



UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E MISSÕES - URI
ERECHIM
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS

ANA LUIZA LIRA

INFLUÊNCIA DA MALTODEXTRINA NAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DE
HIDROLISADO DE CARNE MECANICAMENTE SEPARADA DE FRANGO
DESIDRATADO EM *SPRAY DRYER*

ERECHIM, RS – BRASIL
FEVEREIRO 2022

ANA LUIZA LIRA

**INFLUÊNCIA DA MALTODEXTRINA NAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DE
HIDROLISADO DE CARNE MECANICAMENTE SEPARADA DE FRANGO
DESIDRATADO EM *SPRAY DRYER***

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da URI – Erechim-RS como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Engenharia de Alimentos, Área de Concentração: Engenharia de Alimentos, da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim.

Orientadoras: Prof^ª Dr Jamile Zeni

Prof^ª Dr. Juliana Steffens

ERECHIM, RS – BRASIL

FEVEREIRO 2022

ANA LUIZA LIRA

**INFLUÊNCIA DA MALTODEXTRINA NAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DE
HIDROLISADO DE CARNE MECANICAMENTE SEPARADA DE FRANGO
DESIDRATADO EM *SPRAY DRYER***

Dissertação de mestrado submetida à Comissão Julgadora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos como parte dos requisitos necessários à obtenção do Grau de Mestre em Engenharia de Alimentos, Área de Concentração: Engenharia de Alimentos.

_____, ____ de ____ de _____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jamile Zeni
(Orientadora)

Prof. Dr. Juliana Steffens
(Orientadora)

Prof. Dr. Vandr e Barbosa Bri o
(UPF – Passo Fundo)

Prof. Dr. Eunice Valduga
(URI – Erechim)

Erechim, Fevereiro de 2022.

L768i Lira, Ana Luiza

Influência da maltodextrina nas propriedades tecnológicas de hidrolisado de carne mecanicamente separada de frango desidratado em spray dryer / Ana Luiza Lira. – 2022.
58 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, 2020.

“Orientação: Profa Dra Jamile Zeni, Profa Dra Juliana Steffens.”

1. Carne de frango 2. Maltodextrina 3. Peptídeos 4. Hidrólise enzimática
5. Atividade antioxidante I. Título

C.D.U.: 664

Dedico esta conquista aos meus pais, meu irmão e meu marido: pela construção do que eu me tornei, por todo apoio, paciência e incentivo diário.

AGRADECIMENTOS

O mestrado em Engenharia de Alimentos foi um grande desafio para alguém formada em Medicina Veterinária, pois foram muitas surpresas e descobertas. Nesse processo tive o apoio de muitas pessoas, sem as quais, a probabilidade de falhar seria grande. Sem Deus nada é possível, agradeço a ele, aos anjos e meus entes queridos que não estão mais aqui, por sempre iluminar meus pensamentos.

Ao meu marido pelo apoio em casa, por me auxiliar com trabalhos complicados, e me mostrar como era incrível aquele mundo de descobertas, de testes, de cálculos pelo qual eu estava passando. Aos meus pais e meu irmão, por terem construído minha base que resultou no que sou hoje, revelando sempre que uma vida sem desafios não tem graça e que para ser alguém que faça a diferença no mundo precisamos encarar as coisas de peito aberto, cabeça erguida, com muita paciência e discernimento.

As minhas orientadoras, Professora Dr^a Juliana e a Professora Dr^a Jamile, por me acolherem, estarem disponíveis online e presencialmente sempre que solicitadas, mas, principalmente, pelo apoio, paciência e dedicação em todas as fases do trabalho.

À Ilizandra, por ter sido meu braço direito, e muitas vezes ouvinte, me auxiliando com todos os experimentos, dúvidas, cálculos e por todos os ensinamentos, fazendo total diferença no meu percurso até aqui. À Rosi pela disponibilidade, por me auxiliar com MEV, tratamento estatístico e dicas valiosas para uma boa condução dos experimentos.

Ao Dr. Alessandro por todas as explicações sobre o seu trabalho que me fizeram ter foco sobre o meu. Aos bolsistas, Lívia, Enzo, Gabriela e Rodrigo pela ajuda na realização dos experimentos, sempre muito atentos e disponíveis.

A Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim por toda estrutura física, didática e profissional disponibilizada. Principalmente, a todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos pelas orientações, aconselhamentos e ensinamentos. Em especial a banca dos seminários pelas contribuições e ao professor Alexandre Junges por sua ajuda com os modelos matemáticos e análise de tamanho de partículas.

A todos que torceram por mim, enviaram boas energias e que de uma forma ou de outra, contribuíram e me incentivaram para a conclusão deste trabalho, muito obrigada!

Resumo da Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos como parte dos requisitos necessários para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia de Alimentos.

INFLUÊNCIA DA MALTODEXTRINA NAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DE HIDROLISADO DE CARNE MECANICAMENTE SEPARADA DE FRANGO DESIDRATADO EM SPRAY DRYER

Ana Luiza Lira
Fevereiro/2022

Orientadoras: Prof^ª Dr^ª Jamile Zeni; Prof^ª Dr^ª Juliana Steffens.

O setor de produção de carne de frango vem se aperfeiçoando na busca de agregar valor às matérias-primas. Um dos subprodutos que pode ser obtido é a Carne Mecanicamente Separada (CMS), a qual serve de fonte proteica para produção de hidrolisados, os quais geram peptídeos com propriedades tecnológicas e biológicas interessantes. A hidrólise enzimática pode ser realizada por meio da enzima Alcalase®, e precisa de condições adequadas para garantir a qualidade do produto final. Para poder aplicar os peptídeos em produtos de interesse, uma opção é convertê-los em pó utilizando a secagem por *spray dryer*. Neste processo, é interessante utilizar um material de parede, como, por exemplo, a maltodextrina, pois auxilia na preservação dos peptídeos durante a secagem. Portanto, o objetivo do presente estudo foi avaliar as propriedades tecnológicas e funcionais (rendimento, capacidade de retenção de água, capacidade de retenção de óleo, umidade, propriedades emulsificantes e atividade antimicrobiana), morfologias, tamanho de partícula e a estabilidade de estocagem por 90 dias (atividade antioxidante IC₅₀, atividade de água e cor instrumental) de hidrolisado de CMS desidratado a 160°C em *spray dryer* em diferentes concentrações de maltodextrina (0, 2,5 e 5%). Os resultados obtidos indicaram um grau de hidrólise de 89,23% e demonstraram que o rendimento obtido é proporcional a quantidade maltodextrina utilizada. A amostra com 5% se destacou no que diz respeito a umidade e luminosidade (L*), já na atividade de água e capacidade emulsificante, a concentração de 2,5% de maltodextrina apresentou melhor benefício como carreador. As atividades antioxidantes (IC₅₀), antimicrobianas e a estabilidade da emulsão exibiram melhores condições sem a adição de maltodextrina (0%). No entanto, a concentração de 2,5% maltodextrina não apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) durante 60 dias de armazenamento, assim como a de 0%. Em ambas apresentações obteve-se tamanhos de partículas <10µm, considerados viáveis para utilização em diversas formulações. Os resultados obtidos indicam que os hidrolisados do CMS de frango desidratado com 0% e 2,5% de maltodextrina, principalmente, possuem alto potencial de utilização em alimentos agregando propriedades biológicas e funcionais já que se mantiveram estáveis nas análises realizadas e durante o tempo de estocagem.

Palavras-chave: Maltodextrina; Alcalase; Peptídeos; Atividade Antioxidante.

Abstract of Dissertation presented to Food Engineering Program as a partial fulfillment of the requirements for the Degree of Master in Food Engineering.

INFLUENCE OF MALTODEXTRIN ON THE TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF MECHANICALLY SEPARATED MEAT HYDROLYZATE FROM SPRAY DRYER DEHYDRATED CHICKEN

Ana Luiza Lira
February/2022

Advisors: Prof^ª Dr^ª Jamile Zeni; Prof^ª Dr^ª Juliana Steffens

The chicken meat production sector has been improving in the quest to add value to raw materials. One of the by-products that can be obtained is Mechanically Separated Meat (CMS), which serves as a protein source for the production of hydrolysates, which generate peptides with interesting technological and biological properties. Enzymatic hydrolysis can be carried out using the Alcalase® enzyme, and requires adequate conditions to guarantee the quality of the final product. In order to apply the peptides to products of interest, one option is to convert them into powders using spray drying. In this process, it is interesting to use a wall material, such as maltodextrin, as it helps to preserve the peptides during drying. Therefore, the objective of the present study was to evaluate the technological and functional properties (yield, water holding capacity, oil holding capacity, moisture, emulsifying properties and antimicrobial activity), morphologies, particle size and storage stability for 90 days (IC50 antioxidant activity, water activity and instrumental color) of CMS hydrolyzate dehydrated at 160°C in spray dryer at different concentrations of maltodextrin (0, 2.5 and 5%). The results obtained indicated a degree of hydrolysis of 89.23% and demonstrated that the yield obtained is proportional to the amount of maltodextrin used. The sample with 5% stood out in terms of moisture and luminosity (L*), as for the water activity and emulsifying capacity, the concentration of 2.5% of maltodextrin showed better benefit as a carrier. Antioxidant (IC50), antimicrobial activities and emulsion stability exhibited better conditions without the addition of maltodextrin (0%). However, the concentration of 2.5% maltodextrin showed no significant difference ($p < 0.05$) during 60 days of storage, as well as that of 0%. In both presentations, particle sizes $<10\mu\text{m}$ were obtained, considered viable for use in different formulations. The results obtained indicate that the hydrolysates of the CMS of dehydrated chicken with 0% and 2.5% of maltodextrin, mainly, have a high potential for use in foods, adding biological and functional properties since they remained stable in the analyzes carried out and during the time of storage.

Keywords: Maltodextrin; Alcalase; Peptides; Antioxidant activity.

SUMÁRIO

1 Introdução	13
2 Revisão Bibliográfica	15
2.1 Carne Mecanicamente Separada de Frango (CMS)	15
2.2 Hidrólise Enzimática	16
2.3 Peptídeos Bioativos	18
2.4 Propriedades funcionais dos hidrolisados proteicos	19
2.5 Secagem e encapsulação de peptídeos	20
2.6 Considerações finais	23
3 Material e métodos	24
3.1 Hidrólise Enzimática	24
3.1.1 Grau de Hidrólise	25
3.2 Secagem	26
3.3 Determinações analíticas	26
3.3.1 Proteínas	26
3.3.2 Rendimento	26
3.3.3 Atividade de água	27
3.3.4 Parâmetros de cor	27
3.3.5 Umidade	28
3.4 Propriedades tecnológicas	28
3.4.1 Atividade antioxidante	28
3.4.2 Atividade antimicrobiana	29
3.4.3 Capacidade de Retenção de Água	30
3.4.4 Capacidade de Retenção de Óleo	30
3.4.5 Propriedades emulsificantes	30
3.4.6 Microscopia Eletrônica por Varredura (MEV)	31
3.5 Modelagem Matemática da estabilidade de estocagem	31
3.6 Análise estatística	32
4 Resultados e discussão	33
4.1 Grau de Hidrólise (GH)	33
4.2 Caracterização das amostras de hidrolisado desidratadas	33
4.3 Estabilidade de estocagem dos hidrolisados desidratados.....	41
4.4 Uso de Modelos Matemáticos para avaliar o IC ₅₀	46
5 Conclusão	49
6 Sugestões para trabalhos futuros	51
7 Referências Bibliográficas	52

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação da equação química do processo de hidrólise enzimática	17
Figura 2 - Exemplificação de funcionamento do Spray Drying	21
Figura 3 - Diagrama simplificado das etapas/atividades do presente estudo.....	24
Figura 4 - Imagens da morfologia da CMS hidrolisada desidratada com 0% (a), 2,5% (b) e 5% (c) de maltodextrina, obtidas através de MEV	39
Figura 5 - % de partículas em relação ao tamanho para o CMS hidrolisado desidratado com 0%, 2,5% e 5% de maltodextrina	40
Figura 6 - Gráfico comparativo da atividade antioxidante (IC_{50}) entre os modelos matemáticos de Weibull e Power Law nos 90 dias de estocagem	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produtos cárneos utilizados para obtenção de hidrolisados e as propriedades funcionais.....	19
Tabela 2 - Rendimento (R), capacidade de retenção de óleo (CRO), capacidade de retenção de água (CRA), umidade (U), capacidade emulsificante (CE) e estabilidade emulsificante (EE) das amostras de hidrolisado desidratado com 0%, 2,5% e 5% de maltodextrina	33
Tabela 3 - Concentração inibitória mínima (CIM) das amostras de hidrolisado desidratado com 0%, 2,5% e 5% de maltodextrina para inibição das bactérias Gram-negativas e Gram-positivas.....	37
Tabela 4 – Resultados de A_w , cor (L^* , a^* , b^*) e ΔE durante a estocagem de 90 dias para a CMS hidrolisada desidratada com 0%, 2,5% e 5% de maltodextrina.	41
Tabela 5 – Resultados de IC_{50} durante a estocagem de 90 dias para a CMS hidrolisada desidratada com 0%, 2,5% e 5% de maltodextrina.	45
Tabela 6 - Comparativo da atividade antioxidante (IC_{50}) entre os modelos matemáticos de Weibull e Power Law nos 90 dias de estocagem, com diferentes concentrações de maltodextrina	47

LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E UNIDADES DE MEDIDA

°C – Graus Celsius

a* - cromaticidade entre as cores verde e vermelho

ABTS – 3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico

ATCC - American Type Culture Collection

A_w – Atividade de Água

b* - cromaticidade entre as cores amarelo e azul

C* - Tonalidade Cromática

CBM – Concentração Bactericida Mínima

CE – Capacidade Emulsificante

CIM – Concentração Inibitória Mínima

CMS – Carne Mecanicamente Separada

CRA – Capacidade de Retenção de Água

CRO – Capacidade de Retenção de Óleo

DPPH – 1,1-difenil-2-picrilhidrazil

DTA – Doenças Transmitidas por Alimentos

ECA – Enzima Conversora de Angiotensina

EE – Estabilidade Emulsificante

Fc – Fator de Correção

FRAP – Redução Férrica do Plasma

G – Giros

g – Gramas

GH – Grau de Hidrólise

h – Horas

HCl – Ácido Clorídrico

IC₅₀ – Concentração Inibitória em 50%

Kg – Quilograma

KV – Quilovolt

L – Litros

L* - Luminosidade

LB – Lúria Bertani

m³/h – Metros cúbicos por hora

MEV - Microscopia Eletrônica por Varredura

mg – Miligramas

min – Minutos

mL – Mililitros

mol.L⁻¹ – Molaridade

NaCl – Cloreto de Sódio

NaOH – Hidróxido de Sódio

nm – Nanômetros

p/v – Peso e Volume

pH – Potencial Hidrogeniônico

R – Rendimento

RPM – Rotações por Minuto

U – Umidade

V – Volume

ΔE – Diferença de tonalidade

μL – Microlitros

μm – Mícrons

1 INTRODUÇÃO

A região Sul do Brasil, com maior ênfase no estado do Paraná, destaca-se como a maior produtora de carne de frango dentro do país, e este desempenho no setor o levou a ser o maior exportador e terceiro maior produtor de carne de frango a nível mundial, com mais de 13 milhões de toneladas produzidas anualmente. Essa indústria vem se desenvolvendo a partir de novos produtos e expandindo seus segmentos com ofertas diversificadas que busquem agregar valor às matérias-primas. A eficiência na produção pode ser vista como o resultado das melhorias nas técnicas de manejo junto a modernização tecnológica (TREMEA e SILVA, 2020).

