétrico (aproximadamente pH 5,2), ocasionando um aumento na carga total das moléculas de proteína.

3.2 ADITIVOS ALIMENTARES

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária, a ANVISA, define aditivo alimentar como:

[...] qualquer ingrediente adicionado intencionalmente aos alimentos, sem propósito de nutrir, com objetivo de modificar as características físicas, químicas, biológicas ou sensoriais, durante a fabricação, processamento, preparação, tratamento, embalagem, acondicionamento, armazenagem, transporte ou manipulação de um alimento. Ao agregar-se poderá resultar em que o próprio aditivo ou seus derivados se convertam em um componente de tal alimento (ANVISA, 2000).

Na produção de mortadela são utilizados aditivos para fins tecnológicos e/ou como condimentos, afim de melhorar a as características sensoriais e a vida-de-prateleira do produto.

Dentre os aditivos utilizados, destacam-se:

Glutamato monossódico – empregado como realçador de sabor, o qual tem papel importante, pois participa da reação de Maillard, reação entre açúcares redutores e aminoácidos, que majoritariamente ocorre durante o aquecimento e cozimento da mortadela, produzindo um conjunto de produtos conhecidos como “produtos da reação de Maillard”, os quais são um dos responsáveis pelo aroma e sabor característico do produto. Além disso, estudos recentes mostram que o glutamato monossódico possui potencial antioxidante (LIU *et al.*, 2012).

Sal (Cloreto de sódio) - fornece eletrólitos para a manutenção da tonicidade do plasma, confere sabor aos produtos, solubiliza as proteínas da carne, contribui na emulsão do produto e na retenção de água, além de reduzir a atividade da água. Pode-se, dependendo do produto cárneo, adicionar mais sal do que o necessário para alcançar uma emulsão estável e uma boa retenção de água. (DOMINGOS, 2011; ADITIVOS & INGREDIENTES, 2017).

Fosfato – aumenta a capacidade de retenção da água da emulsão cárnea e reduz o processo de rancidez oxidativa, contribuindo na qualidade do produto final (ADITIVOS & INGREDIENTES, 2017). De acordo com Dusek (2003), os fosfatos são ainda, capazes de sequestrar íons de metais polivalentes, como o Fe⁺³, importante catalisador das reações de rancidez.

Antioxidantes – De acordo com Halliwell (1995), os antioxidantes são substâncias, que mesmo em baixas concentrações, comparado com outros substratos oxidáveis, podem prevenir e retardar a oxidação deste substrato. Podem ser tanto sintéticos como naturais.

Os antioxidantes sintéticos mais utilizados na indústria de alimentos são o BHA (butil-hidroxi-anisol), o BHT (butil-hidroxi-tolueno), o PG (propil galato) e o TBHQ (butil-hidroquinona terceária). Esses compostos possuem uma estrutura que possibilita a doação de um próton a um radical livre, reagindo com o mesmo e evitando a oxidação (BOTTERWECK *et al.*, 2000).

Os antioxidantes naturais podem ser extraídos de ervas ou plantas, os quais se destacam os tocoferóis e os compostos fenólicos, capazes de doar elétrons e quebrar a cadeia de reação oxidativa (BRANER *et al.*, 2002; SOARES *et al.*, 2008).

3.3 CÚRCUMA

A *Curcuma longa* é um rizoma da família *Zingiberaceae*, originária da Índia. É também cultivada na China, Caribe e América do Sul (Figura 1). De uso milenar na culinária como tempero, é largamente utilizada na indústria alimentícia como corante de origem vegetal, que possui coloração amarelo-marrom, substituto do corante sintético tartrazina. Ademais, o aroma característico da cúrcuma é de interesse nas pastas de mostarda e em formulações de condimentos como curry, picles, maioneses e alimentos processados congelados prontos para consumo (GOVINDARAJAN, 1980).



Figura 1: Rizomas de cúrcuma *in natura* e em pó.

Fonte: www.asplantasmedicinais.com (2017).

A curcumina é um polifenol hidrofóbico (Figura 2) cristalino extraído dos rizomas da cúrcuma (*Curcuma longa*) (HU, 2015). Volp *et al.* (2009) descreve que a substância possui atividades biológicas de interesse, como propriedades antioxidantes, antimicrobianas e antiflogísticas. Porém, Weber *et al.* (2005) cita que o mecanismo de ação antioxidante ainda é desconhecido, no entanto, acredita-se que os radicais fenoxi sejam responsáveis por tal efeito.

Segundo Filho (2000) e Nguyen (2014), devem-se ter alguns cuidados no uso da curcumina, pois a substância apresenta algumas desvantagens em certas situações, como o pH fora da faixa entre 4 e 7, é sensível a incidência luminosa, íons metálicos, ácido ascórbico e tratamento térmico, além de ser uma substância hidrofóbica (SILVA-BUZANELLO, 2013). Por essas razões, sua utilização na

indústria alimentícia ainda é limitada, carecendo de novas pesquisas para dar vazão ao enorme potencial que a substância oferece dentro desse setor.

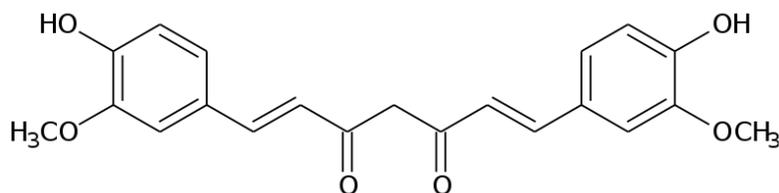


Figura 2: Estrutura química da curcumina.

Fonte: www.fcencias.com (2017).

Diante das instabilidades circunstanciais da curcumina, a importância da microencapsulação da mesma se torna fundamental para que as propriedades de interesse que nela há sejam preservadas, a fim de serem utilizadas a contento como uma opção em aditivo alimentar.

4.0 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATÉRIA PRIMA

Para a elaboração das mortadelas, foram utilizadas carnes suína, bovina e CMS (Carne Mecanicamente Separada) de frango e demais ingredientes, que foram adquiridos no comércio da cidade de Campo Mourão – (PR). Os aditivos utilizados foram da empresa IBRAC.

Para a produção dos microcristais de curcumina foram utilizados os seguintes reagentes: Curcumina (Sigma-Aldrich 99,5% de pureza) e álcool etílico (P.A.).

4.2 PREPARO DOS MICROCRISTAIS DE CURCUMINA

Para obtenção dos microcristais foi utilizado o método de precipitação em não solvente (YEN, 2010), com algumas alterações. Inicialmente, foi preparada uma solução alcoólica de curcumina de 3,33 mg/mL, que foi vertida em meio aquoso, sob agitação no homogeneizador (Ultra Turrax - IKA T25 digital) a 20000 rpm. A solução final foi mantida no homogeneizador sob agitação durante 10 minutos. Ao fim deste tempo, a solução passou por banho metabólico Dubnoff (Solab) a 50°C, com agitação mínima (20 rpm) durante 48 horas, para evaporação do etanol. O conteúdo foi congelado em ultrafreezer vertical (Liotop) a -90°C e liofilizado (Liofilizador L101 – Liotop) por aproximadamente 72 horas.



Figura 3: Fluxograma do preparo dos microcristais de curcumina.

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3 ELABORAÇÃO DAS MORTADELAS

Foram elaboradas três formulações de mortadelas mistas: com adição de antioxidante sintético eritorbato de sódio (Controle – F1); com a adição de microcristais de curcumina, antioxidante natural (F2) e sem adição de qualquer tipo de antioxidante (F3). A elaboração da formulação da mortadela foi realizada no laboratório de industrializações de carnes da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – (UTFPR - CM). A concentração de antioxidante sintético utilizada foi de 0,25% em relação a massa total do preparado, enquanto que o antioxidante natural foi utilizado a quantidade de 0,002g/100g, quantidade máxima de cúrcuma/curcumina permitido como aditivo alimentício pelo órgão regulador no Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 1998). Na formulação designada como F3, não foi utilizado qualquer espécie de antioxidante.

As concentrações dos ingredientes e aditivos utilizados estão descritas na Tabela1.

Tabela 1: Ingredientes e aditivos utilizados nas formulações de mortadelas (F1, F2 e F3).

Ingredientes/Aditivos	F1 (%)	F2(%)	F3 (%)
CMS	5,000	5,000	5,000
Carne suína (paleta)	46,000	46,000	46,000
Carne bovina (paleta, acém)	16,000	16,000	16,000
Toucinho	13,000	13,000	13,000
Fécula de mandioca	3,000	3,000	3,000
Proteína texturizada de soja	2,000	2,000	2,000
Gelo	12,000	12,000	12,000
Cura rápida (Nitrito/Nitrato)	0,250	0,250	0,250
Antioxidante*	0,250	0,002	-
Fosfato	0,250	0,250	0,250
Condimento para mortadela	0,400	0,400	0,400
Sal	2,000	2,000	2,000
Alho em pó	0,100	0,100	0,100
Glutamato monossódico	0,100	0,100	0,100

* Eritorbato de sódio (F1); microcristais de curcumina (F2) e sem adição de qualquer antioxidante (F3).