Com a maior valorização dos cortes nobres de frango, principalmente de produtos desossados, tem-se um aumento na quantidade de resíduos, carcaças, ossos e cortes menos nobres. A carne mecanicamente separada (CMS) de frango é produzida por meio de desossadores mecânicos que utilizam como matéria-prima partes de frango de baixo valor comercial (TASIC et al., 2017).

A CMS geralmente é utilizada na elaboração de embutidos cárneos. No entanto, uma alternativa promissora de uso da CMS é a produção de hidrolisados proteicos a fim de obter peptídeos bioativos, os quais podem ser aplicados em alimentos para melhorar suas características nutricionais. Peptídeos bioativos são definidos como frações específicas de proteínas, com sequência de aminoácidos que promovem um impacto positivo em várias funções no organismo humano (OLIVEIRA et al., 2014; TASIC et al., 2017, SÁNCHEZ e VÁSQUES, 2017), como prevenção da hipertensão, imunomoduladores, antitrombóticos, antioxidantes, anticancerígenas, entre outros (KARAMI e AKBARI-ADERGANID, 2019; KESKA et al., 2019). Também podem apresentar propriedades biológicas como capacidade de retenção de água e óleo, formação de gel e espuma, atividade emulsificante e solubilidade de proteínas. É importante ressaltar que as propriedades dos peptídeos estão relacionadas com o peso molecular, sequência e composição de aminoácidos e também com as condições de processamento (PEIGHAMBARDUST et al., 2021).

A produção de hidrolisados pode ser realizada via hidrólise enzimática ou química. A hidrólise enzimática é comumente aplicada em proteínas, devido a sua adaptabilidade e eficiência na obtenção de produtos funcionais e bioativos por ser uma técnica rápida e segura para a produção de hidrolisados proteicos e peptídeos de grau alimentar. Essa técnica vem sendo usada para aumentar a expressão funcional e as propriedades biológicas de proteínas de

baixo valor agregado. A hidrólise, geralmente, é realizada com o uso de proteases, sendo as principais enzimas a alcalase e a papaína, devido ao seu elevado grau de hidrólise (VIKMAN et al., 2017; SBEGHEN et al., 2020).

Na hidrólise da CMS são obtidos peptídeos de vários tamanhos, que podem ser utilizados em ampla variedade de produtos alimentícios, incluindo suplementos proteicos (fórmulas hipoalergênicas e alimentação enteral), realçadores de sabor e estabilizadores em bebidas, dentre outros.

Para aumento da vida útil, redução de volume e praticidade de aplicações dos hidrolisados em produtos de interesse, uma das alternativa é a secagem por *spray drying*. Essa secagem é um processo contínuo, onde ocorre a transformação de um líquido em um produto seco, em pó, em um período de secagem muito curto. Nesse processo, ocorre a aspersão do líquido, utilizando-se um sistema de alta pressão, onde as gotículas entram em contato com um fluxo de ar quente. Assim, ocorre uma rápida evaporação, permitindo que a temperatura do produto final seja mantida, fazendo com que seja possível a secagem de produtos sensíveis ao calor sem afetar excessivamente sua qualidade (SING e DIXIT, 2014).

Além do uso de temperaturas mais baixas no processo de secagem, o uso de agentes carreadores com alto peso molecular devem ser utilizados antes da secagem, para facilitar o processo e aumentar o rendimento (ALMEIDA et al., 2021). Dentre os carreadores, a maltodextrina é o mais comumente utilizado na secagem em *spray dryer*, devido sua alta solubilidade, baixa higroscopicidade e baixo custo (AZIZ et al., 2018).

Face ao exposto, o presente estudo teve como objetivos avaliar as propriedades tecnológicas (rendimento, capacidade de retenção de água, capacidade de retenção de óleo, umidade, propriedades emulsificantes e atividade antimicrobiana), morfologias, tamanho de partícula e a estabilidade de estocagem por 90 dias (atividade antioxidante IC₅₀, atividade de água e cor instrumental) de hidrolisado de CMS desidratado a 160°C em *spray dryer* em diferentes concentrações de maltodextrina (0%, 2,5% e 5%).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesse item serão apresentados aspectos da literatura referentes a Carne Mecanicamente Separada (CMS), as tecnologias utilizadas e a importância de cada uma delas para obtenção do produto final.

2.1 Carne Mecanicamente Separada de Frango (CMS)

A carne de frango de corte tem grande papel na indústria de produção de carnes. Com elevada necessidade de produzir aves jovens para abate, torna-se necessário manejar quantidades cada vez maiores de esterno, ossos dorsais, pernas, fragmentos de músculo, tecido conjuntivo e gordura, que permanecem após a remoção das partes mais valiosas das carcaças. Essas e outras partes do esqueleto são destinadas à separação mecânica. E, a carne que não foi aproveitada para outros cortes passa por um processo de moagem, separando-a do resíduo ósseo. Uma boa opção para se utilizar esses materiais avícolas é a produção de carne mecanicamente separada (CMS) de aves. Ela pode ser obtida através da separação com “tecnologia de alta pressão” ou “tecnologia de baixa pressão” e são os métodos de produção que vão determinar a qualidade da matéria-prima obtida (SBEGHEN et al., 2020; CEGIELKA et al., 2019).

A produção de CMS está baseada no Regulamento exposto pela Instrução Normativa nº 4, de 31 de março de 2000, o qual estabelece, identifica e descreve a Carne Mecanicamente Separada (CMS) de Aves, Bovinos e Suínos, as quais devem ter cor e odor característicos, com textura pastosa, com no mínimo 12% de proteína e no máximo 30% de gordura (BRASIL, 2000). O uso da tecnologia e o baixo custo de produção fazem com que a CMS seja uma matéria-prima atraente para a produção de produtos cárneos (CEGIELKA et al., 2019). Existem algumas utilizações para essa CMS, as principais estão na produção de embutidos cozidos, como salsicha, mortadela, entre outros.

Além disso, a CMS é uma fonte proteica para a obtenção de hidrolisados, os quais têm diversas funções e são utilizados em formulações muitas vezes específicas, como no caso de produtos geriátricos, suplementos energéticos, dietas para controle de peso e terapêuticas e até mesmo dietas entéricas (OLIVEIRA et al., 2014).

2.2 Hidrólise enzimática

A hidrólise enzimática a partir de proteínas baseia-se na melhoria de suas características, aumentando sua digestibilidade e reduzindo fatores alergênicos. A produção de novos compostos baseados em aminoácidos livres e peptídeos de tamanhos e sequências variadas demonstram benefícios positivos nas propriedades funcionais da proteína original, dependendo da fonte de substrato e da protease empregada. Muitos desses peptídeos podem ter biofunções e impactar positivamente no metabolismo e na saúde, tanto humana quanto animal (TACIAS-PASCACIO et al., 2020).

Os hidrolisados podem ser produzidos a partir de hidrólise enzimática, originando-se de aminoácidos livres e peptídeos de diferentes tamanhos. Sendo assim, o grau de hidrólise é relacionado com o momento em que uma fonte de proteína foi hidrolisada: é a proporção entre as ligações peptídicas quebradas e o número total de ligações peptídicas presentes (RUTHERFURD, 2010).

A partir da mensuração do grau de hidrólise, é possível ter uma base da extensão da proteína clivada e nas influências que isso vai desencadear sobre as propriedades funcionais dos hidrolisados, já que as modificações estruturais decorrentes da hidrólise enzimática possuem a capacidade de modificar uma grande variedade de grupos funcionais, influenciando na solubilidade, capacidade de retenção de água, propriedades emulsificantes e desempenho geral das proteínas nos alimentos (OLIVEIRA et al., 2015).

A hidrólise enzimática é um processo capaz de alterar as propriedades químicas, funcionais e sensoriais de subprodutos proteicos (LAPENÑA et al., 2018), sendo conduzida sob condições controladas de pH, temperatura, concentração de substrato e atividade enzimática. Ela se tornou o método preferido nas indústrias farmacêutica e alimentícia, pois é de alta especificidade e não necessita solventes orgânicos residuais e produtos químicos tóxicos durante o processo, na etapa de proteólise, ocorre a clivagem de ligações peptídicas suscetíveis e liberação de peptídeos bioativos. Uma combinação de enzimas proteolíticas podem ser adicionadas simultaneamente ou sequencialmente durante a hidrólise de proteínas, que em condições ideais, produzirão pequenos fragmentos com atividades biológicas. Peptídeos bioativos gerados através de hidrólise enzimática com enzimas de qualidade são considerados seguros (ULUG et al., 2020).

Várias enzimas podem ser usadas no processamento de alimentos, como proteases, asparaginases, xilanases, lipases, amilases, α -L-arabinofuranosidase, celulasas e tanases. Entre

elas, as proteases têm se tornado cada vez mais interessantes por suas propriedades específicas, demonstrando alto rendimento produtivo, especificidade em meio a substratos e alta atividade, pois agem bem em uma ampla faixa de temperatura (20-80°C) e valores de pH (3-13), o que aumenta os campos de aplicação (BINOD et al., 2019).

A hidrólise de proteínas utilizando enzimas proteolíticas é uma boa opção visando melhorar suas propriedades funcionais. Nessa reação (Figura 1) é liberado um mol de grupo carboxila e um mol de grupo amino para cada ligação peptídica clivada pela enzima, e então, o produto final é a união de todos os aminoácidos constituinte da proteína (DAMODARAN et al., 2010).

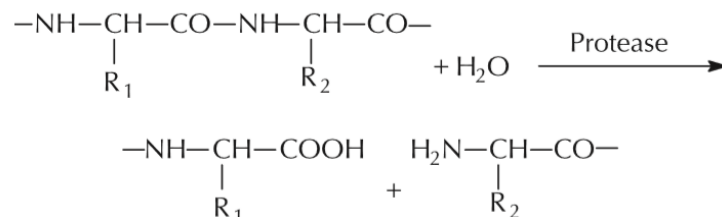


Figura 1: Representação da equação química do processo de hidrólise enzimática. Fonte: Damodaran et al., (2010).

As proteases são um grupo com seletividade e especificidade distintas, sendo classificadas como endopeptidases e exopeptidases, de acordo com sua função na cadeia proteica do substrato e na característica dos produtos finais. Durante o processo de hidrólise, o produto final pode variar dependendo da enzima que foi utilizada, sendo assim, dentro desse grupo ainda existe outra forma de classificação, como: peptidases aspárticas, cisteína, metalo, serina, peptidases com tipo catalítico misto ou ainda desconhecido (SOUZA et al., 2015; TACIAS-PASCACIO et al., 2020). Outra forma de caracterizar essas enzimas é através do pH onde apresentam maior atividade, os quais podem ser: ácidos (pH 2,0 a 6,0), neutros (pH 6,0 a 8,0) e alcalinos (pH 8,0 a 13,0) (SOUZA et al., 2015).

As proteases alcalinas são muito importantes industrialmente, isso se deve, principalmente, a sua atividade e estabilidade em pH alcalinos, com aplicações cada vez mais amplas. Um exemplo dessas proteases é a enzima alcalase, a qual tem mostrado um amplo campo de aplicação para produção e modificação de alimentos. A alcalase foi, inicialmente, obtida do *Bacillus subtilis*, mas hoje em dia é obtida por fermentação com *Bacillus licheniformis* e é uma protease classificada como “endopeptidase serina”, através dela é

possível obter informações sobre a estrutura catalítica de aminoácidos, além de conseguir clivar proteínas no meio de suas cadeias (TACIAS-PASCACIO et al., 2020).

A alcalase pode ser considerada da família subtilisinas serina-proteases, sabe-se que elas iniciam seu mecanismo de ação na ligação peptídica de um resíduo de serina, mas são de ligação inespecífica (DAMODARAN et al., 2010). Porém, ela mostra maior especificidade, se comparada com outras enzimas, na produção de peptídeos contendo ácido glutâmico, metionina, leucina, tirosina, lisina e glutamina, assim como tem demonstrado melhor atividade antioxidante (LORENZO et al., 2018).

A alcalase pode ser usada para obter peptídeos com características hidrofóbicas e tem fortes chances de se hidrolisar com peptídeos de tamanho pequeno devido ao grande número de aminoácidos que pode reconhecer a reação de hidrólise de proteínas catalisadas por ela. Isso permite seu uso em uma variedade de substratos proteicos, sempre produzindo um alto grau de hidrólise, seja aplicado individualmente ou em associação a outras proteases (TACIAS-PASCACIO et al., 2020).

2.3 Peptídeos bioativos

Peptídeos bioativos são fragmentos de proteínas que foram inativados dentro da sequência da proteína original, mas podem exercer várias funções fisiológicas após a liberação durante a digestão. Eles possuem propriedades biológicas benéficas tais como: anti-idade, antioxidante, antimicrobiano, anti-diabético, anti-hipertensivo, anti-inflamatório, imunomodulador, regulador do colesterol e da saciedade, entre outros (WANG e SELOMULYA, 2020).

Peptídeos têm mostrado potencial para bioatividades, as quais estão relacionadas ao tipo de proteína utilizada como matéria-prima para a hidrólise, desde seu tamanho através do número de aminoácidos e dos aminoácidos terminais (o que determina a potencial bioatividade dos peptídeos produzidos) e a especificidade e seletividade das enzimas utilizadas (TACIAS-PASCACIO et al., 2020).

As proteínas são muito importantes para produção de compostos bioativos, pois além da boa qualidade nutritiva possuem muitos benefícios funcionais à saúde humana. Mas a sensibilidade e instabilidade de compostos a base de proteínas a fatores ambientais e a perda de propriedades funcionais pela reação com outros compostos reduziram a capacidade de usá-los naturalmente, sendo necessário buscar uma modificação estrutural para melhorar suas

propriedades de biocompatibilidade e biofuncionalidade. Um dos métodos para modificação estrutural e produção de peptídeos bioativos é a enzimólise ou, também, conhecida como hidrólise enzimática. Nesse processo, ocorre a quebra de ligações peptídicas liberando peptídeos bioativos na sequência inicial de proteínas (SARABANDI et al., 2019).

2.4 Propriedades funcionais dos hidrolisados proteicos

Segundo Rutherford (2010), os avanços da tecnologia voltados aos hidrolisados de proteína têm se tornado cada vez mais importantes no processamento de alimentos devido as propriedades nutricionais e funcionais. Os hidrolisados são usados para melhorar a digestão e absorção de fontes de proteína mal digeríveis e também como fonte de peptídeos bioativos com poderes anti-hipertensivos, antioxidantes, antimicrobianos, entre outros.

Na Tabela 1, são apresentados alguns exemplos de matéria-prima cárnea utilizadas para obtenção de hidrolisados, assim como as enzimas empregadas e suas propriedades funcionais.

Tabela 1: Produtos cárneos e enzimas utilizados para obtenção de hidrolisados e as propriedades funcionais.