As matérias-primas, ingredientes e aditivos foram pesados em balança semi-analítica, conforme formulações da Tabela 1, em seguida foram levados ao *cutter* (Mado Garant), ao qual foram adicionados a carne, o gelo, e os demais ingredientes, seguindo a ordem pré-estabelecida de acordo com o fluxograma apresentado na Figura 3. Depois de homogeneizado até obtenção da emulsão cárnea, a massa foi embutida em tripa artificial específica para mortadela, em embutidora hidráulica vertical (Confrimaq). Logo após, a mortadela foi pesada e levada ao processo de cozimento em banho-maria, até obtenção de temperatura interna de 72°C. Após cozimento, houve um choque térmico em água corrente, por 15 minutos.

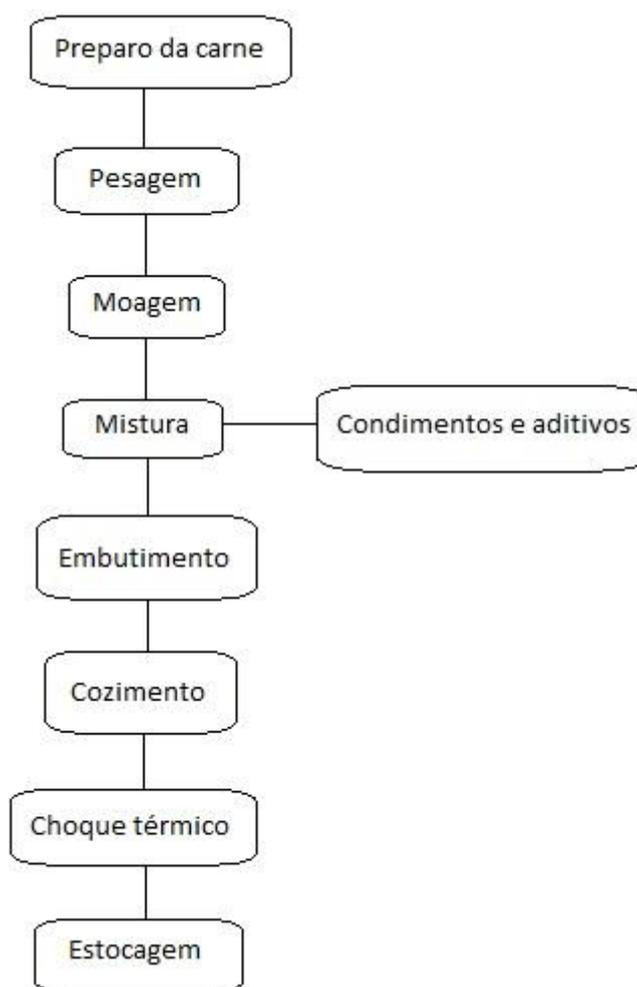


Figura 4: Fluxograma da produção de mortadela.

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

As mortadelas foram submetidas às seguintes análises físico-químicas: pH, cor objetiva, perda de massa durante estocagem, perfil de textura e oxidação lipídica. As análises foram realizadas em triplicatas, nos seguintes intervalos de tempo: dia zero, 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias*. Durante esse período, as mortadelas foram armazenadas sob temperatura de refrigeração em geladeira.

* Pelo motivo de falta de reagentes para a análise de oxidação lipídica nos períodos das análises programadas no cronograma, as amostras para esta análise foram congeladas em freezer pelos períodos entre 6 a 3 meses, até que os reagentes estivessem disponíveis para as análises serem realizadas.

Ademais, a quantidade escassa desses reagentes permitiu que apenas as amostras dos dias zero, 45 e 90 fossem averiguadas.

4.4.1 Determinação do pH

As medidas de pH foram realizadas em triplicatas com auxílio do potenciômetro de contato (Testo), de acordo com a metodologia sugerida por Olivo *et al.* (2001), com o ponto de incisão do eletrodo sendo a parte central da mortadela.

4.4.2 Determinação da cor objetiva

As amostras de mortadela foram cortadas ao meio e feito a leitura da parte interna exposta. Os resultados foram obtidos através de colorímetro (Hunter Lab - Miniscan EZ). Os valores são expressos em; L* (que representa a porcentagem de luminosidade, 0= escuro e 100=claro), a* (onde -a* representa direção ao verde e +a* direção ao vermelho) e b* (onde -b* representa direção ao azul e +b* direção ao amarelo).

4.4.3 Determinação do perfil de Textura

A avaliação da textura foi conduzida pelo método de análise de perfil de textura (TPA), utilizando um texturômetro (Stable Microsystem - TA-XT Express Enhanced), equipado com um probe P/2 (2 mm de diâmetro) e uma célula de carga 10kg. Dez amostras, cortadas em cubos de 1,0 cm de aresta, foram comprimidas duas vezes até 50% de seu tamanho. Não houve tempo de repouso entre os dois ciclos de compressão. A curva de deformação foi obtida com oito parâmetros de textura (BOURNE, 1978; RAMOS e GOMIDE, 2007): dureza, fraturabilidade, adesividade, elasticidade, mastigabilidade, viscosidade, coesividade e resiliência.

4.4.4 Determinação da perda de massa durante estocagem

As mortadelas para a análise de 90 dias de estocagem foram separadas previamente e suas massas determinadas em balança analítica (Marte – AD500) durante o respectivo período de análise das demais amostras. Os resultados foram

expressos na diferença de massa da amostra no período de tempo analisado ($\Delta m = m_b - m_a$).

4.4.5 Determinação da Oxidação Lipídica

A oxidação lipídica foi determinada pelo índice de TBARS, seguindo a metodologia descrita por Tarladgis *et al.* (1960) e modificado por Crackel *et al.* (1988). Os resultados em triplicata foram expressos em mg de MDA/kg de amostra.

A oxidação lipídica foi determinada durante 90 dias nos seguintes intervalos de tempo: dia zero, quadragésimo quinto dia e nonagésimo dia. As demais determinações para esta análise foram obtidas por interpolação numérica.

5.0 RESULTADOS E DISCUSSÕES

No intuito de se verificar a igualdade entre as médias para os diferentes fatores que influenciam na fabricação da mortadela, seja com a presença de eritorbato, curcumina ou sem antioxidante na sua formulação, empregou-se o teste de Tukey, considerando testar as hipóteses de que todas as médias seriam iguais ou pelo menos uma das médias seria diferente das demais ao nível de significância de 5%, ou seja:

$H_0: \mu_0 = \mu_{15} = \mu_{30} = \mu_{45} = \mu_{60} = \mu_{75} = \mu_{90}$ versus

H_1 : pelo menos uma das médias é diferente das demais.

Por meio da análise de variância, os resultados foram interpretados e representados em tabelas compostas por médias e desvios padrões.



Figura 5: Amostra de mortadela com eritorbato de sódio (F1).

Fonte: Karina Bartko



Figura 6: Amostra de mortadela com microcristais de curcumina (F2).

Fonte: Karina Bartko



Figura 7: Amostra de mortadela sem adição de antioxidantes (F3).

Fonte: Karina Bartko

5.1 DETERMINAÇÃO DO pH

Os valores para o pH para as três formulações F1 (com eritorbato de sódio), F2 (com curcumina) e F3 (sem antioxidante) de mortadela estão descritos nas Tabela 2.

Tabela 2: Médias e desvios padrões para as formulações de mortadela para o fator pH.

Formulação	Dia zero	Dia 15	Dia 30	Dia 45	Dia 60	Dia 75	Dia 90
F1	6,19 ^c ± 0,01	6,08 ^b ± 0,02	6,17 ^b ± 0,01	5,98 ^a ± 0,07	6,09 ^a ± 0,05	6,06 ^a ± 0,01	6,03 ^{ab} ± 0,02
F2	6,11 ^b ± 0,01	6,01 ^a ± 0,03	6,10 ^a ± 0,03	5,97 ^a ± 0,03	6,08 ^b ± 0,03	6,00 ^b ± 0,01	5,99 ^a ± 0,02
F3	6,07 ^a ± 0,01	5,98 ^a ± 0,03	6,07 ^a ± 0,02	6,06 ^a ± 0,01	6,07 ^a ± 0,02	6,07 ^a ± 0,01	6,06 ^b ± 0,01

Médias na mesma coluna, seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Na Tabela 2 podemos verificar que existem diferenças significativas ($p < 0,05$) para a análise do pH ao longo dos 90 dias de observação, com uma similaridade de valores ($p > 0,05$) de pH no dia 45 das formulações estudadas (F1, F2 e F3), que foram de 5,98, 5,97 e 6,06, respectivamente.

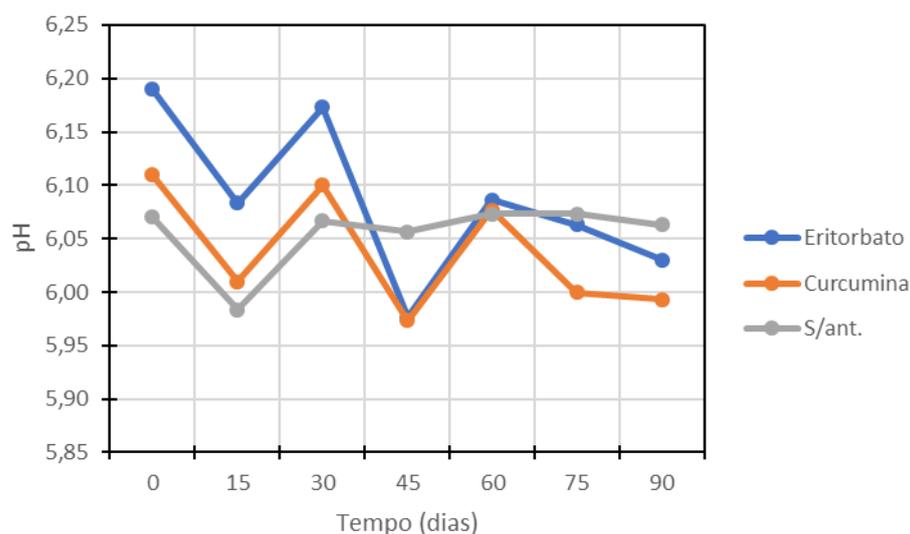


Figura 8: pH das análises das formulações de mortadela no período de 90 dias.

A relação entre queda do pH e o uso de antioxidantes naturais foi observada por Pereira *et al.* (2010), quando foi utilizado extratos de casca de manga na produção de mortadela bolonha, o qual houve um decaimento de $6,15 \pm 0,03$ (dia zero) para $6,03 \pm 0,02$ no final de um período de tempo de 21 dias. McCarthy *et al.* (2001) e Carpenter *et al.* (2007) também observaram a redução de pH quando houve a utilização, na função de antioxidantes, de extratos de sálvia e *aloe vera*, e extratos de semente de uva e *bearberry*, que foram aplicadas na conservação de hambúrguer de porco e carne de porco crua e cozida (*apud* PEREIRA *et al.*, 2010, p. 295).

5.2 DETERMINAÇÃO DA COR OBJETIVA (L^* , a^* e b^*)

Na Tabela 3 podemos verificar que existem diferenças significativas ($p < 0,05$) nas médias para a análise da luminosidade (valor de L^*), com exceção nos dias: 0 ($F_1=71,50$; $F_2=69,31$; $F_3=70,47$), 30 ($F_1=70,22$; $F_2=69,82$; $F_3=69,71$) e 45 ($F_1=70,45$; $F_2=69,12$; $F_3=69,83$), quando houve similaridade neste parâmetro entre as amostras. Para os parâmetros de cor a^* e b^* , as amostras se mostraram significativamente diferentes ($p < 0,05$) ao longo de 90 dias de observação. Esses valores podem ser corroborados pelas Figuras 9, 10 e 11.

Tabela 3: Médias e desvios padrões para as formulações F1 (eritorbato de sódio), F2 (curcumina) e F3 (sem antioxidante) de mortadela para o fator cor objetiva (L^* , a^* e b^*):

Amostras	Dia zero	Dia 15	Dia 30	Dia 45	Dia 60	Dia 75	Dia 90
F1(L^*)	71,50 ^a ± 1,69	71,73 ^b ± 0,56	70,22 ^a ± 0,31	70,45 ^a ± 0,78	71,83 ^b ± 0,79	71,49 ^c ± 0,30	71,69 ^b ± 1,09
F2(L^*)	69,31 ^a ± 0,46	69,52 ^a ± 0,68	69,82 ^a ± 0,25	69,12 ^a ± 0,53	69,14 ^a ± 0,84	68,92 ^a ± 0,28	69,01 ^a ± 0,51
F3(L^*)	70,47 ^a ± 1,70	70,09 ^{ab} ± 1,00	69,71 ^a ± 1,15	69,83 ^a ± 1,23	70,11 ^{ab} ± 0,77	70,11 ^b ± 0,43	69,60 ^a ± 0,50
Amostras	Dia zero	Dia 15	Dia 30	Dia 45	Dia 60	Dia 75	Dia 90
F1(a^*)	7,96 ^a ± 0,52	8,12 ^a ± 0,12	8,04 ^a ± 0,10	8,03 ^a ± 0,55	7,79 ^a ± 0,37	8,42 ^c ± 0,30	8,20 ^a ± 0,30
F2(a^*)	4,95 ^b ± 0,12	4,91 ^b ± 0,14	5,03 ^b ± 0,45	5,36 ^b ± 0,25	4,84 ^b ± 0,10	5,19 ^a ± 0,39	5,48 ^b ± 0,10
F3(a^*)	7,69 ^a ± 0,16	7,83 ^a ± 0,21	7,33 ^a ± 0,36	7,29 ^a ± 0,19	7,58 ^a ± 0,25	7,60 ^b ± 0,31	7,67 ^a ± 0,28
Amostras	Dia zero	Dia 15	Dia 30	Dia 45	Dia 60	Dia 75	Dia 90
F1(b^*)	10,49 ^a ± 0,14	10,54 ^b ± 0,11	10,58 ^b ± 0,29	10,59 ^a ± 0,08	10,65 ^b ± 0,14	10,27 ^a ± 0,47	10,53 ^a ± 0,33
F2(b^*)	15,86 ^b ± 0,73	15,86 ^c ± 0,18	15,86 ^c ± 0,37	15,79 ^b ± 0,75	16,41 ^c ± 0,27	16,15 ^b ± 0,60	15,81 ^b ± 0,88
F3(b^*)	9,96 ^a ± 0,05	9,79 ^a ± 0,27	9,79 ^a ± 0,21	9,68 ^a ± 0,15	9,83 ^a ± 0,19	9,70 ^a ± 0,18	9,80 ^a ± 0,24

Médias na mesma coluna, seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

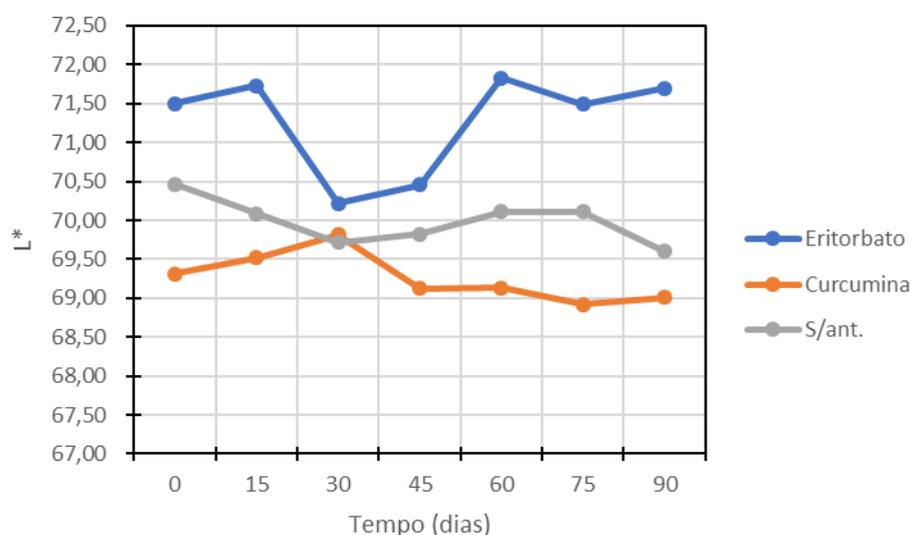


Figura 9: Valor de luminosidade (L^*) no período de 90 dias.

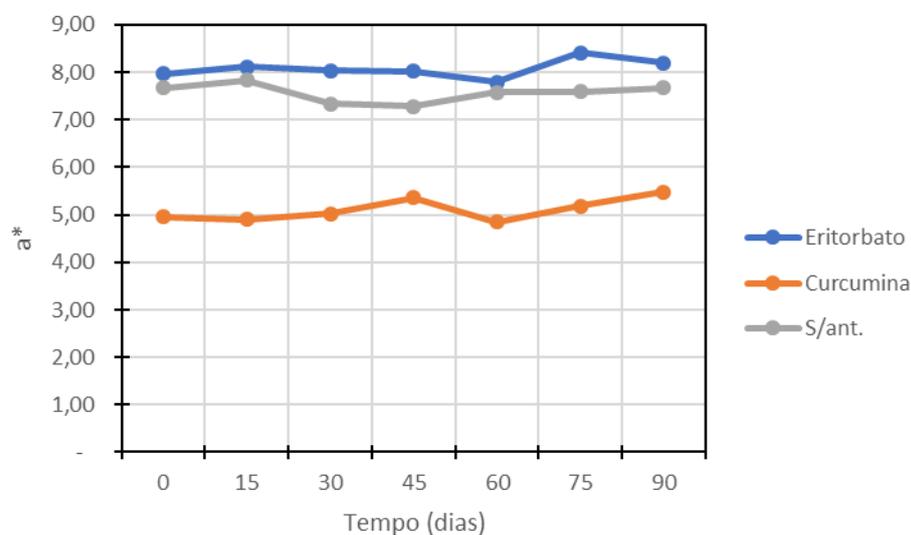


Figura 10: Valores do parâmetro a^* no período de 90 dias.

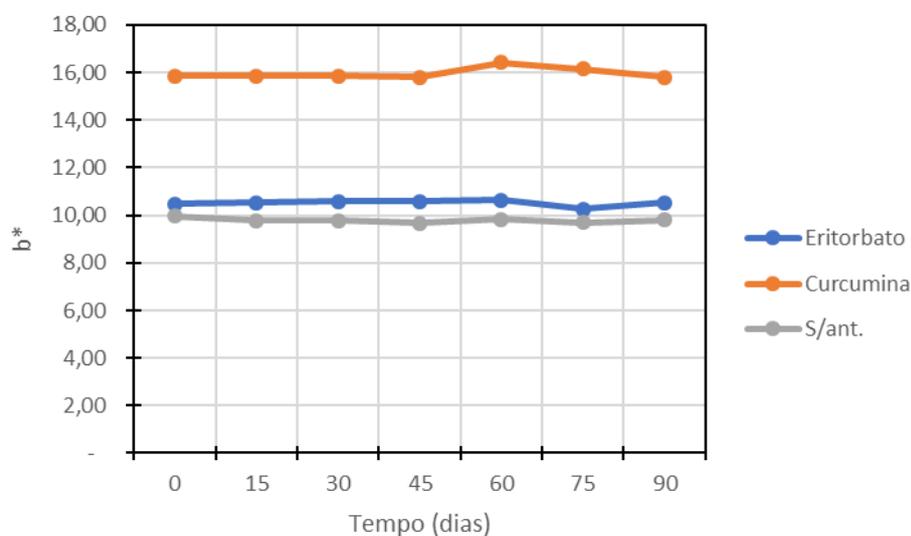


Figura 11: Valores do parâmetro b* no período de 90 dias.