Matéria prima	Enzimas	Propriedades funcionais	Referências
CMS de frango	Flavourzyme e Protamex	Composição de Aminoácidos, Solubilidade, Capacidade de Retenção de Óleo e Água, Propriedades Emulsificantes	OLIVEIRA et al., 2017
CMS de frango	Alcalase	Composição de aminoácidos, propriedades digestivas.	ROSSI et al., 2009
Colágeno de CMS de frango	Flavourzyme e Alcalase	Viscosidade, estabilidade de espuma, propriedades emulsificantes.	SCHMIDT et al., 2020
Visceras de frango	Alcalase e Alcalase modificada	Atividade antioxidante (DPPH), capacidade de redução férrica do plasma (FRAP).	SILVA e CASTRO, 2019
Ossos de frango	Flavourzyme, α -Quimotripsina e Tripsina	Atividade antioxidante (DPPH e ABTS).	CENTENARO et al., 2011
Fígado de frango	Alcalase	Atividade antioxidante (ácido ascórbico, DPPH, ABTS), propriedades antimicrobianas (<i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Micrococcus luteus</i> , <i>Escherichia coli</i> e <i>Yersinia enterocolitica</i>).	CHAKKA et al., 2015

Os produtos cárneos possuem compostos bioativos conhecidos, como, por exemplo, os ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa, vitaminas, carotenoides, peptídeos e polifenóis. Dentre esses alimentos, existem ainda os seus resíduos, muitas vezes descartados, que podem ser compostos bioativos potenciais, como é o caso da CMS (GEORGANAS et al., 2020).

Segundo Lorenzo et al. (2018), peptídeos bioativos têm o poder de melhorar as características dos alimentos nutracêuticos e funcionais, também demonstrando benefícios de defesa biológica contra doenças inflamatórias por estresse oxidativo. Os antioxidantes naturais são um exemplo das características que um peptídeo bioativo pode apresentar e sua importância é reconhecida pela Organização Mundial da Saúde, a qual se mostra a favor do consumo de fontes dietéticas de antioxidantes.

Bhat et al. (2015), afirmam que peptídeos liberados *in vivo* ou *in vitro* a partir de proteína animal mostraram diferentes efeitos na saúde humana, incluindo propriedades antimicrobianas, antioxidantes, com efeitos na redução da pressão arterial (inibidores de ECA), antitrombótica, antiobesidade, entre outros.

Segundo Quinto et al. (2019), peptídeos bioativos com capacidade antimicrobiana originados de plantas e animais não possuem somente atividades antibacterianas, mas também antivirais. Essas características podem garantir a qualidade dos alimentos, uma vez que não seria necessário utilizar métodos de preservação sintéticos visando a segurança alimentar microbiana. Além do mais, outras vantagens são a extensão da vida útil de alguns alimentos e também se mostram uma alternativa viável à resistência microbiana causada por antibióticos.

Existem, também, outras características importantes em alimentos funcionais, como sua capacidade de reter água, reter óleo e sua emulsão, que deve manter-se o mais estável. Tais propriedades, além de serem benéficas aos produtos finais, também são de relevância na indústria, promovendo um crescimento econômico e sustentável, estável a partir de subprodutos e resíduos comestíveis, gerando alimentos e evitando o desperdício de comida (HELKAR e PATIL, 2016).

2.5 Secagem e encapsulação de peptídeos

É essencial que se busque a estabilização dos compostos de peptídeo/proteína devido a natureza perecível da maioria das formulações alimentares a base de líquidos, a instabilidade ambiental, condições de armazenamento, transporte e embalagem. A solidificação auxilia

nessa estabilidade, fazendo a manutenção dos compostos sensíveis, colocando-os dentro da estrutura do portador, método conhecido como encapsulação (SARABANDI et al., 2019).

Nos processos de secagem, a água livre dos alimentos é reduzida, promovendo a concentração da matéria seca sem danificar o produto. Essa prática possui diferentes métodos, os quais são direcionados para alcançar uma capacidade de armazenamento estendida, reduzindo a atividade de água e assim a taxa de deterioração, mantendo a qualidade dos alimentos. A secagem de produtos alimentícios é vista como vantajosa, pois minimiza os custos de embalagem, armazenamento e transporte, podendo ser conduzida por processos tecnológicos, como secagem por spray, ao ar quente, a vácuo e liofilização. A secagem através desses métodos é alcançada por meio de radiação, convecção, condução ou uma combinação de mecanismos de transferência de calor, sendo que todos eles podem afetar parcial ou totalmente a qualidade do produto (OYINLOYE e YOON, 2020).

Dentre os processos de secagem de produtos líquidos, a pulverização ou *spray drying*, é um método amplamente utilizado e envolve a dispersão de ativos de uma solução em um secador que funciona por pulverização em uma câmara com ar quente (Figura 2). A gota e o ar quente entram em contato na câmara e o solvente (água) é evaporado transformando-se em partículas secas que são separadas e coletadas na forma de pó (FANG e BHANDARI, 2012).

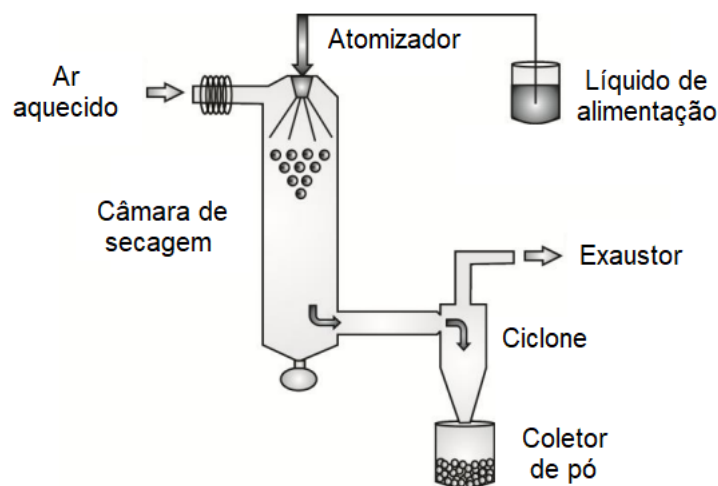


Figura 2: Exemplificação de funcionamento do Spray Drying. Fonte: Sosnik e Seremeta (2015).

Deve-se tomar cuidado para equilibrar o consumo de energia e a qualidade das partículas durante o processo de secagem, ficando atento na seleção da temperatura de entrada/saída para preservação do produto final. É necessário levar em consideração o efeito

da secagem nas propriedades de bioatividade e biodisponibilidade de peptídeos, assim como o estado das partículas após a secagem, incluindo conteúdo de umidade, prazo de validade, solubilidade, facilidade de uso e controle de sabor/odor (WANG e SELOMULYA, 2020).

Segundo Oliveira e Petrovick (2010), a temperatura de entrada é um dos parâmetros mais importantes durante a secagem por exercer influência direta na temperatura de saída e na qualidade final do produto. Uma maior temperatura de entrada facilita o processo de secagem, ela atua reduzindo a tensão superficial e a viscosidade, características que colaboram para formação de gotículas, mas é muito importante que a temperatura de entrada seja sempre maior que a temperatura de ebulição do solvente utilizado, pois embora que ela pareça ser muito elevada, os sólidos de cada partícula nunca serão aquecidos acima da temperatura de saída. Essa, por sua vez, vai determinar a umidade do produto final, sendo que ele sempre ficará aproximadamente 20°C abaixo da temperatura de saída.

Durante o processo de secagem, as variáveis devem ser controladas, com o objetivo de obter-se características tecnológicas específicas, um bom rendimento, teor de umidade adequado, estabilidade química e baixa aderência de partículas na câmara de secagem. Sendo assim, as características do material de entrada influenciam o processo de secagem tanto quanto as temperaturas utilizadas, tornando muito comum o uso de adjuvantes na técnica de secagem por aspersão. Entre eles pode-se citar: amido, ciclodextrinas, dióxido de silício coloidal, fosfato tricálcico, gelatina, goma arábica e maltodextrina (OLIVEIRA e PETROVICK, 2010).

Rossi et al. (2009), por exemplo, utilizaram 5% de maltodextrina e 1% de carbonato de cálcio junto ao hidrolisado de CMS para secagem em spray dryer na temperatura de 160°C. Entretanto, Kurozawa et al. (2011) preferiram adicionar 10% de maltodextrina em seu hidrolisado de CMS para testar diferentes temperaturas de secagem (120-200°C).

Esses aditivos com alto peso molecular, ou também chamados de carreadores, podem ser uma ótima alternativa na incorporação do produto antes da secagem, pois são de baixo custo e aumentam a transição vítrea, aumentando o rendimento e reduzindo a aglomeração de pó na câmara de secagem (FREITAS et al., 2019).

A maltodextrina é citada por Caliskan e Dirim (2016) como um vantajoso agente secante, é altamente solúvel, pouco higroscópica, possui propriedades de volume e formação de filme, não possui odor, sabor, atua na redução da permeabilidade ao oxigênio da matriz da parede e suas funções incluem a ligação de sabor e gordura nas amostras onde é utilizada.

2.6 Considerações finais

Considerando todas as informações literais obtidas e a crescente demanda por alimentos nutritivos e seguros, principalmente devido ao grande crescimento populacional a qual o mundo se direciona, é possível destacar a importância de obter-se maiores fontes de alimentos, os quais podem ser originados a partir daquilo que já existe e, muitas vezes, é mal aproveitado ou descartado. Este é o caso do CMS de carne de frango, que é geralmente utilizado na elaboração de embutidos cárneos, onde o mesmo pode ter um valor agregado maior quando na obtenção de hidrolisados. Estes apresentam propriedades funcionais que proporcionam benefícios à saúde humana, podendo ser adicionados em produtos de interesse, e para melhor praticidade, se torna interessante que sejam na forma de pó. Na literatura, são escassos os trabalhos encontrados sobre secagem de peptídeos bioativos a partir de hidrolisados de CMS de carne de frango em *spray dryer* com agente carreador maltodextrina, o que é objeto deste estudo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Para melhor compreensão de cada etapa, a Figura 3 apresenta um diagrama simplificado da sequência de etapas envolvidas no presente estudo.

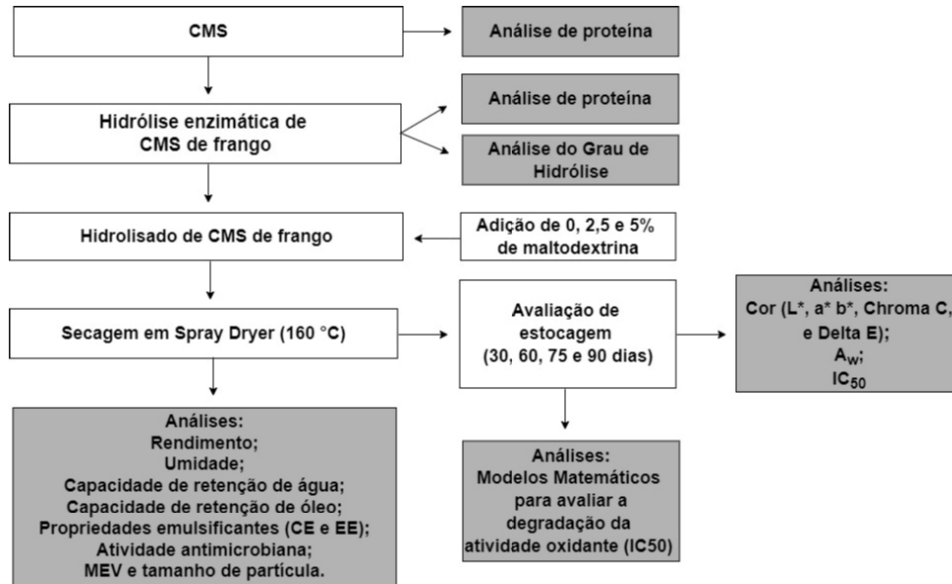


Figura 3: Diagrama simplificado das etapas/atividades do presente estudo. Fonte: autora (2022).

3.1 Hidrólise Enzimática

Para a realização da hidrólise enzimática foi utilizada CMS de frango cedida por uma empresa da região norte do Estado do Rio Grande do Sul-Brasil, sendo caracterizada, inicialmente, em relação a proteína. A matéria prima permaneceu congelada a -18°C em freezer até seu uso.

A hidrólise enzimática foi realizada segundo a metodologia de Sbeghen et al. (2020), utilizando a enzima Alcalase 2.4L (Novozymes, Bagsvaerd, Dinamarca) de atividade de 2,4 AU/g.

A CMS foi descongelada a 4°C e homogeneizada manualmente. Após a homogeneização do material, adicionou-se 40 g da CMS e 120 mL de água destilada (proporção de 1:3 m/v) e pH ajustado a 8,9 (NaOH 0,2 mol/L). Em seguida, a enzima alcalase foi adicionada na relação entre enzima/substrato de 4,62% em relação a proteína presente na CMS. Então dos frascos foram conduzidos para incubador Shaker Series Excella E25 por um período de 3 h a 58°C . Decorrido esse período, as amostras foram encaminhadas a geladeira, 4°C , por pelo menos 12 h, para reduzir a temperatura e favorecer a separação da fração

lipídica para o processo de centrifugação (Centrifuge MPW-351R) a 9000 rpm, 4°C, por 15 min. O hidrolisado foi caracterizado em relação ao teor de proteína.

3.1.1 Grau de hidrólise

O Grau de hidrólise foi determinado de acordo com a AOAC (2005). Inicialmente, foram adicionados 5 mL da amostra de hidrolisado (solução 10% p/v), em erlenmeyer de 125 mL, com o pH ajustado para 7,0, com hidróxido de sódio (NaOH) (Vetec) 0,2 mol.L⁻¹ ou com o ácido clorídrico (HCl) (Synth) 0,2 mol.L⁻¹ e 5 mL da solução de formol-fenolftaleína (formol - Cinética e fenolftaleína - Nuclear), também, ajustada para pH 7,0 com as mesmas soluções (NaOH e HCl ambos 0,2 mol.L⁻¹) e 3 gotas de fenolftaleína 1%.

O conteúdo do erlenmeyer foi titulado com NaOH 0,2 mol.L⁻¹ até viragem da cor para rosa claro e o volume (V₁) registrado. O mesmo volume gasto na primeira titulação foi acrescentado como excesso, tornando a coloração rosa intenso e o volume (V₂) registrado. A solução foi novamente titulada, porém com HCl 0,2 mol.L⁻¹ até desaparecimento da cor rosa (retrotitulação) e o volume (V₃) registrado.

A quantidade de NaOH gasto na titulação (X) e a quantidade de HCl gasto na retrotitulação, serão obtidas por meio das Equações 1 e 2:

$$X = \frac{(Fc_{NaOH}) (V_1 + V_2)}{1000} \quad (1)$$

$$Y = \frac{(Fc_{HCl}) (V_3)}{1000} \quad (2)$$

Onde: V₁ é o volume gasto (mL) na primeira titulação com NaOH 0,2 mol.L⁻¹; V₂ é o excesso de volume gasto na primeira titulação; V₃ é o volume gasto (mL) na retro-titulação com HCl 0,2 mol.L⁻¹; Fc é o fator de concentração da solução de titulação; X é o n° de mols de NaOH gasto na titulação; Y é o n° de mols de HCl gasto na retrotitulação.

Para avaliar o nitrogênio α-aminado (K), leva-se em consideração a quantidade de NaOH gasto na titulação (X) menos a quantidade de HCl gasto na retrotitulação (Y). O grau de hidrólise é obtido pela Equação 3:

$$GH(\%) = \left(\frac{K}{N_{total}} \right) * 100 \quad (3)$$

Onde: GH é o grau de hidrólise; N total é a porcentagem de Nitrogênio determinada pelo método de Kjeldahl (proteína).

3.2 Secagem

Para preparação das amostras para secagem seguiu-se o proposto por Rossi et al. (2009) com adaptações, utilizando 0%, 2,5% e 5% de maltodextrina (Ingredion DE 10).