De acordo com os resultados do parâmetro “L*”, nota-se que as amostras contendo eritorbato de sódio (F1) tornam-se mais luminosas a partir dos dias 75 ($L^* = 71,49$) e 90 ($L^* = 71,69$), enquanto que as amostras contendo microcristais de curcumina (F2) e não contendo qualquer antioxidante (F3) mostram luminosidade similares no final de 90 dias (69,01 e 69,60, respectivamente).

Já em relação ao parâmetro “a*”, percebe-se uma menor tendência a cor vermelha nas amostras com curcumina, em todo o período avaliado. As amostras com eritorbato de sódio (F1) e sem qualquer antioxidante (F3) possuem padrões similares, destacando o avermelhado natural de carnes, com exceção no dia 75, o qual houve divergência no parâmetro entre as amostras F1 e F3 (8,42 e 7,60, respectivamente).

Como esperado, a utilização da curcumina nas formulações F2 apresenta grande destaque dentro do parâmetro “b*”, pois a mesma possui propriedades corantes em tom amarelo (GOVINDARAJAN, 1980). Entre as amostras F1 e F3, as tonalidades de b* possuem similaridades no dias 0 ($F1 = 10,49$; $F3 = 9,96$), 45 ($F1 = 10,59$; $F3 = 9,68$), 75 ($F1 = 10,27$; $F3 = 9,70$) e 90 ($F1 = 10,53$; $F3 = 9,80$).

5.3 DETERMINAÇÃO DA PERDA DE MASSA DURANTE ESTOCAGEM

Tabela 4: Médias e desvios padrões para as formulações F1 (eritorbato de sódio), F2 (curcumina) e F3 (sem antioxidante) de mortadela para o fator perda de massa (g/100g):

Amostras	Dia zero	Dia 15	Dia 30	Dia 45	Dia 60	Dia 75	Dia 90
F1	0,00 ^a ± 0,00	0,50 ^c ± 0,10	0,23 ^b ± 0,07	0,81 ^b ± 0,21	0,85 ^c ± 0,06	1,19 ^c ± 0,12	1,69 ^b ± 0,21
F2	0,00 ^a ± 0,00	0,03 ^a ± 0,01	0,14 ^a ± 0,05	0,01 ^a ± 0,01	0,25 ^b ± 0,03	0,33 ^b ± 0,12	0,65 ^a ± 0,15
F3	0,00 ^a ± 0,00	0,21 ^b ± 0,14	0,75 ^c ± 0,09	0,04 ^a ± 0,01	0,13 ^a ± 0,02	0,10 ^a ± 0,03	0,63 ^a ± 0,21

Médias na mesma coluna, seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Na análise da perda de massa durante a estocagem, o valor p foi menor do que 0,05 e a hipótese nula de igualdade de médias para qualquer nível de significância foi rejeitada. Na Tabela 4 é possível verificar que existem diferenças significativas nas médias para a análise da perda de massa, ou seja, esses fatores não se mantiveram estatisticamente iguais ao longo dos 90 dias de observação. Na Figura 12 é bastante perceptível essa análise. E verifica-se que a amostra F1, com eritorbato de sódio, foi a que apresentou maior perda de peso durante o armazenamento, principalmente nos dias 75 (1,19 g/100g) e 90 (1,69 g/100g) da amostra, enquanto que nas amostras F2 (curcumina) e F3 (sem antioxidante) a perda final foi de 0,65 g/100g e 0,63 g/100g, respectivamente.

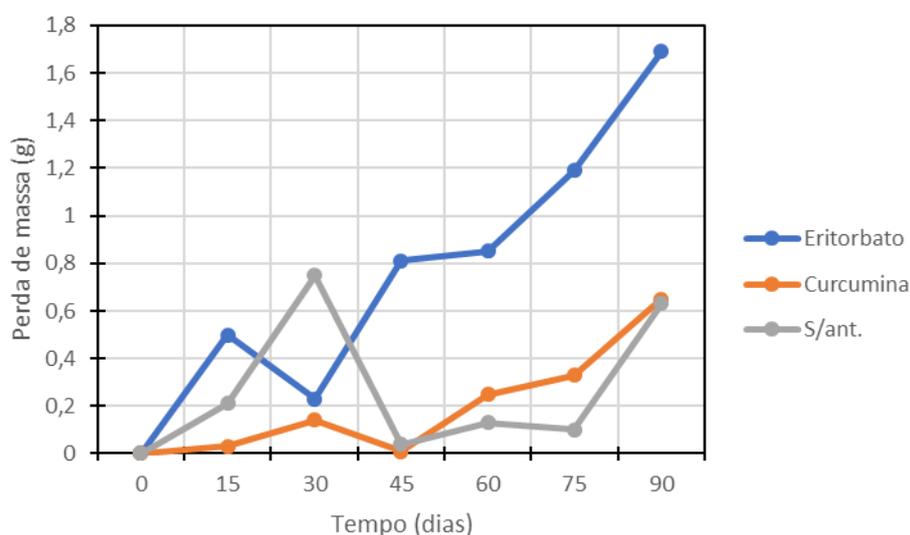


Figura 12: Análise da perda de massa das formulações F1 (eritorbato), F2 (curcumina) e F3 (sem antioxidante) durante os 90 dias de armazenamento.

5.4 DETERMINAÇÃO DA TEXTURA

Para a textura, os padrões de dureza, adesividade, flexibilidade, mastigabilidade, viscosidade, coesividade e resiliência foram estudados.

Na Tabela 5 é possível verificar que existem poucas diferenças significativas nas médias para a análise da dureza, divergindo apenas a formulação F3 (sem antioxidante) no dia 90 (2,86), ante F1 (5,11) e F2 (5,39).

Tabela 5: Médias e desvios padrões para o perfil de dureza para as formulações F1 (eritorbato de sódio), F2 (curcumina) e F3 (sem antioxidante) de mortadela:

Amostras	Dia zero	Dia 15	Dia 30	Dia 45	Dia 60	Dia 75	Dia 90
F1	16,02 ^b ± 3,38	6,56 ^a ± 0,94	7,50 ^a ± 1,61	8,39 ^a ± 1,03	8,83 ^a ± 1,82	4,80 ^a ± 1,24	5,11 ^a ± 0,30
F2	13,31 ^{ab} ± 2,26	4,34 ^a ± 1,35	4,95 ^a ± 0,88	7,40 ^a ± 2,25	8,61 ^a ± 2,64	4,40 ^a ± 1,25	5,39 ^a ± 0,65
F3	10,11 ^a ± 2,43	4,49 ^a ± 2,07	6,90 ^a ± 1,62	6,36 ^a ± 1,74	7,56 ^a ± 1,63	4,81 ^a ± 1,00	2,86 ^b ± 0,53

Médias na mesma coluna, seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

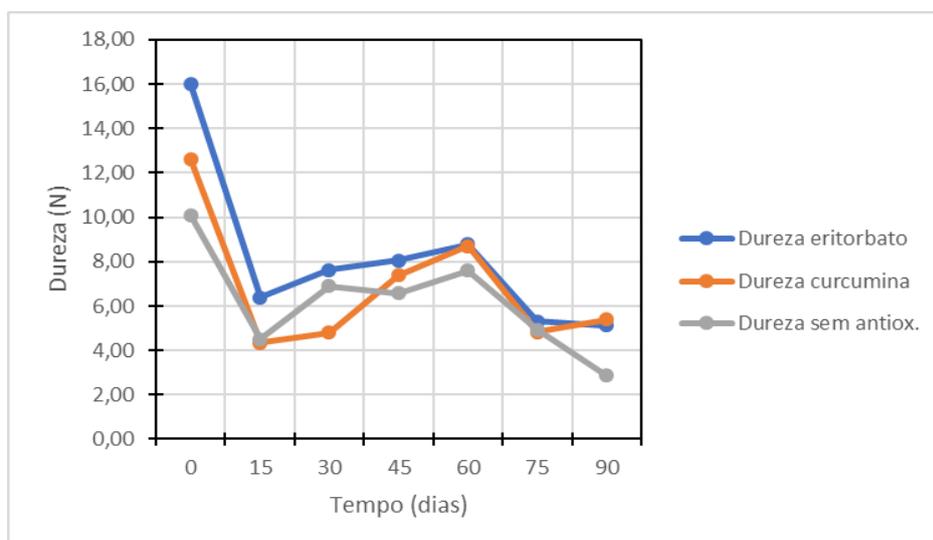


Figura 13: Análise do perfil de dureza para as amostras F1 (eritorbato de sódio), F2 (curcumina) e F3 (sem antioxidante) durante 90 dias.

Na Tabela 6 é possível verificar que não existem diferenças significativas ($p > 0,05$) nas médias para a análise da adesividade, ou seja, esses fatores se mantiveram estatisticamente iguais ao longo dos 90 dias de observação.

Tabela 6: Médias e desvios padrões para o perfil de adesividade para as formulações F1 (eritorbato de sódio), F2 (curcumina) e F3 (sem antioxidante) de mortadela:

Amostras	Dia zero	15 dias	30 dias	45 dias	60 dias	75 dias	90 dias
F1	-0,05 ^a ± 0,05	-0,03 ^a ± 0,06	-0,05 ^a ± 0,08	-0,03 ^a ± 0,06	-0,04 ^a ± 0,06	-0,04 ^a ± 0,03	-0,04 ^a ± 0,04
F2	-0,08 ^a ± 0,07	-0,05 ^a ± 0,09	0,00 ^a ± 0,00	-0,04 ^a ± 0,07	-0,10 ^a ± 0,09	-0,03 ^a ± 0,04	-0,03 ^a ± 0,04
F3	-0,02 ^a ± 0,03	-0,07 ^a ± 0,10	-0,02 ^a ± 0,02	-0,04 ^a ± 0,07	-0,05 ^a ± 0,07	-0,05 ^a ± 0,04	-0,00 ^a ± 0,00

Médias na mesma linha, seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

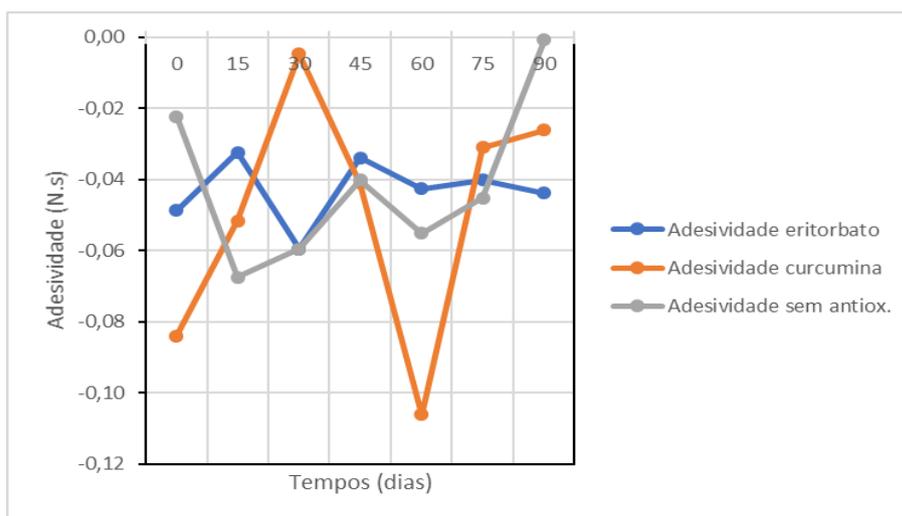


Figura 14: Análise do perfil de adesividade para as amostras F1 (eritorbato de sódio), F2 (curcumina) e F3 (sem antioxidante) durante 90 dias.

Na Tabela 7 é possível verificar que não existem diferenças significativas nas médias para a análise dessas das formulações, ou seja, esses fatores se mantiveram estatisticamente iguais ao longo dos 90 dias de observação, com apenas uma exceção no dia 60, quando a formulação F1 (0,98 cm) divergiu da formulação F3 (0,94 cm).

Tabela 7: Médias e desvios padrões do perfil de elasticidade para as formulações F1 (eritorbato de sódio), F2 (curcumina) e F3 (sem antioxidante) de mortadela:

Amostras	Dia zero	Dia 15	Dia 30	Dia 45	Dia 60	Dia 75	Dia 90
F1	1,34 ^a ± 0,87	0,98 ^a ± 0,04	0,98 ^a ± 0,05	0,98 ^a ± 0,04	0,98 ^b ± 0,03	1,16 ^a ± 0,62	0,98 ^a ± 0,04
F2	0,91 ^a ± 0,05	1,14 ^a ± 0,75	1,06 ^a ± 0,29	0,97 ^a ± 0,05	0,91 ^{ab} ± 0,06	0,96 ^a ± 0,05	0,96 ^a ± 0,05
F3	0,91 ^a ± 0,05	0,95 ^a ± 0,04	0,99 ^a ± 0,03	0,96 ^a ± 0,07	0,94 ^a ± 0,06	0,94 ^a ± 0,06	1,02 ^a ± 0,06

Médias na mesma coluna, seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

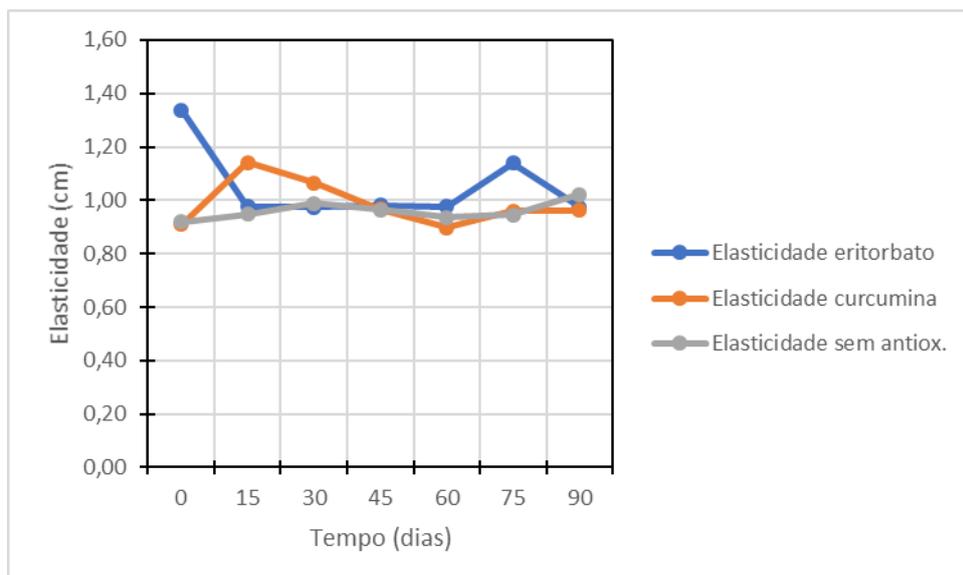


Figura 15: Análise do perfil de elasticidade para as amostras F1 (eritorbato de sódio), F2 (curcumina) e F3 (sem antioxidante) durante 90 dias.

Na Tabela 8 é possível verificar que não existem diferenças significativas ($p > 0,05$) entre as amostras F1 e F2 ao longo de 90 dias nas médias para a análise da mastigabilidade, apenas a formulação F3 divergiu no dia 90 (253,05 gf.mm) ante F1 e F2 (416,36 gf.mm; 431,63 gf.mm, respectivamente).

Tabela 8: Médias e desvios padrões do perfil de mastigabilidade para as amostras, F1 (eritorbato de sódio), F2 (curcumina) e F3 (sem antioxidante) de mortadela:

Amostras	Dia zero	Dia 15	Dia 30	Dia 45	Dia 60	Dia 75	Dia 90
F1	1.816,79 ^a ± 1.030,10	557,26 ^a ± 90,43	643,92 ^a ± 120,13	723,55 ^a ± 88,00	768,71 ^a ± 168,16	462,13 ^a ± 362,81	416,36 ^a ± 21,49
F2	1.066,65 ^a ± 169,69	429,12 ^a ± 265,56	510,71 ^a ± 217,40	627,81 ^a ± 200,93	663,56 ^a ± 184,02	355,70 ^a ± 98,55	431,63 ^a ± 39,97
F3	813,21 ^a ± 178,28	372,83 ^a ± 238,90	593,25 ^a ± 119,65	499,08 ^a ± 155,36	618,99 ^a ± 135,55	384,92 ^a ± 88,87	253,05 ^b ± 43,68

Médias na mesma coluna, seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

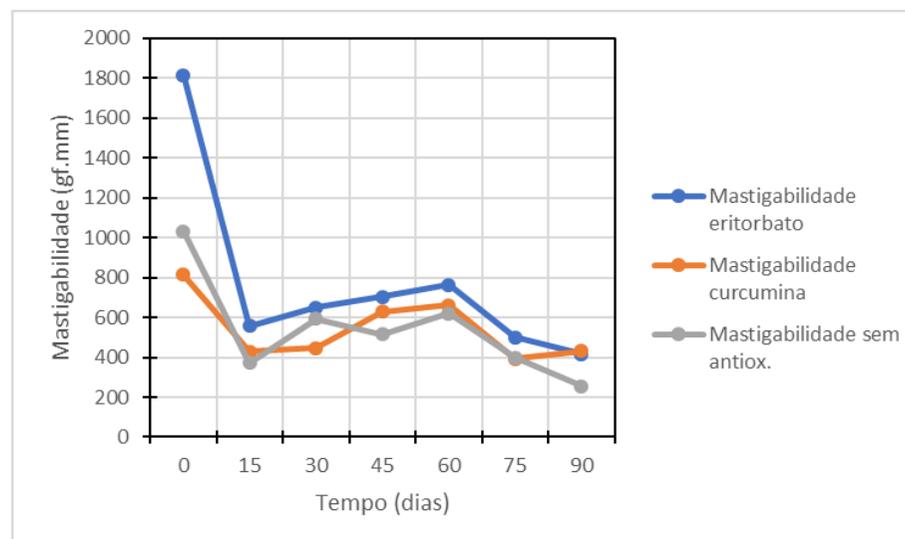


Figura 16: Análise da mastigabilidade para as amostras F1 (eritorbato de sódio), F2 (curcumina) e F3 (sem antioxidante) de mortadela.