Foram preparadas 3 amostras utilizando-se 200 mL de hidrolizado adicionadas de diferentes concentrações de maltodextrina (0%, 2,5% e 5%). As amostras foram agitadas em agitador magnético (IKA RW20 digital) por 30 min, em temperatura ambiente ($\pm 22^{\circ}\text{C}$).

A secagem das amostras foi realizada em *spray dryer* (LabPlant-SD-05) com bico atomizador de 0,5 mm, temperatura de entrada de 160°C , seguindo metodologia adaptada de Rossi et al. (2009), fluxo de ar de em torno de $73\text{ m}^3/\text{h}$, vazão em $14\text{ m}^3/\text{h}$, obtidas a partir de estudos prévios. Com temperatura de saída do produto em 74°C para hidrolizado com 0% de maltodextrina, e 77°C e 79°C para as amostras com 2,5% e 5% de maltodextrina, respectivamente.

As amostras desidratadas (0%, 2,5% e 5% de maltodextrina) foram caracterizadas quanto ao rendimento (R), umidade (U), capacidade de retenção de água (CRA), capacidade de retenção de óleo (CRO), propriedades emulsificantes (capacidade emulsificante (CE) e estabilidade da emulsão (EE)), atividade antimicrobiana e tamanho de partícula. Também foi realizada avaliação do tempo de estocagem (30, 60, 75 e 90 dias) das amostras, sendo que para tanto as mesmas foram acondicionadas em frascos âmbar ao abrigo da luz, em temperatura ambiente ($22 \pm 2^{\circ}\text{C}$) e utilizado um frasco para cada concentração e também cada dia de estocagem. Essas amostras foram caracterizadas em relação a atividade de água (A_w), cor (L^* , a^* , b^* , chroma C, ângulo hue e delta E) e atividade antioxidante por IC_{50} .

3.3 Determinações analíticas

3.3.1 Proteína

A quantificação das proteínas da amostra (CMS bruto e hidrolizado) ocorreu seguindo método de Kjeldahl, segundo AOAC (2005). O fator de conversão de nitrogênio para proteína foi de 6,25.

3.3.2 Rendimento

Para avaliar o rendimento dos hidrolisados desidratados, realizou-se a pesagem das massas das soluções líquidas e, posteriormente, da massa do hidrolizado de CMS em pó, aplicando a Equação 4 com conversão em porcentagem:

$$\text{Convers\~{a}o}(\%) = \left(\frac{m_i - m_f}{m_i} \right) * 100 \quad (4)$$

Onde: m_i é a massa do hidrolisado fluido (Kg) e m_f é a massa do hidrolisado desidratado (Kg).

3.3.3 Atividade de água

A análise da atividade de água foi realizada utilizando o equipamento LabTouch, NOVASINA) o qual realiza leituras diretamente na amostra (1g) a partir de um sistema interligado de temperatura e sensor infravermelho.

3.3.4 Parâmetros de Cor

Os parâmetros de cor foram avaliados utilizando um colorímetro Minolta (CR-400, Osaka, Japão) por meio do diagrama tridimensional de cores ($L^*a^*b^*$), onde a coordenada L^* representa a luminosidade da amostra, variando de 0 (escuro) a 100 (claro), a^* indica cromaticidade tendendo do verde (-80) ao vermelho (+100) e b^* mostra a cromaticidade que varia do azul (-50) ao amarelo (+70). De acordo com as instruções do fabricante, ao iniciar a medição, foi ajustado o equipamento ($y=93,10$, $x=0,3158$, $y=3321$).

O cálculo da tonalidade cromática (C^*) foi realizado através dos valores obtidos diretamente do colorímetro (NDIRITU et al., 2017), através da Equação 5.

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (5)$$

Onde: a^* e b^* são valores obtidos através do colorímetro de Minolta.

O cálculo de ΔE foi realizado de acordo com os valores de L^* e b^* (Equação 6), a ΔE é a diferença entre cada parâmetro de cor da amostra padrão (considerada a 0% de maltodextrina) e da amostra teste perceptível ao olho humano (SAENMUANG et al., 2020).

$$\Delta E^* = [\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}]^{1/2} \quad (6)$$

Onde: ΔL , Δa e Δb são as diferenças obtidas entre os parâmetros L^* , a^* e b^* em triplicata.

3.3.5. Umidade

O conteúdo de umidade foi determinado gravimetricamente em estufa de recirculação (Fanem – 320 – SE), a 105°C, por aproximadamente 4 h e/ou até massa constante, segundo metodologia descrita por Brasil (2005).

3.4 Propriedades tecnológicas

3.4.1 Atividade Antioxidante

A análise da atividade antioxidante foi realizada através do método de sequestro do radical DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil) 0,1 mM (Sigma-Aldrich), sendo citado pela literatura como um dos métodos mais utilizados. Nesta análise foi necessário: cubeta de vidro, tubos de ensaio, cronômetro, balança analítica (XS205 DualRange), espectrofotômetro UV-Vis ($\lambda = 515\text{nm}$), proveta, béquer, frasco âmbar, espátula e os reagentes: DPPH, etanol (Synth – pureza de 99%) e água.

Para realização dessa análise, seguiu-se o proposto por Silva et. al (2018) com adaptações. No preparo da solução de DPPH, diluiu-se 0,0039 g de DPPH em 100 mL de etanol. Então, transferiu-se essa solução para um frasco âmbar com o intuito de proteger da luz. Na preparação das amostras pesou-se 0,1 g do hidrolisado seco e realizou-se a diluição em 10 mL de água, repetindo o procedimento para cada amostra.

As amostras foram diluídas em água, em diferentes concentrações (0,0025 a 10 mg/mL) para, posteriormente, serem misturadas com o DPPH (1 mL de DPPH unido a 1 mL de amostra de cada diluição). A mistura foi agitada em agitador magnético (K40-10208) e permaneceu em repouso por 30 minutos a $22 \pm 2^\circ\text{C}$, ao abrigo da luz.

Também, realizou-se as soluções denominadas “controle” e “branco”. Na solução controle, utilizou-se 1 mL de etanol com 1 mL de DPPH e para o branco utilizou-se 1 mL de etanol. Ao final desse tempo, as amostras foram conduzidas à centrífuga (Zentrifugen D-78532 Tuttlingen) por 1 min. A leitura da absorvância foi feita em um espectrofotômetro UV-visível (UV-1600 Spectrophotometer), com comprimento de onda de 515 nm. A solução denominada “branco” foi utilizada para zerar o equipamento e a “controle” serve como base na leitura das amostras.

A atividade de captura de radicais pelas amostras é expressa como percentual de inibição de DPPH e calculada através da Equação 7:

$$AA(\%) = 100 - \left(\frac{Abs_{amostra} - (Abs_{branco} * 100)}{Abs_{controle}} \right) \quad (7)$$

Onde: A absorvância da amostra foi obtida através de leitura; a absorvância do branco é aquela feita para zerar o equipamento e a absorvância controle é a leitura realizada inicialmente, como referência às outras amostras.

Após a avaliação da faixa de concentração ideal, calculou-se a concentração de amostra necessária para capturar 50% do radical livre DPPH (IC₅₀) por análise de regressão linear.

3.4.2 Atividade antimicrobiana

Para avaliação da concentração inibitória mínima (CIM) das amostras de hidrolisado de CMS de frango 0%, 2,5% e 5%, seguiu-se a metodologia de Denton e Kerr (1998) e Ballen et al., (2019) com alterações. Foram selecionados quatro microrganismos: duas bactérias Gram positivas, (*Listeria monocytogenes* (ATCC 7644) e *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923)) e duas bactérias Gram negativas (*Escherichia coli* (ATCC 25922) e *Salmonella choleraesuis* (ATCC 10708)) obtidas da American Type Culture Collection.

Prosseguiu-se a análise a partir de microdiluições das amostras com caldo LB em microplacas ELISA nas concentrações de 12,5 a 200 mg/mL. Em seguida, inoculou-se 10 µL de bactéria e efetuou-se a primeira leitura (0h) em leitor de microplaca ELISA (Bio Tek Instruments EL 800), no comprimento de onda de 490 nm. Após a leitura, as placas permaneceram por 24 h em estufa bacteriológica (Mod JP 101) para nova avaliação, onde comparou-se a diferença da densidade de turbidez provocada pelo crescimento microbiano após 24 horas. Sendo assim, a CIM apresenta-se como a menor concentração, em mg/mL, capaz de inibir o crescimento microbiano.

Já, a concentração bactericida mínima (CBM) refere-se a concentração de amostra que é capaz de destruir a bactéria. Para obter esses resultados, utilizou-se a mesma placa, após a leitura das 24 h, inoculando cada concentração em placa ELISA nova e deixando por mais 24 h na estufa bacteriológica, efetuando nova leitura para observar se as mesmas bactérias inibidas permaneceram ausentes.

3.4.3 Capacidade de retenção de água

A Capacidade de Retenção de Água (CRA) foi determinada através da metodologia proposta por Vioque et al. (2000) com modificações. Inseriu-se 0,100 g de cada amostra e 1 mL de água destilada em eppendorfs, posteriormente, as amostras passaram por centrifugação durante trinta minutos, em temperatura ambiente, a 3000 RPM. No final desse processo, obteve-se a Equação 8 com base no sobrenadante:

$$CRA(mL / g) = \frac{\text{águaretida}}{\text{massadeproteína}} \quad (8)$$

Onde: resultado expresso em função da água retida por grama de proteína presente na amostra.

3.4.4 Capacidade de retenção de óleo

A capacidade de retenção de óleo (CRO) foi realizada através da metodologia proposta por Vioque et al. (2000) com modificações. Homogeneizou-se 0,100 g de cada amostra de proteína com 1 mL de óleo vegetal, mantendo a mistura em agitação por 10 minutos em agitador (Fisatom 752A), então a suspensão foi centrifugada a 2300 G por 30 minutos. O resultado foi expresso segundo a Equação 9:

$$CRO(mL/g) = \frac{\text{óleoretido}}{\text{massadeproteína}} \quad (9)$$

Onde: resultado expresso em função do óleo retido por grama de proteína presente na amostra.

3.4.5 Propriedades emulsificantes

A capacidade emulsificante e a estabilidade da emulsão foram determinadas segundo Okezie e Bello (1988) e Vioque et al. (2000) com modificações. Homogeneizou-se 1 grama do hidrolisado de CMS (0%, 2,5% e 5% de maltodextrina) em 34 mL de solução de NaCl 3% e manteve-se as amostras sob agitação em agitador (Fisatom 752A), enquanto prosseguia-se com a adição de óleo vegetal (canola), por meio de uma bureta, até observar a formação de emulsão. Posteriormente, centrifugou-se a emulsão por 5 minutos a 2.000 G. O resultado foi expresso através da Equação 10:

$$CE (\%) = \left(\frac{V_{emulsionado}}{V_{total}} \right) * 100 \quad (10)$$

Onde: Volume emulsionado é a quantidade de emulsão (mL) após centrifugação e volume total é toda a emulsão antes da centrifugação.

Para determinar a estabilidade da emulsão (%), realizou-se o aquecimento da mesma em banho maria (Lavadora Ultrasônica USC-1800A), a 80°C, por 30 min., posteriormente resfriou-se em água corrente, por 15 min e centrifugou-se a 300 x, por 15 min. Então, centrifugou-se a emulsão por 15 min, a 2.000 x. O resultado foi expresso como porcentagem, através da proporção da altura da camada emulsionada para o volume total da emulsão (levando em consideração o mesmo cálculo da Equação 10).

3.4.6 Microscopia Eletrônica por Varredura (MEV)

Para determinação do tamanho de partículas, as amostras foram analisadas por meio de MEV, (Zeiss, modelo EVO LS25). Para o recobrimento da superfície das amostras com ouro, utilizou-se um metalizador (Quorum, SC 7620). As micrografias foram obtidas na tensão de 30 KV.

Os tamanhos de partícula obtidos através de MEV foram analisados utilizando o software Size Meter (versão 1.1), onde as imagens são inseridas e as medições realizadas de forma manual, usando uma média de 50 partículas observadas nas fotomicrografias dos experimentos.

3.5 Modelagem matemática da estabilidade de estocagem

Os valores da atividade antioxidante por IC₅₀ (mg/mL) em função do tempo (90 dias), das amostras nas concentrações de 0%, 2,5% e 5% de maltodextrina armazenadas a temperatura ambiente (média de 20°C), foram ajustados aos modelos de Weibull e Power law (Equações 11 e 12, respectivamente) com auxílio do software *Statistica* versão 5.0.

$$C = C_0 \exp(-k (t^m)) \quad (11)$$

$$C = B * (t^n) \quad (12)$$

Onde: C : concentração específica de antioxidantes por IC₅₀ em determinado tempo; C_0 : concentração específica de antioxidantes no tempo inicial; k : constante de velocidade de reação; m : parâmetro de forma; \exp : função exponencial dos modelos; t : tempo específico da reação (dias); B : constante, característica do mecanismo de liberação e n : difusão das substâncias pelo tempo.

A avaliação dos parâmetros estimados pelos modelos foi realizada minimizando a função objetivo (OF). Os resultados experimentais foram então comparados com os da previsão do modelo por meio dos valores do “Root Mean Square Error” (RMSE) entre o erro experimental e o calculado, representado pela Equação 13.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (y_{exp} - y_{cal})^2}{N}} \quad (13)$$

Onde: N : expoente de difusão, característico do sistema de liberação; y_{exp} : erro experimental e y_{cal} : erro calculado.

3.6 Análise estatística

Todas as análises foram realizadas em triplicata e os resultados foram tratados estatisticamente pela análise de variância (ANOVA) e comparação das médias pelo teste de *Students* e/ou *Tukey* com auxílio do software *Statistica* versão 5.0, ao nível de significância de 95% de confiança.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Grau de Hidrólise (GH)

A CMS com teor de proteína de 9,09% submetida a hidrólise enzimática apresentou um hidrolisado com GH de 89,23%, indicando um alto percentual de rompimento das ligações peptídicas de uma proteína em relação ao total de ligações. Sbeghen et al. (2020) obtiveram GH grau de hidrólise de 87,01% semelhantes ao presente estudo, sendo que as condições de hidrólise deste trabalho foram de acordo com os autores citados.

Schmidt et al. (2020) realizaram um estudo com os resíduos de colágeno de CMS de frango comparando duas enzimas (Alcalase e Flavourzyme), com adição de 4% (m/v) de colágeno com relação ao volume do tampão e 8% (v/m) de enzima para massa de colágeno, sendo que na enzima Alcalase foi mantido um pH de 7,5 e o processo de hidrólise ocorreu a 55°C, por 2 horas, obtendo um GH final de 36,11%, e com Flavourzyme, o pH ajustado foi de 7,0, colocado em banho a 50°C, por 2 horas, desencadeando um GH de 12,02%. A Alcalase é uma endo-enzima, conseguindo, portanto, uma hidrólise efetiva. O que foi observado no presente estudo.

4.2 Caracterização das amostras de hidrolisado desidratadas

A Tabela 2 apresenta os resultados de rendimento, capacidade de retenção de óleo, capacidade de retenção de água, umidade, capacidade emulsificante e estabilidade emulsificante para as amostras de hidrolisado desidratado com 0%, 2,5% e 5% de maltodextrina.

Tabela 2: Resultados de rendimento (R), capacidade de retenção de óleo (CRO), capacidade de retenção de água (CRA), umidade (U), capacidade emulsificante (CE) e estabilidade emulsificante (EE) das amostras de hidrolisado desidratado com 0%, 2,5% e 5% de maltodextrina.