Na Tabela 9 é possível verificar que existem diferenças significativas nas médias para a análise da viscosidade entre as formulações F1 (1402,48 g) e F2 (894,49 g) no dia 0 e entre F3 (249,69 g) e F1 (426,97 g) e F2 (449,50 g) no dia 90. Nos demais dias analisados, as amostras se mostraram significativamente iguais entre elas.

Tabela 9: Médias e desvios padrões da viscosidade para as amostras F1 (eritorbato de sódio), F2 (curcumina) e F3 (sem antioxidante) de mortadela:

Amostras	Dia zero	Dia 15	Dia 30	Dia 45	Dia 60	Dia 75	Dia 90
F1	1.402,42 ^b ± 284,48	522,67 ^a ± 200,84	665,38 ^a ± 145,67	741,56 ^a ± 86,08	785,61 ^a ± 168,44	379,04 ^a ± 128,31	426,97 ^b ± 23,05
F2	894,49 ^a ± 201,77	384,62 ^a ± 116,29	495,03 ^a ± 219,31	644,47 ^a ± 191,98	737,06 ^a ± 218,08	372,62 ^a ± 109,69	449,50 ^b ± 46,51
F3	1.171,53 ^{ab} ± 178,77	395,33 ^a ± 239,67	600,92 ^a ± 131,15	518,57 ^a ± 152,57	655,10 ^a ± 135,64	404,94 ^a ± 84,45	249,69 ^a ± 47,98

Médias na mesma coluna, seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

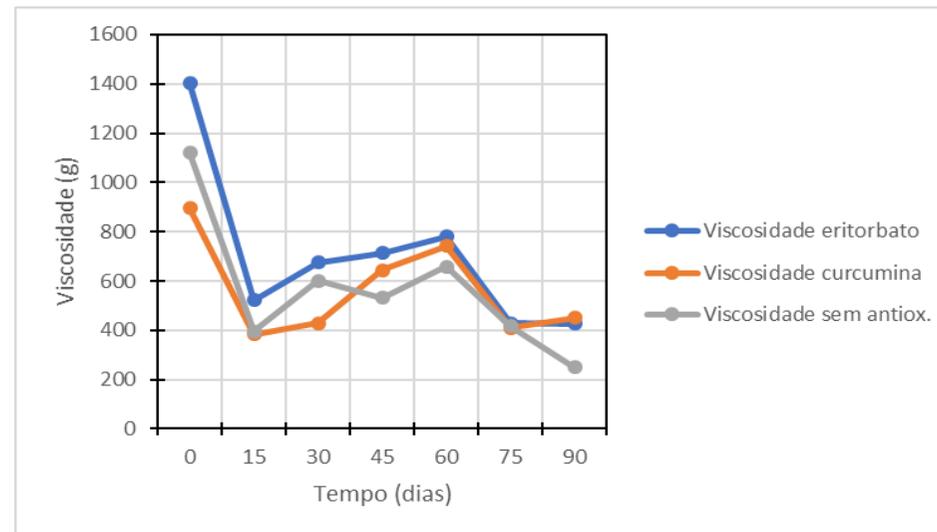


Figura 17: Análise da viscosidade para as amostras F1 (eritorbato de sódio), F2 (curcumina) e F3 (sem antioxidante) de mortadela no período de 90 dias.

Na análise da coesividade, o valor p foi menor do que 0,05 e a hipótese nula de igualdade de médias para qualquer nível de significância foi rejeitada. Na Tabela 10 é possível verificar que existem diferenças significativas nas médias para a análise da coesividade, ou seja, esses fatores não se mantiveram estatisticamente iguais ao longo dos 90 dias de observação. Na Figura 18 é bastante perceptível essa análise.

Tabela 10: Médias e desvios padrões para o perfil de coesividade para as amostras F1 (eritorbato de sódio), F2 (curcumina) e F3 (sem antioxidante) de mortadela:

Amostras	Dia zero	Dia 15	Dia 30	Dia 45	Dia 60	Dia 75	Dia 90
F1	0,86 ^a ± 0,01	0,88 ^a ± 0,01	0,87 ^a ± 0,02	0,87 ^a ± 0,01	0,87 ^b ± 0,03	0,76 ^a ± 0,12	0,82 ^a ± 0,03
F2	0,86 ^a ± 0,02	0,87 ^a ± 0,02	0,96 ^b ± 0,26	0,86 ^a ± 0,02	0,84 ^a ± 0,02	0,83 ^b ± 0,03	0,82 ^a ± 0,03
F3	0,87 ^a ± 0,02	0,87 ^a ± 0,02	0,86 ^a ± 0,02	0,86 ^a ± 0,02	0,85 ^{ab} ± 0,01	0,82 ^b ± 0,02	0,86 ^a ± 0,01

Médias na mesma coluna, seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

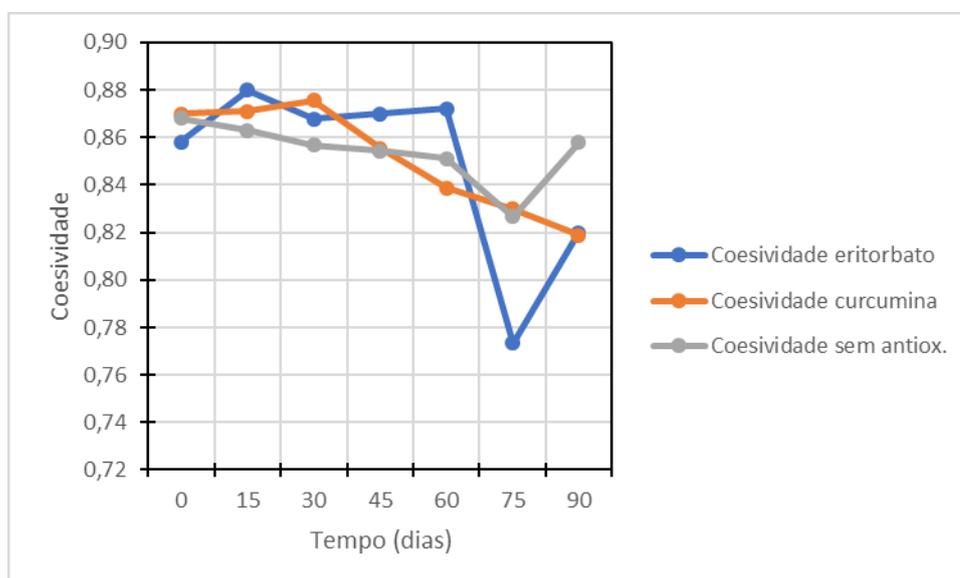


Figura 18: Análise da coesividade para as amostras F1 (eritorbato de sódio), F2 (curcumina) e F3 (sem antioxidante) no período de 90 dias.

Na Tabela 11 é possível verificar as igualdades entre os dias 0 e 45 nas formulações estudadas, além de diferenças significativas nas médias na amostra F1 no dia 60 (0,60 N.s) e amostra F3 (0,62 N.s) no dia 90.

Tabela 11: Médias e desvios padrões do perfil de resiliência para as amostras F1 (eritorbato de sódio), F2 (curcumina) e F3 (sem antioxidante) de mortadela:

Amostras	Dia zero	Dia 15	Dia 30	Dia 45	Dia 60	Dia 75	Dia 90
F1	0,53 ^a ± 0,02	0,62 ^a ± 0,02	0,60 ^a ± 0,03	0,59 ^a ± 0,02	0,60 ^b ± 0,04	0,50 ^a ± 0,05	0,58 ^a ± 0,02
F2	0,54 ^a ± 0,02	0,54 ^a ± 0,17	0,61 ^a ± 0,02	0,59 ^a ± 0,01	0,54 ^a ± 0,02	0,53 ^a ± 0,03	0,60 ^{ab} ± 0,02
F3	0,55 ^a ± 0,04	0,58 ^a ± 0,03	0,56 ^a ± 0,02	0,56 ^a ± 0,02	0,55 ^a ± 0,02	0,54 ^a ± 0,02	0,62 ^b ± 0,02

Médias na mesma coluna, seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

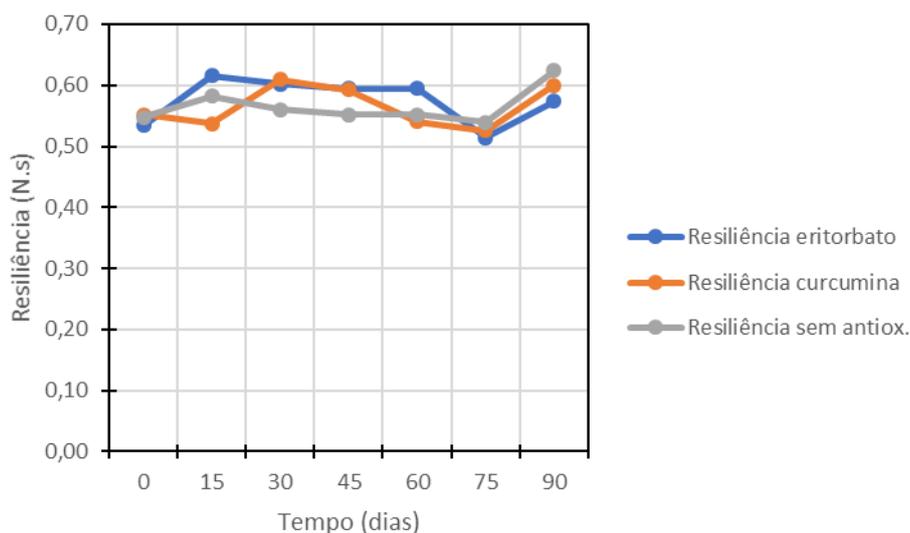


Figura 19: Análise da resiliência para as amostras F1 (eritorbato de sódio), F2 (curcumina) e F3 (sem antioxidante) no período de 90 dias.