Amostras	R (%)	CRA (mL/g)	CRO (mL/g)	U (%)	Propriedades emulsificantes	
					CE (%)	EE (%)
0%	1,20 ^c	0,62 ^a ± 0,042	2,39 ^c ± 0,014	6,31 ^a ± 0,002	56,20 ^c ± 0,001	43,75 ^a ± 0,001
2,5%	2,02 ^b	0,61 ^a ± 0,014	2,45 ^b ± 0,028	5,87 ^b ± 0,005	58,80 ^a ± 0,002	41,17 ^c ± 0,002
5%	3,33 ^a	0,58 ^a ± 0,028	2,58 ^a ± 0,028	5,62 ^c ± 0,005	57,14 ^b ± 0,001	42,85 ^b ± 0,001

Média ± Desvio padrão seguidos de letras minúsculas diferentes nas colunas indicam não haver diferença significativa a nível de 95% pelo teste de Tukey.

Verifica-se que o rendimento aumentou com o aumento da concentração de maltodextrina e isto é devido a maior massa inserida na mesma quantidade de hidrolisado. O mesmo comportamento foi observado em relação a capacidade de retenção de óleo. Esta propriedade varia em função do número dos grupos hidrofóbicos expostos da proteína, onde o aumento do teor de maltodextrina nas amostras promoveu afinidade entre as cadeias laterais não polares das proteínas com as hidrofóbicas da gordura, melhorando a absorção de gordura. A presença de aditivos na proteína hidrolisada pode modificar o equilíbrio hidrofílico/hidrofóbico, promovendo, por exemplo, uma alteração na quantidade de água absorvida (KUROZAWA et al., 2009).

Oliveira et al. (2015), avaliaram a CRO de CMS de frango pelo mesmo método proposto nesse estudo, mas utilizando amostra desidratada em liofilizador, sem agentes encapsulantes e com outras enzimas, encontrando os seguintes resultados: Papaína (1,94 mL/g), Flavourzyme (3,10 mL/g), Protamex (0,99 mL/g). A amostra com a enzima Flavourzyme encontrou-se próxima aos resultados do presente estudo.

Em relação a capacidade de retenção de água não houve diferença estatística ($p > 0,05$) entre as amostras. Acredita-se que os baixos valores de CRA obtidos nesse estudo devem-se a formação de alguns peptídeos com propriedades hidrofóbicas, característica pertencente a enzima Alcalase, a qual não teve interferência pela massa da maltodextrina, pois segundo Moraes et al. (2011), a CRA engloba uma interação entre proteína e água, assim como depende do pH do meio, número de cargas positivas e negativas livres, cadeia de actina e miosina, tamanho molecular e capacidade de formação de uma rede proteica com maior exposição de grupos hidrofílicos, desencadeando maior CRA como consequência da desestruturação das moléculas de proteína.

Kempka et al. (2014) estudaram hidrolisado de CMS de Tilápia do Nilo, utilizando enzima Flavourzyme. Eles avaliaram a CRA em diferentes pHs, obtendo um valor mínimo de 292,75%, o que corresponde a absorção de 2,92 mL/g de amostra, se mostrando superior aos resultados desse estudo. No entanto, os autores utilizaram filé e no presente estudo foi utilizado um subproduto de carne de frango, sendo portanto matérias primas diferentes. Os resultados obtidos para a CRA demonstram a potencialidade do uso de CMS de Tilápia em produtos onde essa propriedade é requerida, como produtos da indústria cárnea, que utiliza diversos insumos que potencializam a retenção de água.

Chang-Feng et al. (2015) relatam que a enzima alcalase pode desenvolver aminoácidos hidrofóbicos e aromáticos com baixo peso molecular que facilitam a eliminação de radicais e atividades quelantes do hidrolisado, facilitando as interações com alvos hidrofóbicos, aumentando sua biodisponibilidade e protegendo contra a oxidação macromolecular. Kempka et al. (2014), afirmam que o uso de enzimas proteolíticas permitam controlar o grau de clivagem no substrato, podendo agir de três formas: diminuindo a massa molecular, aumentando o número de grupos ionizáveis e expondo grupos hidrofóbicos. Esses achados justificam as atividades observadas, uma vez que as amostras apresentaram melhor capacidade de reter óleo se comparada a água. Apesar da CRO com maior concentração de maltodextrina ter se sobressaído entre as demais, essa variação foi pouco significativa, concluindo que a alcalase é a maior protagonista na obtenção desses resultados.

Já em relação a umidade, observou-se o inverso, ou seja, quanto maior quantidade de maltodextrina na amostra, menor o teor de umidade. A maltodextrina apresenta baixa higroscopicidade implicando, portanto, na umidade das amostras. Segundo Kurozawa et al., (2009), a transição vítrea de materiais amorfos geram mudanças na transição do calor durante a secagem, o que também pode influenciar no teor de umidade e quantidade de água em locais específicos na superfície do alimento. Para Silva et al. (2012), a redução na umidade conforme aumenta-se o carreador está relacionado ao aumento do teor dos sólidos totais.

Apesar das diferenças de umidade entre as amostras, ambas estão dentro do aceitável pensando em uma futura aplicação na indústria, já que Zambrano et al. (2019) citam que para evitar o crescimento microbiano, o ideal é que a umidade se mantenha abaixo de 10%. Além do mais, Rossi et al. (2009) desidrataram o hidrolisado de CMS de frango em spray dryer utilizando temperatura de 160°C, 5% de maltodextrina e 1% de carbonato de cálcio como agente antiulectante e obtiveram uma umidade média de 6,92%, ficando superior ao estudo em questão, o qual foi utilizado somente a maltodextrina. Sendo assim, a utilização do antiulectante, nesse caso, seria um gasto a mais à indústria, não acrescentando no resultado final.

A umidade da amostra tem uma relação direta com os parâmetros utilizados durante a secagem, principalmente a temperatura de saída (que refere-se diretamente a temperatura de entrada) e afeta o rendimento, as mudanças morfológicas das partículas e a estabilidade dos produtos, sendo citado o uso de maltodextrina como coadjuvante na secagem para melhorar essas propriedades (OLIVEIRA e PETROVICK, 2010).

A amostra que apresentou melhor capacidade emulsificante foi a com 2,5% de maltodextrina. Esta característica está associada a propriedades de superfície, ou seja, reduz a tensão interfacial entre os componentes hidrofóbicos e hidrofílicos de um alimento (KRISTINSSON, 2000). Entretanto, a com melhor estabilidade emulsificante foi sem adição de maltodextrina. Isto indica que o aumento de maltodextrina nas amostras não contribui para estabilidade.

A estabilidade de emulsões é um fator importante a se considerar num processo de encapsulação, pois são geralmente insolúveis em água. Um composto, para atuar como emulsificante, precisa conter grupamentos hidrofílicos e hidrofóbicos; quanto maior a capacidade emulsificante do encapsulante, melhor a retenção de compostos (AZEREDO, 2005). Portanto, neste caso a maltodextrina não atuou como agente estabilizante. Assim, como cada agente carreador possui características diversas, seria interessante testar o uso de outro carreador ou misturas de carreadores.

Silva et al. (2012), por exemplo, citam a influência dos agentes carreadores nas propriedades do pó do hidrolisado de mexilhão. Segundo eles, as gomas, como a goma arábica, são um material de parede de baixa viscosidade, mas com boa solubilidade e estabilizadora de emulsão, já as maltodextrinas mostram boa estabilidade oxidativa, mas baixa capacidade emulsificante e estabilidade da emulsão. Nesse estudo, priorizou-se, inicialmente, o uso da maltodextrina por considerar a estabilidade oxidativa sobre as propriedades bioativas, como antioxidantes (IC_{50}) no período de armazenamento.

Schmidt et al. (2020), avaliaram as propriedades emulsificantes em carne mecanicamente separada de frango com as enzimas Alcalase e Flavourzyme, sem carreador, através de outros métodos e, apesar de ambas exibirem bons resultados, os índices mais elevados foram com alcalase, sendo de 130,53 e 126,86 m^2/g , respectivamente. Oliveira et al. (2015) citam o percentual da estabilidade emulsificante de hidrolisado de CMS de frango desidratado por liofilizador a partir de três enzimas: Papaína (35,42%), Flavourzyme (18,41%) e Protamex (29,26%), sendo possível concluir que a metodologia adotada neste estudo foi superior a proposta desses autores.

Tacias-Pascacio et al. (2020) salientam que a enzima alcalase pode ser utilizada em uma ampla variedade de alimentos proteicos, pois é capaz de reconhecer muitos aminoácidos, gerando uma forte tendência de desencadear peptídeos com características hidrofóbicas e de tamanho pequeno, o que pode melhorar as propriedades funcionais da proteína original.

Frente aos resultados obtidos e levando em consideração a mensuração de um alto grau de hidrólise, constata-se que a secagem em 160°C foi promissora, pois conferiu baixa umidade do pó e manteve boas propriedades funcionais. O uso da maltodextrina pode ser visto como ótima opção na redução da umidade e não causa influências negativas consideráveis nos outros quesitos analisados, muito pelo contrário, se mostrou útil quando avaliado principalmente CRO e CE.

A Tabela 3 apresenta o resultado da concentração inibitória mínima (CIM) das amostras de hidrolisado desidratado com 0%, 2,5% e 5% de maltodextrina para inibição das bactérias Gram-negativas e Gram-positivas.

Tabela 3: Concentração inibitória mínima (CIM) das amostras de hidrolisado desidratado com 0%, 2,5% e 5% de maltodextrina para inibição das bactérias Gram-negativas e Gram-positivas.

Bactéria	CIM (mg/mL)		
	0%*	2,5%*	5%*
<i>Gram-positivas</i>			
<i>Listeria monocytogenes</i>	200	-	-
<i>Staphylococcus aureus</i>	200	200	-
<i>Gram-negativas</i>			
<i>Salmonella choleraesuis</i>	200	-	-
<i>Escherichia coli</i>	200	200	-

0%: hidrolisado puro; 2,5%: hidrolisado com adição de 2,5% de maltodextrina; 5%: hidrolisado com adição de 5% de maltodextrina.

Verifica-se que o comportamento tanto para bactérias gram positivas como gram negativa foi semelhante. A concentração de 0% de maltodextrina apresentou concentração inibitória mínima de 200 mg/mL para todas as bactérias estudadas. Para a concentração de 2,5%, obteve-se 200 mg/mL de CIM somente para *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*. Já, para 5% de maltodextrina não foi observado CIM para nenhuma amostra. Os desidratados com as concentrações de 2,5% e 5% de maltodextrina não foram eficientes na inibição de algumas bactérias, provavelmente devido a menor quantidade de hidrolisado presente na amostra por causa da adição da maltodextrina, ou seja, na mesma massa de amostra possuir mais quantidade de maltodextrina.

O CIM é definido como a menor concentração da amostra mg/mL, capaz de impedir o crescimento microbiano. Ou seja, das amostras estudadas apenas aquela em 0% é capaz de inibir todas as bactérias testadas nesse estudo, utilizando uma concentração mínima de 200

mg/mL e a amostra com 2,5% de maltodextrina foi capaz de inibir metade das bactérias. Não houve inibição com 5% de carreador, o que sugere a necessidade de mais amostras para desencadear essa ação nessa concentração, ou a interferência da maior massa de maltodextrina utilizada.

Na realização dessa análise buscou-se entender se a maltodextrina presente nos hidrolisados poderia agir de forma que encapsulasse os peptídeos, permitindo que mesmo com a massa adicionada, eles conseguissem manter ou melhorar suas atividades comparado as amostras com 0% de carreador. Mas além desse fato não ter se concretizado, também foi possível observar que é necessário muita quantidade de amostra para ocorrer uma inibição mesmo nas amostras sem maltodextrina.

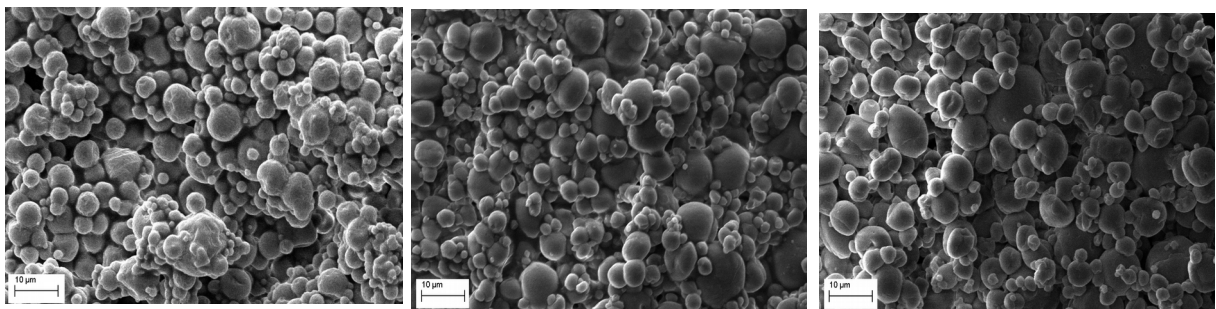
Abdel-Hamid et al. (2016) testaram a ação antibacteriana no hidrolisado do soro de leite de camelo, com a enzima Papaína frente a *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli*, *Bacillus cereus* e *Staphylococcus aureus*, obtendo uma CIM de 0,44; 0,95; 1,20 e 0,09 mg/mL respectivamente. Já Corrêa et al. (2018) avaliaram a atividade antimicrobiana de peptídeos, também do soro do leite, mas bovino, utilizando a enzima Esterase durante de a hidrólise enzimática e testando a inibição contra as mesmas bactérias utilizadas nesse trabalho, na concentração de 5000 mg/L (o que equivale a 5 mg/mL), as quais não geraram valores dentro desses resultados que comprovassem atividade inibitória.

Os peptídeos antimicrobianos podem conter de 10 a 50 aminoácidos que se diferem quanto a estrutura, sequência e atividade, sendo todos de carga positiva em pH neutro com mais de 30% de partículas hidrofóbicas. Para que o efeito antimicrobiano ocorra, esses peptídeos modificam-se estruturalmente, dobrando-se para conseguirem se ligar a membrana dos microrganismos, porém a constituição da parede celular desses seres tem um papel muito importante, sendo altamente capaz de protegê-los contra agentes externos (que nesse caso, dos peptídeos). Isso justifica, muitas vezes, a necessidade de utilizar elevadas concentrações de hidrolisado para desencadear uma resposta e o que deve ser avaliado nesses casos, é sua viabilidade econômica (SILVA et al., 2021).

É muito importante avaliar os efeitos da secagem nos hidrolisados proteicos, sendo que a morfologia e o tamanho das partículas resultantes são fatores importantes que afetam as propriedades funcionais e a estabilidade dos peptídeos. Tamanhos de partículas muito grandes levam a uma sensação oral indesejável caracterizada por texturas ásperas e duras. (SARABANDI et al., 2019).

A Microscopia Eletrônica por Varredura (MEV) é capaz de mensurar a morfologia das microestruturas de amostras. Através dela, é possível caracterizar a composição química dos modelos por meio de imagens. Quando o feixe primário é disparado atinge a superfície da amostra e causa a ionização dos átomos presentes, ou seja, a interação entre as partículas. Então, os elétrons secundários são emitidos, marcando com precisão a posição do feixe através de dados topográficos, em boa resolução, gerando imagens através de microscópio especial (ZHOU e WANG, 2007). Esta técnica tem a capacidade de avaliar amostras secas, úmidas e obter informações microquímicas de detalhes estruturais finos, pois consegue distinguir características de superfície a apenas 1 nm de distância (UI-HAMID, 2018).

Na Figura 4, são apresentadas as imagens da morfologia das amostras de hidrolisado desidratado com 0%, 2,5% e 5% de maltodextrina. Observa-se que as partículas da amostra com 2,5% de maltodextrina apresentam-se mais lisas, esféricas, homogêneas e menos enrugadas. Na concentração de 5%, notam-se algumas depressões, porém elas mantiveram-se esféricas e homogêneas na sua maioria. Com 0%, as partículas se apresentam mais enrugadas e com maior aglomeração, o que pode ter sido causado pela própria umidade ambiental, pois segundo Kurozawa et al., (2009), as amostras de hidrolisado puro em pó de seu estudo, apresentaram tendência a aglomeração. E isso pode ocorrer devido a alta higroscopicidade do material, até mesmo no preparo das lâminas, devido a absorção de umidade, o que cria pontes entre as partículas resultando em aglomeração.



(a)

(b)

(c)

Figura 4: Imagens da morfologia da CMS hidrolisada desidratada com 0% (a), 2,5% (b) e 5% (c) de maltodextrina, obtidas através de MEV, Fonte: autora.

Silva et al. (2012) também perceberam pontes líquidas entre as partículas do hidrolisado de mexilhão sem carreador. Kurozawa et al. (2009) estudaram o CMS de frango hidrolisado com 10% de maltodextrina, sugerindo que as depressões observadas sejam formadas pelo encolhimento das partículas na transição do processo de secagem por altas temperaturas e posterior resfriamento, ou devido a lentidão no processo para formação de

filme quando as gotículas são atomizadas, associado ao colapso nos estágios iniciais do processo de secagem.

A formação de partículas lisas pode ocorrer devido ao aumento na taxa de evaporação durante a secagem por *spray dryer* (SARABANDI et al., 2019). Quanto mais partículas esféricas, lisas e planas, menos efeitos adversos serão observados nas propriedades do pó, pois paredes contínuas e sem fissuras são muito importantes para preservação do núcleo (SILVA et al., 2012).

Ao avaliar as imagens de MEV, utilizou-se uma área com 50 partículas de cada amostra (0%, 2,5% e 5% de maltodextrina), de forma aleatória, para verificar o tamanho das partículas, as quais são apresentadas na Figura 5. É possível notar que a maior porcentagem de partículas para ambas concentrações de maltodextrina apresentou tamanhos entre 3 a 5 μm , sendo que com 0% teve o maior percentual (56%). 25% das partículas para todas as concentrações de maltodextrina apresentaram tamanhos de 5 a 7 μm . Para o tamanho entre 0 a 3 μm obteve-se 15% de partículas na concentração 2,5% de maltodextrina e 13% para as amostras de 0% e 5% de maltodextrina. Já, para 7 a 10 μm obteve-se 5%, 3% e 8% de partículas para 0%, 2,5% e 5% de maltodextrina.

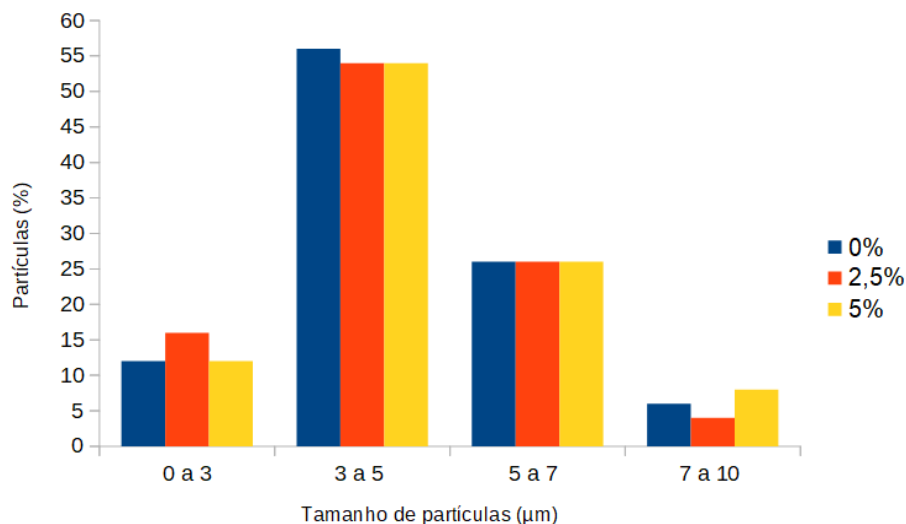


Figura 5: % de partículas em relação ao tamanho para o CMS hidrolisado desidratado com 0, 25 e 5% de maltodextrina. Fonte: autora.

Sarabandi et al. (2019) citam que a morfologia e o tamanho das partículas são muito importantes para futuras aplicações dos peptídeos, pois partículas muito grandes levam a uma sensação oral indesejável, como aspereza, textura ou dureza. Segundo os autores, o tamanho de partícula ideal para aplicações em alimentos é de até 50 μm , entretanto, para uso

farmacêutico em aplicações inaláveis, o ideal é que as partículas fiquem entre 2 e 5 microns. Sendo assim, pode-se concluir que apesar das amostras apresentarem alguns valores acima de 5 µm todas elas podem ser utilizadas para outras aplicações, já que ambas ficam abaixo de 50 µm e mais de 50% de suas partículas estão na faixa de até 5µm.

4.3 Estabilidade de estocagem dos hidrolisados desidratados

A Tabela 4 apresenta os resultados de A_w , cor (L^* , a^* , b^*) e ΔE durante a estocagem de 90 dias para a CMS hidrolisada desidratada com 0%, 2,5% e 5% de maltodextrina.

Tabela 4: Resultados de A_w , cor (L^* , a^* , b^*) e ΔE durante a estocagem de 90 dias para a CMS hidrolisada desidratada com 0%, 2,5% e 5% de maltodextrina.

Análises	Dias	Amostras de hidrolisado de CMS de frango desidratado			
		0%	2,5%	5%	
a_w	1	0,191 ^{aE} ± 0,001	0,137 ^{cD} ± 0,001	0,180 ^{bE} ± 0,002	
	30	0,422 ^{bD} ± 0,001	0,414 ^{cC} ± 0,001	0,464 ^{aD} ± 0,001	
	60	0,506 ^{bC} ± 0,001	0,502 ^{cB} ± 0,002	0,514 ^{aC} ± 0,002	
	75	0,546 ^{aB} ± 0,003	0,506 ^{bB} ± 0,002	0,549 ^{aB} ± 0,003	
	90	0,575 ^{aA} ± 0,002	0,511 ^{bA} ± 0,001	0,576 ^{aA} ± 0,003	
L^*	1	55,51 ^{bA} ± 3,089	57,02 ^{bA} ± 1,703	63,75 ^{aA} ± 0,173	
	30	52,88 ^{cAB} ± 1,481	55,99 ^{bA} ± 0,183	60,63 ^{aB} ± 0,281	
	60	51,50 ^{bBC} ± 0,442	55,10 ^{aAB} ± 1,057	56,51 ^{aC} ± 1,460	
	75	51,36 ^{cC} ± 0,405	54,82 ^{bBC} ± 0,998	56,48 ^{aC} ± 1,143	
	90	49,63 ^{cD} ± 1,182	52,42 ^{bC} ± 1,524	55,44 ^{aC} ± 0,547	
a^*	1	3,58 ^{aA} ± 0,060	2,60 ^{bA} ± 0,040	2,00 ^{cA} ± 0,075	
	30	1,34 ^{cC} ± 0,135	1,91 ^{aB} ± 0,065	1,55 ^{bB} ± 0,045	
	60	1,80 ^{aB} ± 0,231	1,52 ^{bC} ± 0,045	1,24 ^{cC} ± 0,020	
	75	0,98 ^{aD} ± 0,145	1,21 ^{abD} ± 0,159	1,04 ^{bD} ± 0,075	
	90	0,35 ^{bE} ± 0,069	0,81 ^{aD} ± 0,343	0,89 ^{aE} ± 0,010	
Cor	b^*	1	5,40 ^{aD} ± 0,240	1,96 ^{cD} ± 0,020	4,63 ^{bC} ± 0,005
		30	5,40 ^{bD} ± 0,459	4,91 ^{abC} ± 0,339	5,43 ^{bbB} ± 0,020
		60	7,78 ^{aC} ± 0,015	5,58 ^{cB} ± 0,155	5,46 ^{bbB} ± 0,104
		75	8,40 ^{aB} ± 0,529	5,98 ^{bbB} ± 0,586	5,97 ^{bA} ± 0,374
		90	11,08 ^{aA} ± 0,335	6,89 ^{aA} ± 0,387	6,13 ^{bA} ± 0,337
C^*	1	6,48 ^{aC} ± 0,231	3,25 ^{bbB} ± 0,039	5,05 ^{cC} ± 0,034	
	30	5,57 ^{aB} ± 0,225	5,27 ^{cC} ± 0,338	5,65 ^{bbB} ± 0,009	
	60	7,99 ^{bD} ± 0,067	5,78 ^{aA} ± 0,138	5,59 ^{bbB} ± 0,105	
	75	8,46 ^{aB} ± 0,532	6,10 ^{bA} ± 0,552	6,06 ^{bA} ± 0,362	
	90	11,08 ^{aA} ± 0,334	6,94 ^{cAB} ± 0,384	6,20 ^{bA} ± 0,332	
ΔE	1	-	4,30 ^{aD} ± 1,394	8,43 ^{aC} ± 1,264	
	30	-	3,25 ^{bbB} ± 1,370	7,76 ^{bBC} ± 1,753	
	60	-	4,26 ^{bCD} ± 0,971	5,57 ^{aB} ± 0,870	
	75	-	4,35 ^{aBC} ± 0,606	5,67 ^{bD} ± 0,455	
	90	-	5,10 ^{aA} ± 0,358	7,67 ^{bA} ± 1,473	

0%: hidrolisado puro; 2,5%: adição de 2,5% de maltodextrina; 5%: adição de 5% de maltodextrina.

Média ± Desvio seguidos de letras minúsculas/maiúsculas nas linhas/colunas indicam não haver diferença significativa a 95% pelo teste de Tukey.

A atividade de água é uma medida que diz respeito a disponibilidade de água para reações biológicas em um alimento e que embora ela esteja relacionada ao teor de umidade, esta relação é bem complexa, pois depende do tipo de alimento que está sendo trabalhado, mas essa atividade é considerada um fator mais crítico para o crescimento microbiano e não deve ultrapassar valores de 0,650 (ZAMBRANO et al., 2019). Além do mais, mudanças bruscas na A_w podem causar estresse osmótico e provocar a esporulação de microrganismos. Porém, endosporos bacterianos e alguns esporos de fungos possuem alguns requisitos, como valores de A_w ideais para iniciar o crescimento (TAPIA et al., 2020).

Sendo assim, este índice é um indicador muito útil sobre a estabilidade microbiológica dos alimentos, assim como em suas propriedades sensoriais de aroma, sabor e textura, reatividade química e biológica (MANEFFA et al., 2017). A segurança alimentar é uma preocupação global, principalmente em alimentos com baixo teor de umidade, tornando necessário a utilização de tratamento térmico para eliminar patógenos e a evolução da secagem de alimentos com aplicação de ar quente, em um processo contínuo e em lote podem auxiliar na prevenção de patógenos (TAPIA et al., 2020; SYAMALADEVI et al., 2016).

Avaliando os parâmetros obtidos, é possível constatar que apesar das amostras terem sua atividade de água aumentando com o passar dos dias de estocagem, ainda assim ficam dentro da faixa aceitável, ou seja, estão pouco propensas ao crescimento microbiano.

Outros autores avaliaram a atividade de água em alimentos desidratados, como Santos et al. (2019) que trabalhou com desidratados de pele e espinhaço de tilápia e manteve a A_w na faixa de 0,200. Kurozawa et al. (2009) utilizaram de outra metodologia para avaliação da atividade de água: realizaram, também, hidrolisado com Alcalase e subprodutos de frango, comparando concentrações de 0%, 10%, 20% e 30% de maltodextrina, sendo que quanto maior a sua concentração, aumentou também este índice, variando de 0,1 em 0% para 0,7 em 30%.

Os valores de atividade de água que mais se destacaram no presente trabalho foram na concentração de 2,5% de maltodextrina durante o armazenamento, seguida de 0%, a qual mostrou poucas diferenças com a amostra de 5%. Engel et al. (2017) citam que a maltodextrina funciona como um agente de transporte durante a secagem em spray dryer, protege os compostos, melhora o rendimento, reduz a umidade e a higroscopicidade. Dessa forma, avaliando os estudos já citados e os resultados obtidos, é coerente afirmar que o efeito

exercido pela maltodextrina não diz respeito apenas ao seu uso, mas também a concentração utilizada.

A análise da cor é outro índice muito importante na estabilidade dos alimentos, ela é uma propriedade ótica que traduz informações críticas, como por exemplo, a salubridade, maturação e frescor dos produtos (SALUEÑA et al., 2019). Existem vários meios de representar as cores, como o espaço de cores RGB (muito usado na programação, baseia-se nas cores vermelho, verde e azul), o HSV (baseado nos atributos matriz, saturação e brilho) e também o método CIELAB, além de outros (MISUE e KITAJIMA, 2016).

O espaço CIELAB possui coordenadas de cores que estão diretamente relacionadas com a diferença das duas cores percebidas pelas pessoas, é um método uniforme e adequado para lidar com os fenômenos visuais humanos (AZETSU e SUETAKE, 2019). Ele faz a medição de cores de forma tridimensional a partir dos parâmetros L^* , a^* e b^* , já os valores mais neutros, como o cinza, ganha valor igual a zero em ambas escalas (MIOTTI et. al, 2016 e MISUE e KITAJIMA, 2016).

O uso de maltodextrina também se mostrou benéfico quando observa-se a coloração das amostras, visto que o aumento da sua concentração é proporcional a uma maior luminosidade, ligeiro avermelhamento e menor amarelamento (aumento nos valores de L^* , a^* e diminuição de b^* , respectivamente). Com o tempo de estocagem, nota-se alterações nessas coordenadas, com diminuição da luminosidade, marcando um menor avermelhamento e maior amarelamento das partículas (redução dos valores de L^* , a^* e aumento de b^* , respectivamente).

Saenmuang et al. (2020) realizaram um trabalho voltado a extração e caracterização de gelatina de ossos de subprodutos de frango e eles citam que a cor da gelatina depende muito de sua aplicação, mas que de um modo geral cores mais claras são as preferidas devido a maior facilidade de incorporar em outros alimentos sem influenciar na cor. Comparação esta que também pode ser evidenciada nesse estudo, uma vez que o hidrolisado desidratado de CMS de frango pode ser incorporado em outras preparações e que apesar das diferenças entre os dias de estocagem, é possível visualizar uma maior luminosidade conforme maior concentração de maltodextrina, fato este, que pode estar envolvido com a coloração branca do pó de maltodextrina misturado no hidrolisado, causando um clareamento do produto final.

Cavalheiro et al. (2014) realizaram um estudo com hidrolisado de mortadela a partir do CMS e destacaram que o índice de luminosidade (L^*) diminuiu conforme aumentou os

dias de armazenamento, o que pode ter ligação com a oxidação das amostras. Este comportamento também foi marcado por menor vermelhidão associada a oxidação da mioglobina e metamioglobina (queda de a^*) e aumento dos valores de b^* , trazendo um maior amarelamento, associado ao desbotamento das amostras. Esses achados também foram evidenciados nesse estudo, em todas as concentrações analisadas.