Os resultados da análise de perfil de textura revelaram, no geral, diversas similaridades no decorrer do tempo de armazenagem, sugerindo pouca ou nenhuma interferência indesejável no uso de microcristais de curcumina, comparado ao uso do antioxidante sintético ou mesmo com a formulação sem o uso algum de antioxidante nas formulações.

5.5 DETERMINAÇÃO DA OXIDAÇÃO

Na tabela 12 verifica-se que há igualdade na média ($p > 0,05$) no fator oxidação ao longo dos 90 dias, entre todas as formulações.

Como o objetivo principal desse estudo foi verificar se a presença da curcumina na composição da mortadela favoreceria o processo de oxidação, a Figura 20 apresenta os resultados das análises e deixa claro que a menor oxidação da curcumina acontece no 60º dia. Antes e depois desse dia, há um aumento nos valores de oxidação.

Tabela 12: Médias e desvios padrões de TBARS (mg de malonaldeído/kg) para as amostras F1 (Eritorbato de sódio), F2 (Curcumina) e F3 (sem antioxidante) de mortadela:

Amostras	Dia zero	Dia 15	Dia 30	Dia 45	Dia 60	Dia 75	Dia 90
F1	0,73 ^a ± 0,14	0,36 ^a ± 0,11	0,26 ^a ± 0,11	0,41 ^a ± 0,27	0,83 ^a ± 0,41	1,50 ^a ± 0,98	2,44 ^a ± 1,07
F2	2,73 ^a ± 0,18	1,85 ^a ± 0,53	1,21 ^a ± 0,51	0,82 ^a ± 0,74	0,67 ^a ± 0,26	0,77 ^a ± 0,37	1,11 ^a ± 0,27
F3	1,14 ^a ± 1,17	0,84 ^a ± 0,75	0,75 ^a ± 0,95	0,87 ^a ± 0,25	1,21 ^a ± 0,77	1,75 ^a ± 0,75	2,50 ^a ± 0,88

Médias na mesma coluna, seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

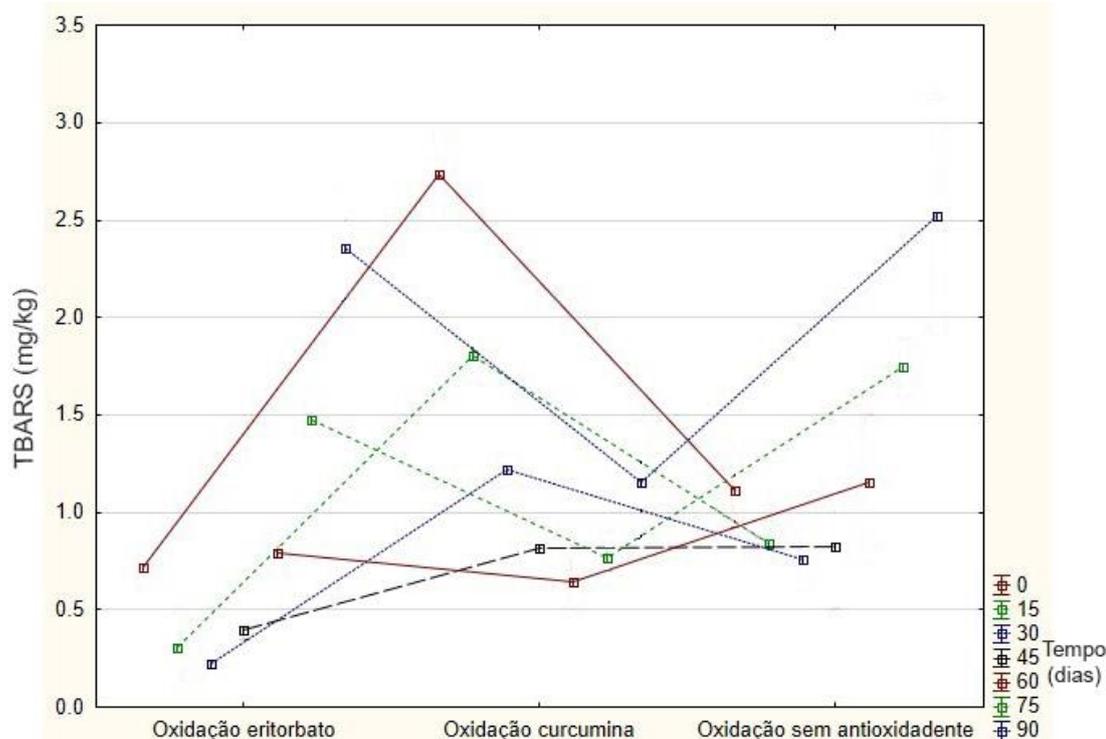


Figura 20: Análise da oxidação para as amostras F1 (Eritorbato de sódio), F2 (Curcumina) e F3 (sem antioxidante) de mortadela no período de 90 dias.

De acordo com Channon & Trout (2002), os valores de TBARS tendem a aumentar durante o período de estocagem, alcançando um valor máximo e depois declinando devido a reações adicionais do malonaldeído com grupos amino, o que não aconteceu nesta pesquisa, o que pode sugerir que o processo de estocagem sob congelamento interferiu no resultado final da pesquisa. Deste modo, não é possível determinar, com exatidão, o potencial antioxidativo dos microcristais de curcumina na formulação de mortadelas.

No mais, legislação atual do país não prevê qualquer limite TBARS para mortadela, mas de acordo com Al-Kahtani (1996), valores inferiores a 3,00 mg de malonaldeído/kg são considerados ideais na conservação de produtos cárneos. Podemos observar que todas as três formulações apresentaram-se ao final de 90 dias valores menores do que o limite sugerido por Al-Kahtani (1996) (Tabela 12 e Figura 20).

6.0 CONCLUSÃO

Podemos observar que a curcumina teve pouca interferência nos parâmetros físico-químicos estudados, porém em relação a cor apresentou uma coloração mais amarelada, conforme verificado quando se analisou o parâmetro de cor objetiva no valor de a^* , como era o esperado devido a coloração natural deste ingrediente, conseqüentemente, menor coloração vermelha (valor de b^*) em relação as formulações com eritorbato de sódio e sem qualquer antioxidante. Nos parâmetros de perda de massa, a formulação com eritorbato de sódio se mostrou mais suscetível ao tempo de armazenagem, perdendo mais massa do que as demais formulações ao final de 90 dias. Em relação a oxidação lipídica, principal função dos microcristais de curcumina neste experimento, houve uma relação de igualdade entre as formulações, porém, com resultados diferentes constados na literatura, fato que se deu, provavelmente, ao modo de armazenamento (sob congelamento) das amostras. Portanto, com um resultado inconclusivo para o fator oxidação lipídica.

7.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADITIVOS & INGREDIENTES. Aditivos e ingredientes na indústria da carne - Especial carnes. *Arquivos da revista Aditivos & Ingredientes*, on-line. Disponível em: <http://aditivosingredientes.com.br/upload_arquivos/201602/2016020202008001454333346.pdf> Acesso em: 02 de jul. 2017.

ADITIVOS & INGREDIENTES. Função dos fosfatos em alimentos. *Arquivos da revista Aditivos & Ingredientes*, on-line. Disponível em: <http://insumos.com.br/aditivos_e_ingredientes/materias/185.pdf> Acesso em: 02 de jul. 2017.

AL-KAHTANI, H. A.; ABU-TARBOUSH, H. M; BAJABER, A. S; ATIA, M; ABOU-ARAB, A. A.; EL-MOJADDIDI, M. A. Chemical changes after irradiation and postirradiation storage in tilapia and Spanish mackerel. **Journal of Food Science**, v. 61, n. 4, p. 729–733, 1996.

ANDREO, D.; JORGE, N. Antioxidantes naturais: técnicas de extração. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 24, n. 2, p. 319-336, jul./dez. 2006.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Portaria nº 1004, de 11/12/1998**, que aprova o Regulamento Técnico: "Atribuição de Função de Aditivos, Aditivos e seus Limites Máximos de uso para a Categoria 8 - Carne e Produtos Cárneos". Diário Oficial da União, 14 de dezembro de 1998.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **RDC nº 23 de 15/03/2000**, que dispõe sobre O Manual de Procedimentos Básicos para Registro e Dispensa da Obrigatoriedade de Registro de Produtos Pertinentes à Área de Alimentos. Diário Oficial da União, 15 de maio de 2000.

BENEVIDES, S. D.; NASSU, R. T.; **Produtos cárneos**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/ovinos_de_corte/arvore/CONT000g3izohks02wx5ok0tf2hbweqanedo.html> Acesso em: 05 de jun. de 2017.

BRANER, A. L.; DAVIDSON, P. M.; SALMINEN, S. THORNGATE III, J.H.; **Food additives**, 2 edition, New York, 2002.

BOTTERRWECK, A.A.M; VERHAGEM, H; GOLDBOHM, R.A; KLEINJANS, J; BRANDT, P.A. van den. Intake of Butylated Hydroxyanisole and Butylated Hydroxytoluene and Stomach Cancer Risk: Results from Analyses in the Netherlands Cohort Study. **Food and Chemical Toxicology**, v. 38, p. 599±605, 2000.