As amostras com 0% de maltodextrina apontaram maior saturação, ou menos pureza das cores, o que pode ser evidenciado na leitura de Chroma C, embora com o passar do tempo de estocagem todas as amostras foram ficando mais saturadas. Segundo Justus et al. (2020), a diferença de cores para amostras com e sem o uso de agentes microencapsulantes, como é o caso da maltodextrina, se deve justamente à adição dessas substâncias que contribuem no clareamento do pó obtido e assim reduzem sua saturação. Eles realizaram um estudo com a microencapsulação de Okara, utilizando materiais de parede como maltodextrina ou amido modificado e embora não tenham avaliado a estocagem dos microencapsulados, conseguiram avaliar a amostra controle por 120 dias, a qual demonstrou um aumento de saturação de até 25%, tendência que se aproxima dos resultados em questão.

Dessa forma, o mesmo pode ser justificado em ΔE , pois quanto maior a concentração de maltodextrina, mais essas amostras se afastam das cores a 0% (obtidas como ponto de referência). Salueña et al. (2019) citam que na indústria têxtil, durante a comparação de pares, diferenças de $\Delta E \geq 3$ são consideradas inaceitáveis devido ao ponto crítico de aceitação do consumidor, no entanto, se tratando da oxidação de alimentos, as mudanças de cores podem ser muitas vezes imperceptíveis visualmente e dependem principalmente das características da amostra, sem limites precisos para diferença de cor. Esses achados corroboram com as análises em questão, não sendo possível julgar a aceitação pelo consumidor através do ΔE , visto que a diferença de cores obtidas é devido a concentração de maltodextrina utilizada, trazendo outra tonalidade às amostras e melhorando a sua luminosidade. Esse parâmetro, nesse caso, seria somente para avaliar as mudanças de cores frente a diferentes concentrações de maltodextrina partindo de uma amostra pura (0%).

A Tabela 5 apresenta os resultados de IC_{50} durante a estocagem de 90 dias para a CMS hidrolisada desidratada com 0%, 2,5% e 5% de maltodextrina. No geral, verifica-se uma tendência de aumento de IC_{50} durante o armazenamento, ou seja, quanto mais tempo o produto ficou armazenado menor a atividade antioxidante do mesmo. E, também, quanto maior a concentração de maltodextrina, maior o IC_{50} , ou seja, menor a atividade antioxidante. Isso é

devido a massa de maltodextrina na amostra, pois o hidrolisado com 0% apresentou melhores resultados. Pode-se dizer que até 90 dias, as amostras de concentração 0%, 2,5% e 5% foram reduzindo a atividade antioxidante lentamente, perdendo 51%; 65,2% e 66,2% dessa propriedade se comparada ao dia 1, o que demonstra que aquela com 0% de carreador manteve-se mais estável que as demais.

Tabela 5: Resultados de IC₅₀ durante a estocagem de 90 dias para a CMS hidrolisada desidratada com 0%, 2,5% e 5% de maltodextrina.

Análises Dias	Amostras de hidrolisado de CMS de frango desidratado		
	0%	2,5%	5%
1	2,14, ^{cE} ± 0,002	2,28 ^{bD} ± 0,004	2,69 ^{aE} ± 0,005
30	3,20 ^{cD} ± 0,006	4,71 ^{bC} ± 0,003	5,42 ^{aD} ± 0,001
60	3,41 ^{cC} ± 0,001	4,72 ^{bC} ± 0,001	7,37 ^{aC} ± 0,003
75	3,86 ^{cB} ± 0,002	6,18 ^{bB} ± 0,001	7,40 ^{aB} ± 0,005
90	4,36 ^{cA} ± 0,002	6,56 ^{bA} ± 0,006	7,97 ^{aA} ± 0,002

0%: hidrolisado puro; 2,5%: adição de 2,5% de maltodextrina; 5%: adição de 5% de maltodextrina.

Média ± Desvio seguidos de letras minúsculas/maiúsculas nas linhas/colunas indicam não haver diferença significativa a 95% pelo teste de Tukey.

Sbegen et al. (2020) avaliou a capacidade antioxidante de hidrolisado de CMS desidratado em liofilizador e obteve como IC₅₀ o valor de 4 mg/mL. Já Sun et al. (2012) utilizou o peito de frango e a enzima Papaína para obtenção de hidrolisado, o qual passou por ultrafiltração, resultando em um IC₅₀ de 1,28 mg/mL.

Frente aos resultados analisados, pode-se dizer que o emprego da temperatura de 160°C em *spray dryer* resultou em boa atividade antioxidante por IC₅₀ das amostras, uma vez que os valores foram reduzidos quase pela metade se comparados com o encontrado por Sbegen et al. (2020).

Kurozawa et al. (2011) testaram a secagem de hidrolisado de CMS em várias temperaturas (120 a 200°C) e, para eles, as temperaturas mais altas (acima de 170°C) podem mudar os aminoácidos que compõem os peptídeos, o que melhora também a atividade antioxidante do pó. Outra suposição levantada seria a ativação de alguns produtos da reação de Maillard que podem exibir maior atividade antioxidante. No presente trabalho, não foram avaliadas temperaturas maiores porque em 160°C já obteve-se excelentes propriedades. Sendo assim, temperaturas maiores podem ser testadas a fim de traçar um comparativo, já que é possível verificar resultados promissores oriundos da CMS de frango com a enzima alcalase e o coadjuvante maltodextrina.

Zhang et al. (2019) realizaram hidrolisado com ostras, mensurando atividade antioxidante por IC_{50} com diferentes enzimas e concentrações, sendo uma delas a alcalase. Eles obtiveram valores de IC_{50} que variaram de 5,08 a 9,35 mg/mL e concluíram que os resultados se mostraram bons para aplicação em alimentos, sendo que quanto maior o GH, mais atividade antioxidante era exibida. Esses achados corroboram com os resultados em questão, pois até o dia 30 a maior parte das amostras ficaram abaixo de 5,08, citado como melhor valor de IC_{50} por esses autores, o que confere melhor atividade antioxidante do hidrolisado de CMS. No acompanhamento, até o dia 90, todas as amostras ficaram abaixo de 9,35 mg/mL. Dessa forma, pode-se concluir que apesar do aumento de IC_{50} (redução da atividade antioxidante) com o passar do tempo, as amostras continuaram exibindo bons e aceitáveis resultados.

4.4 Uso de modelos matemáticos para avaliar o IC_{50}

Os valores de IC_{50} em função do tempo, dos hidrolisados em pó com as concentrações de 0%, 2,5% e 5% de maltodextrina, foram ajustados aos modelos de cinética de ordem um (Equação 11: Weibull e Equação 12: Power law), não linearizados, cujos resultados são apresentados na Tabela 6 e Figura 4.

Pode-se observar na Figura 6, que as duas curvas de degradação estudadas (Weibull e Power Law) apresentaram a mesma tendência. Na Tabela 5, observam-se os valores traçados para cada um deles: em Weibull, o parâmetro " C_0 " é a concentração de antioxidantes no tempo inicial, " k " revela o fator de escala, ou seja, a degradação das amostras com o passar do tempo e " m " é o parâmetro de forma. Já no modelo Power Law, " B " é uma constante, característica do sistema de liberação e " n " é um sistema de difusão, característico do sistema de liberação. Em ambos modelos, "RMSE" representa o erro experimental e " R^2 " são os coeficientes estatísticos, os quais demonstraram um bom ajuste dos dados experimentais e a capacidade preditiva dos modelos ($R^2 > 96,714$).

Tabela 6: Comparativo da atividade antioxidante (IC_{50}) entre os modelos matemáticos de Weibull e Power Law, nos 90 dias de estocagem, com diferentes concentrações de maltodextrina.

Modelo	Parâmetros	Concentração de maltodextrina		
		0%	2,5%	5%
<i>Weibull</i>	C_0	0,054	0,113	0,062
	k	3,614	2,931	3,722
	m	0,039	0,069	0,058
	R^2	97,74	96,98	98,49
	$RMSE$	0,236	0,434	0,391
<i>Power law</i>	B	2,018	2,105	2,532
	n	0,150	0,238	0,251
	R^2	97,57	96,71	98,39
	$RMSE$	0,245	0,454	0,403

Dessa forma, pode ser observado que a amostra com 2,5% de maltodextrina é a que degrada em menor velocidade com o passar do tempo, no modelo de Weibull ($K = 2,931$), mas ao mesmo tempo é a que possui maior taxa de erro e menor coeficiente estatístico ($R^2 = 96,98$), se comparada as outras concentrações. Em ambos modelos, as amostras que mais parecem se ajustar ao coeficiente estatístico são as de concentração de 5%, seguidas de 0% e, por último, 2,5%, sendo as de 0% com menor erro. Analisando todas as concentrações frente aos dois modelos estudados, verifica-se que ambas mostram menor erro em Weibull, então pode-se dizer que este é o modelo que mais se ajusta aos resultados obtidos de IC_{50} . Ainda assim, é possível verificar que os antioxidantes desidratados a 160°C , em matriz de 0%, 2,5% e 5% de maltodextrina preservaram os parâmetros analisados.

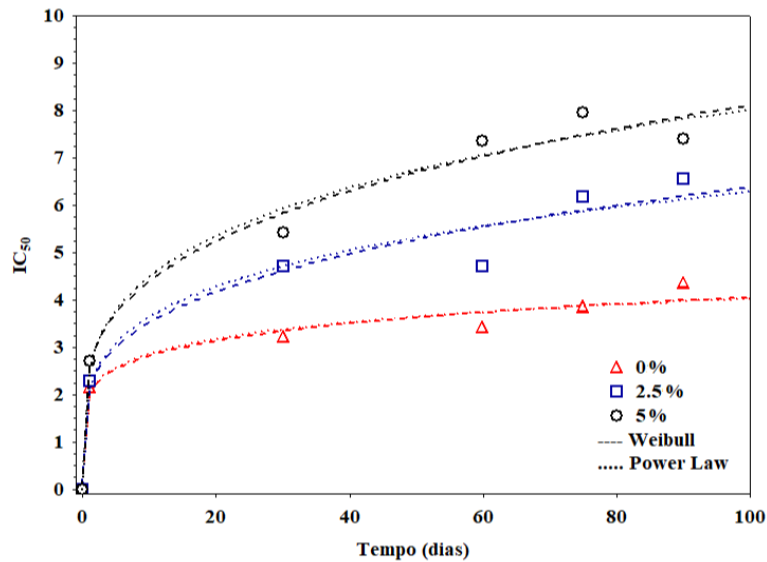


Figura 6: Gráfico comparativo da atividade antioxidante (IC_{50}) entre os modelos matemáticos de Weibull e Power Law nos 90 dias de estocagem. Fonte: autora.

Nota-se que as amostras analisadas apresentaram comportamentos semelhantes ao serem inseridas no gráfico, condizentes com a Tabela 6 e ajustando-se perfeitamente aos dois modelos estudados, apesar de Weibull ter demonstrado maior eficiência por apresentar menor erro entre as concentrações estudadas.

Esses achados corroboram com os estudos de Estevez-Areco et al. (2018) que avaliaram a taxa de liberação de polifenóis de alecrim através dos modelos de Fick, Power Law e Weibull, concluindo que os dois últimos forneceram resultados semelhantes. Natolino e Porto (2020) que também aplicaram a modelagem cinética, mas para avaliar os polifenóis e componentes da pele e sementes do bagaço de uva, observaram quem os modelos que mais reduziram o coeficiente de erro e aumentaram o de R^2 , seguiram a seguinte ordem: Modelo Parabólico, Equação de Weibull, Elovich, Power Law e modelos de segunda ordem. Kong et al. (2007) avaliaram as mudanças na qualidade do salmão durante o processamento térmico, com ênfase nas análises de cor, e concluíram que tanto o modelo de Weibull, quanto os de Arrhenius e Power Law modificados, forneceram informações adequadas no que diz respeito à degradação da tiamina e a dependência da temperatura, sugerindo que esses modelos sejam mais estudados, principalmente se combinados à cinética de inativação microbiana para desenvolver bons parâmetros de qualidade e armazenamento de alimentos.

5 CONCLUSÃO

A amostra de hidrolisado de CMS de frango desidratado com 0% de maltodextrina apresentou as melhores propriedades bioativas, demonstrando potencial para aplicabilidade na indústria de alimentos, porém a de 2,5% se sobressaiu em diversos aspectos tecnológicos, sendo melhor que a concentração de 5%. Se a aplicabilidade desejada necessitar de uma maior viscosidade de amostra, a de 2,5% pode ser recomendada, já que esse é um fator observado visivelmente após adição de maltodextrina, além disso possuindo capacidade de retenção de água e óleo, atividade emulsificante e antioxidante (IC50).

Outra evidência é a maltodextrina como um bom material de parede através da análise dos ensaios realizados nas concentrações de 2,5% e 5%, frente as avaliações de Capacidade de Retenção de Água, Capacidade de Retenção de Óleo, Umidade, Propriedades Emulsificantes, Atividade de Água, Cor e Atividade Antioxidante, demonstrando, também, que a quantidade de maltodextrina utilizada, é proporcional ao aumento do rendimento pós secagem.

A quantidade de maltodextrina utilizada é tão importante quanto a intenção de seu uso e os cuidados com os parâmetros utilizados na hidrólise, concluindo que a massa do coadjuvante em altas concentrações pode atrapalhar as propriedades dos peptídeos e gerar gastos desnecessários. Esse fato tem maior evidência quando analisa-se a atividade antimicrobiana, a qual demonstrou inibição contra todas as bactérias, em 200 mg/mL, na concentração de 0%, parcial inibição em 2,5% e sem resultados em 5% de maltodextrina. A CBM também não revelou sucesso, indicando ser necessário maiores concentrações de amostra para melhorar a atividade.

Foi possível conhecer o estado e o tamanho das partículas através das análises de MEV, revelando grande parte de esferas lisas e planas, algumas enrugadas e ocas numa minoria, também com discreto aglomerado de partículas, fatos que podem ocorrer pelos efeitos do ar quente e resfriamento na secagem, ou até mesmo pela umidade ambiental. Os tamanhos de partícula corroboram com os demais achados, mostrando que ambas amostras podem ser utilizadas para diversas aplicações na indústria, pelo fato de possuírem partículas $\leq 10 \mu\text{m}$, chamando atenção mais uma vez para concentração de 2,5% de maltodextrina, a qual se destacou pelas esferas lisas, planas e de menor tamanho.

Conforme o tempo de estocagem foi avançando, percebeu-se pouca alteração na coloração dos ensaios, desde o dia 1 até o 90, percebeu-se que quanto maior a massa de

maltodextrina, maior sua luminosidade, as quais foram perdendo força (diminuição de L^*), diminuindo os níveis de avermelhamento (redução de a^*) e ficando mais amareladas (aumento de b^*). Dessa forma, também aumentou o nível de saturação das cores (aumento de C^*) e as amostras com 5% se mostraram mais distantes do ponto referencial (0%).

A atividade de água aumentou com o passar dos dias, mas, ainda assim, todas as análises ficaram abaixo de 0,650, mostrando-se pouco propensas ao crescimento microbiano, durante os 90 dias de armazenamento, constatando uma menor A_w em 2,5% de maltodextrina.

Através da estocagem também foi possível conferir a atividade antioxidante por IC_{50} , observando que os resultados no primeiro dia estavam bem próximos entre as diferentes concentrações, e com o passar do tempo ocorreu aumento acentuado dos valores de IC_{50} na concentração de 5%, desde o dia 1, já para 2,5% houve aumento moderado, sendo este comportamento mais nitidamente após os 60 dias de armazenamento, revelando que a massa de maltodextrina pode ter influenciado nos valores de IC_{50} , uma vez que os maiores valores foram observados na amostra com 5% de maltodextrina. Na análise dos valores de IC_{50} , em função do tempo, com os modelos de cinética de ordem, o modelo de Weibull foi o que melhor se ajustou aos valores IC_{50} .