BOURNE, M.C. Texture profile analysis. **Food Technology**, v.32, n. 7, p. 62-72, 1978.

CANHOS, D. A. L.; DIAS, E. L. **Tecnologia de carne bovina e produtos derivados**. Fundação Tropical de Pesquisa e Tecnologia – FTPT. São Paulo, 1983.

CHANNON, H. A.; TROUT, G. R. Effect of tocopherol concentration on rancidity development during frozen storage of a cured and an uncured processed pork product. **Meat Science**, Barking, v. 62, n. 1, p. 9-17, 2002.

CHENG, Q., & SUN, D. Factors affecting the water holding capacity of red meat products: a review of recent research advances. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 48, n. 2, p. 137-159, 2008.

CRACKEL, R. L.; GRAY, I.J.; PEARSON, A.M; BOOREN, A.M.; BUCKLEY, O.J. Some further observations on the TBA. Test as an index of lipid oxidation in meats. **Food Chemistry**, 28:187, 1988.

DEGÁSPARI, C. H. & WASZCZYNSKYJ, N.; **Propriedades antioxidantes de compostos fenólicos**; Disponível em: <<http://www.visaoacademica.ufpr.br/v5n1/degaspari.htm>> Acesso em: 29 de mai. de 2017.

DOMINGOS, T, G. **Cloreto de Sódio USP 30**. Ipiranga – SP. 2011.

DUARTE, R. D., BOVI, O. A., MAIA, N. B. Corantes – programa de pesquisa do Instituto Agrônômico de Campinas. In: **Seminário de corantes naturais para alimentos**, 1989, Campinas: ITAL, 1989. p. 45-53.

DUSEK, M., KVASNICKA, F., LUKASKOVA, L., & KRÁTKÁ, J. Isotachophoretic determination of added phosphate in meat products. **Meat Science**, v. 65, p. 765-769, 2003.

FILHO, A. B. C.; BRAZ, L. T.; SOUZA, R. J.; TAVARES, M. Cúrcuma: planta medicinal, condimentar e de outros usos potenciais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 171-175,. Jaboticabal – SP, 2000.

FREUND, R.P.; WASHAW, J.C.; MAGGION, M. Natural color for use in foods. **Cereal Foods World**, v. 33, n. 7, p. 553-556, 1988.

GOVINDARAJAN, V.S. Turmeric – chemistry, technology and quality. CRC – **Critical Review in Food Science and Nutrition**, v. 12, n. 3, 1980, p. 199 – 301.

GOYAL, R.K.; KORLA, B.N. Changes in the quality of turmeric rhizomes during storage. **Journal of Food Science and Technology**, v. 30, n. 5, p. 362-364, 1993.

HENDRY, G.A.F.; HOUGHTON, J.D. (Ed.) **Natural Food Colorants**. 2. ed. London: Blackie Academic & Professional, 1996. p. 69-74.

HALLIWELL, Barry. The characterization of antioxidants. **Food and Chemistry Toxicology**, Kidlington, v. 33, n. 7, p. 601-617, 1995.

HU, P.; HUANG, P.; CHEN, M. W. Curcumin reduces *Streptococcus mutans* biofilm formation by inhibiting sortase A activity. **Archives of Oral Biology**, v. 58, n. 10, p. 1343–8, out. 2013.

HUI, Y.H. et al. Meat Curing Technolog.in: **Meat Science and Applications**. New York: Marcel Dekker, 2001.

LEE, H.; CHOI, K.; CHO, K.; AHN, Y. Fungicidal activity of ar-turmerone identified in *Curcuma longa* rhizome against six phytopathogenic fungi. **Agricultural Chemistry and Biothecnology**, v. 46, n.1, p. 23-28, 2003.

LEMOS, A. L. C. **Princípios do processamento de cárneos emulsionados**. Centro de Tecnologia de Carnes/Instituto de Tecnologia de Alimentos. São Paulo, 2004.

LIU, P., HUANG, M., SONG, S., HAYAT, K., ZHANG, X., XIA, S. & JIA, C., “Sensory Characteristics and Antioxidant Activities of Maillard Reaction Products from Soy Protein Hydrolysates with Different Molecular Weight Distribution,” **Food and Bioprocess Technology**, v. 5, n. 5, p. 1775–1789, 2012.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 4, de 31/03/2000**, que aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Carne Mecanicamente Separada, de Mortadela, de Linguiça e de Salsicha. Diário Oficial da União, 05 de abril de 2000.

MASSINGUE, A. A. **Uso de carne mecanicamente separada de aves na elaboração de mortadelas à base de carne de cordeiros e ovelhas**. Lavras: UFLA, 2012. 17p.

MCCLEMENTS, D. J. **Food Emulsions: Principles, Practices, and Techniques**. London, New York, Washington, D.C.: CRC Press LLC, p. 229–300, 2005.

NGUYEN, A. T.; WINCKLER, P.; LOISON, P.; WACHE, Y.; CHAMBIN, O et al. Physico-chemical state influences *in vitro* release profile of curcumin from pectin beads. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 121, p. 290-298, 2014.

OFFER, G., & TRINICK, J. On the mechanism of water holding in meat: the swelling and shrinking of myofibrils. **Meat Science**, v. 8, p. 245-281, 1983.

OLIVO, R.; OLIVO, N. Fatores que influenciam na cor de filés de peito de frango. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, v. 25, n. 289, p. 44-49, 2001

PEREIRA, A. L. F.; VIDAL, T. F.; TEIXEIRA, M. C.; OLIVEIRA, P. F.; VIERA, M. M. M; ZAPATA, J. F. F.; POMPEU, R. C. F. F.; FREITAS, E. R.; Estabilidade oxidativa de mortadelas contendo extrato da casca da manga (*Mangifera indica* L.); **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 13, n. 4, p. 293-298, out./dez. 2010.

PEROTTI, A.G. Curcumin – a little known but useful vegetable colour. **Industria Alimentaria**, v. 14, n. 6, p. 66-68, 1975.

PUOLANNE, E., & HALONEN, M. Theoretical aspects of water-holding in meat. **Meat Science**, v. 86, p. 151-165, 2008.

RAMIREZ-TORTOSA, M.C.; AGUILERA, C.M.; CARRIÓN-GUTIÉRREZ, M.A.; RAMIREZ-BOSCÁ, A.; GIL, A. Curcumin ethanol-aqueous extract inhibits *in vitro* human low density lipoprotein lipoperoxidation. In: SADLER, M.J.S. Functional foods, the consumer, the products and the evidence. **The Royal Society of Chemistry**. London: 1998. p. 111-115.

RAMOS, E.M.; GOMIDE, L.A.M. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias**. Viçosa: UFV, 2007. p. 599.

RICHARD, H.; LOO, A. Composition des extraits d' épices et herbes aromatiques. In: RICHARD, H. (Coord). **Épices & aromates**. Paris: TEC & DOC – Lavoisier, 1992. p. 213-238.

SILVA – BUZANELLO, R. A. et al. Validation of na Ultraviolet – visible (UV – Vis) technique for the quantitative determination of curcumin in poly (L – lactic acid) nanoparticles. **Food Chemistry**, v. 172, p. 99 – 104. 2015.

SMITH, D. M. **Functional properties of muscle proteins in processed poultry products**. Taylor & Francis Group, LLC, 2001.

SOARES, Marcia.; WELTER, Lucas.; KUSKOSKI, Eugenia Marta.; GONZAGA, Luciano.; FETT, Roseane. Compostos fenólicos e atividade antioxidante da casca de Uvas Niágara e Isabel. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 30, n. 1, p. 059-064, Março 2008.

SORAPUKDEE, S. KONGTASORN, C., BENJAKUL, S., VISESSANGUAN, W. Influences of muscle composition and structure of pork from different breeds on stability and textural properties of cooked meat emulsion. **Food Chemistry**, v. 138, p. 1892-1901, 2013.

SUAVE, J.; DALL'AGNOL, E. C.; PEZZIN, A. P. T; SILVA, D. A. K.; MEIER, M. M. & SOLDI, V. Microencapsulação: Inovação em diferentes áreas. **Health and Environment Journal**, n. 2, v. 7, p. 12-20, Dez. 2006.

ULGADE-BENÍTEZ, V. **Handbook of Meat and Meat Processing**, CRC Press LLC, v. 2, p. 447,452,453, London, New York, Washington, D.C., 2012.

VOLP, A. C. P.; RENHE, I. R. T.; STRINGUETA, P. C. **Pigmentos naturais bioativos**. Disponível em: <<http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/view/959/786>>. Acesso em: 02 de jul. 2017.

WANG, Y.; LU, Z.; WU, H.; LV, F. Study on the antibiotic activity of microcapsule curcumin against foodborne pathogens. **International Journal of Food Microbiology**, v. 136, n. 1, p. 71–4, 2009.

WEBER W.M., HUNSAKER L.A., ABCOUWER S.F., DECK L.M., VANDER JAGT D.L.. Anti-oxidant activities of curcumin and related enones. **Bioorganic & Medicinal Chemistry** **13**, 2005.

WESTPHALEN, A. D., BRIGGS, J. L., & LONERGAN, S. M. Influence of muscle type on rheological properties of porcine myofibrillar protein during heat-induced gelation. **Meat Science**, v. 72, p. 697-703, 2006.