6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A partir das observações realizadas no presente estudo, é possível fazer algumas sugestões para que trabalhos futuros sejam delineados:

- Repetir a hidrólise enzimática e aplicar a ultrafiltração por membranas de diferentes tamanhos para realização das análises aqui realizadas (principalmente se tratando das propriedades bioativas).

- Testar o emprego de maiores temperaturas, pressão e vazão em *spray drying*, avaliando o estado das partículas antes de aplicá-las em outras análises.

- Avaliar menores concentrações de maltodextrina, como 1,5% e 2% na busca por melhores propriedades bioativas para avaliação digestiva, visando a aplicabilidade na indústria farmacêutica e alimentar, buscando manter certa viscosidade para a utilização em sondas.

- Comparar os resultados com diferentes concentrações de Goma Arábica como carreador.

- Avaliar outras propriedades funcionais, como a eletroforese e a solubilidade em diferentes pHs, o que gera uma resposta para aplicabilidade futura em diferentes misturas.

- Avaliar aminoácidos nos hidrolisados com 0% e 2,5 %.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDEL-HAMID, M.; GODA, H. A.; GOBBA, C. DE; JENSSEN, H.; OSMAN, A. - **Antibacterial activity of papain hydrolysed camel whey and its fractions.** International Dairy Journal, v. 61, p. 91-98 (2016). Doi: 10.1016/j.idairyj.2016.04.004.
- ALMEIDA, T. C.; SILVA, V. A.; FERERIRA, H. S. - **Effect of the carrier agent on the obtaining and characterization of orange juice (citrus sinensis) by atomization.** Research, Society and Development, v. 10, n. 2 (2021). Doi: 10.33448/rsd-v10i2.12739.
- AOAC- Official Methods Od Analysis. Association of Official Analytical Chemistry, 18 ed, v. 12, USA, 2005.
- APAK, R.; CAPANOGLU, E.; SHAHIDI, F. - **Measurement of Antioxidant Activity & Capacity: Recent Trends and Applications.** John Wiley & Sons Ltd, 1º ed, 333 p., (2018). Doi: 10.1002/9781119135388.
- AZEREDO, H. M. C. - Encapsulação: aplicação à tecnologia de alimentos. **Embrapa Agroindústria Tropical – Alim. Nutr.**, v. 16, n. 1, p. 89 – 97 (2005). Disponível em: <<http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/viewFile/106/119>> Acesso em: 05/01/2022.
- AZETSU, T.; SUETAKE, N. - **Hue-preserving image enhancement in CIELAB color space considering color gamut.** Springer, v. 26, p. 283 – 294, (2019). Doi: 10.1007/s10043-019-00499-2.
- AZIZ, M. G.; YUSOF, C. B.; SAIFULLAH, M.; FARAHNAKY, A.; SCHEILING, G. - **Material Properties and Tableting of Fruit Powders.** Food Engineering Reviews, v. 10, p. 66 – 80, (2018). Doi: 10.1007/s12393-018-9175-0.
- BALLEN, S. C.; RIGO, D.; PALIGA, M.; PUTON, B. M. S.; CANSIAN, R. L.; PAROUL, N. - **Determinação do potencial antioxidante (DPPH) e antimicrobiano de extratos vegetais e óleo essencial de louro (*Laurus nobilis*).** Revista Perspectiva, v. 43, n. 163, p. 61 – 70, (2019).BHAT, Z. F.; KUMAR, S.; BHAT, H. F. - **Bioactive peptides of animal origin: a review.** Journal Food Science Technology, v. 52, n. 9, p. 5377 – 5392. Doi: 10.1007/s13197-015-1731-5.
- BINOD, P.; PAPAMICHAEL, E.; VARJANI, S.; SINDHU, R. - **Introduction to Green Bioprocesses: Industrial Enzymes for Food Applications.** Springer Nature Singapore Pte Ltd., capítulo 1, (2019). Doi: 10.1007/978-981-13-3263-0_1.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Carne Mecanicamente Separada (CMS) de Aves, Bovinos e Suínos. **Instrução Normativa nº 4.** Brasília, 2000. Disponível em: <https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/instrucao-normativa-sda-4-de-31-03-2000,662.html>. Acesso em: 08/01/2022.
- CALISKAN, G.; DIRIM, S. N. - **The effect of different drying processes and the amounts of maltodextrin addition on the powder properties of sumac extract powders.** Powder Technology, v. 287, p. 308 – 314, (2016). Doi: 10.1016/j.powtec.2015.10.019.
- CAVALHEIRO, C. P.; LUDKE, F. L.; STEFANELLO, F. S.; KUBOTA, E. H.; TERRA, N. N.; FRIES, L. L. M. - **Replacement of mechanically deboned chicken meat with its protein hydrolysate in mortadella-type sausages.** Food Science and Technology, v. 34, n. 3 (2014). Doi: 10.1590/1678-457x.6370.
- EGIELKA, A.; HAC-SZYMANCZUK, E.; PIWOWAREK, K.; DASIEWICZ, K.; SLOWINSKI, M.; WRONSKA, K. - **The use of bioactive properties of sage preparations to improve the storage stability of low-pressure mechanically separated**

- meat from chickens.** Department of Food Technology, Faculty of Food Sciences, Warsaw University of Life Sciences, 2019, p. 5045 – 5043. Doi: 10.3382/ps/pez242.
- CENTENARO, G. S.; MELLO, M. S.; PRENTICE-HERNÁNDEZ, C. - **Antioxidant Activity of Protein Hydrolysates of Fish and Chicken Bones.** Advance Journal of Food Science and Technology, v. 3, n. 4, p. 280 – 288, (2011). Disponível em: <<https://maxwellsci.com/print/ajfst/v3-279-287.pdf>> Acesso em: 10/11/2021.
- CELESTINO, S. M. C. - Princípios de secagem de alimentos – **Embrapa Cerrados**, 51 p. (2010). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/883845>> Acesso em: 18/10/2021.
- CHAKKA, A. K.; ELIAS, M.; JINI, R.; SAKHARE, P. Z.; BHASKAR, N. - **In vitro antioxidant and antibacterial properties of fermentatively and enzymatically prepared chicken liver protein hydrolysates.** Journal Food Science Technology, v. 52, n. 12, p. 8059 – 8067, (2015). Doi: 10.1007/s13197-015-1920-2.
- CHANG-FENG, C.; FA-YUAN, H.; BIN, W.; ZHONG-RUI, L.; HONG-YU, L. - **Influence of Amino Acid Compositions and Peptide Profiles on Antioxidant Capacities of Two Protein Hydrolysates from Skipjack Tuna (*Katsuwonus pelamis*) Dark Muscle.** Marine Drugs, v. 13, n. 5, p. 2580-2601 (2015). Doi: 10.3390/md13052580.
- CORRÊA, J. A. F.; UDENIGWE, C.; LUCIANO, F. B. - **Avaliação in vitro de atividade antimicrobiana de peptídeos anfipáticos derivados de proteínas do soro de leite.** Revista Acadêmica Ciência Animal, v. 16 (2018). Doi: 10.7213/1981-4178.2018.16013.
- DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. - Estrutura da proteína: **Química de Alimentos de Fennema** (4ª ed.), p. 187 – 196, (2010).
- DENTON, M.; KERR, K. G. - **Microbiological and Clinical Aspects of Infection Associated with *Stenotrophomonas maltophilia*.** Clinical Microbiology Reviews, v. 11, n. 1, p. 57 - 80 (1998). Doi: 10.1128/CMR.11.1.57.
- ENGEL, B; BACCAR, N. de M.; MARQUARDT, L.; ROHLFES, A. L. B. - **Emprego de Spray Dryer na indústria de alimentos: Uma breve revisão.** Revista Jovens Pesquisadores, v.7, n. 2, p. 02-11 (2017). Doi: 10.17058/rjp.v7i2.9824.
- ESTEVEZ-ARECO, S.; GUZ, L.; CANDAL, R.; GOYANES, S. - **Release kinetics of rosemary (*Rosmarinus officinalis*) polyphenols from polyvinyl alcohol (PVA) electrospun nanofibers in several food simulants.** Food Packaging and Shelf Life, v. 18, p. 42 – 50, (2018). Doi: 10.1016/j.fpsl.2018.08.006.
- FANG, Z.; BHANDARI, B. - **Spray drying, freeze drying and related processes for food ingredient and nutraceutical encapsulation.** N. Garti and D.J. McClements (ed), Encapsulation technologies and delivery systems for food ingredients and nutraceuticals. Woodhead Publishing Limited, p. 73-109, (2012). Doi: 10.1016/B978-0-85709-124-6.50004-4.
- FREITAS, E. DE F. M.; LOPES, L. DE L.; ALVES, S. M. DE F.; CAMPOS, A. J. - **Efeito da maltodextrina no sumo da polpa de abacaxi “Pérola” atomizado.** Revista de Ciências Agrárias, v. 42, n. 1, p. 275-282, (2019). Doi: 10.19084/RCA18056.
- GEORGANAS, A.; GIAMOURI, E.; PAPPAS, A. C.; PAPADOMICHELAKIS, G., GALLIOU, F.; MANIOS, T.; TSIPLAKOU, E.; FEGEROS, K; ZERVAS, G. - **Compostos bioativos em resíduos de alimentos: uma revisão sobre a transformação de resíduos alimentares em ração animal.** Foods v. 9, n. 291, p. 1-18 (2020). Doi: 10.3390/foods9030291.
- HELKAR, P. B.; SAHOO, A.; PATIL, N. J. - **Review: Food Industry By-Products used as a Functional Food Ingredients.** International Journal of Waste Resources, v. 6, n. 3, (2016). Doi: 10.4172/2252-5211.1000248.

- JUSTUS, A.; BENASSI, M. de T.; IDA, E. L.; KUROZAWA, L. E. - **Estabilidade física e química de hidrolisados proteicos de okara microencapsulados por spray drying.** Brazilian Journal of Food Technology, v. 23, p. 1-14, (2020). Doi: 10.1590/1981-6723.13519.
- KARAMI, Z.; AKBARI-ADERGANI, B. - **Bioactive food derived peptides: a review on correlation between structure of bioactive peptides and their functional properties.** Journal Food Science Technology, v. 56, n. 2, p. 535 – 547, (2019). Doi: 10.1007/s13197-018-3549-4.
- KEMPKA, A. P.; DINON, A. Z.; BATTISTELLA, H. F.; HEIZEN, V. D.; PRESTES, R. C. - **Determinação das propriedades funcionais de carne mecanicamente separada (CMS) de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) antes e após o processo de hidrólise enzimática.** XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química (COBEQ – CMS), v. 1, n. 2, (2014). Doi: 10.5151/chemeng-cobeq2014-1645-18245-177449.
- KESKA, P.; WÓJCIAK, K. M.; STADNIK, J. - **Bioactive peptides from beef products fermented by acid whey – in vitro and in silico study.** Food Science and Technology Scientia Agricola, v. 76, n. 4, p. 311 – 320 (2019). Doi: 10.1590/1678-992X-2018-0114.
- KONG, F.; TANG, J.; RASCO, B.; CRAPO, C. - **Kinetics of salmon quality changes during thermal processing.** Journal of Food Engineering, v. 83, p. 510 – 520, (2007). Doi: 10.1016/j.jfoodeng.2007.04.002.
- KRISTINSSON H.G., RASCO B.A. - **Biochemical and Functional Properties of Atlantic Salmon (*Salmosalar*) Muscle Proteins Hydrolyzed with Various Alkaline Proteases.** Agric. Food Chem., v. 48, n. 3, p. 657-666 (2000). Doi: 10.1021/jf990447v.
- KUROZAWA, L. E.; PARK, K. J.; HUBINGER, M. D. - **Effect of maltodextrin and gum arabic on water sorption and glass transition temperature of spray dried chicken meat hydrolysate protein.** Journal of Food Engineering, v. 91, p. 287 – 296, (2009). Doi: 10.1016/j.jfoodeng.2008.09.006.
- KUROZAWA, L. E.; PARK, K. J.; HUBINGER, M. D. - **Spray Drying of Chicken Meat Protein Hydrolysate: Influence of Process Conditions on Powder Property and Dryer Performance.** Drying Technology, v. 29, n. 2, p. 163–173 (2011). Doi: 10.1080/07373937.2010.482711.
- LAPEÑA, D.; VUORISTO, K. S.; KOSA, G. HORN, S. J.; EIJSINK, V. G. H. - **Comparative Assessment of Enzymatic Hydrolysis for Valorization of Different Protein-Rich Industrial Byproducts.** Journal of Agriculture and Food Chemistry, v. 66, p. 9738 – 9749, (2018). Doi: 10.1021/acs.jafc.8b02444.
- LORENZO, J.M., MUNEKATA, P.E.S., GÓMEZ, B., BARBA, F.J., MORA, L., PÉREZ - SANTAESCOLÁSTICA, C., TOLDRÁ, F. - **Bioactive peptides as natural antioxidants in food products – A review.** Trends in Food Science & Technology, v. 79, p. 136 – 147, (2018). Doi: 10.1016/j.tifs.2018.07.003.
- MANEFA, A. J.; STENNER, R.; MATHARU, A. S.; CLARK, J. H.; MATUBAYASI, N.; SHIMIZU, S. - **Water activity in liquid food systems: A molecular scale interpretation.** Food Chemistry, v. 15, n. 237, p. 1133 – 1138, (2017). Doi: 10.1016/j.foodchem.2017.06.046.
- MIOTTI, L. L.; SANTOS, I. S.; NICOLOSO, G. F.; POZZOBON, R. T.; SUSIN, A. H.; DURAND, L. B. - **The Use of Resin Composite Layering Technique to Mask Discolored Background: A CIELAB/CIEDE2000 Analysis.** Operative Dentistry, v. 42, n. 2, p. 165 – 174, (2017). Doi: 10.2341/15-368-L.
- MIRZADEH, M.; ARIANEJAD, M. R.; KHEDMAT, L. - **Antioxidant, antiradical, and antimicrobial activities of polysaccharides obtained by microwave-assisted extraction**

- method: A review.** Elsevier - Carbohydrate Polymers, v. 229, (2020). Doi: 10.1016/j.carbpol.2019.115421.
- MISUE, K.; KITAJIMA, H. - **Design Tool of Color Schemes on the CIELAB Space.** 20th International Conference Information Visualisation, p. 33 – 38, (2016). Doi: 10.1109/IV.2016.24.
- MORAES, K. DE; RUIZ, W. A.; PINTO, L. A. DE A.; OLIVEIRA, C. F. DE; ZANFONATO, K. - **Capacidade de retenção de água e óleo do músculo de anchoita (Engraulis anchoita) modificado enzimaticamente.** XV Congresso de Iniciação Científica, VIII Encontro de Pós-Graduação (XV CIC; VIII ENPOS), (2011). Disponível em: <<http://repositorio.furg.br/bitstream/handle/1/6067/kelly+de+moraes+-+secagem+de+anchoita+engraulis+anchoita+nas+formas+de+fil+e+pasta+modificada+enzimaticamente+propriedades+termodinmicas+e+caractersticas+do+produto.pdf?sequence=1>> Acesso em: 10/12/2021.
- NATOLINO, A.; PORTO, C. DA. - **Kinetic models for conventional and ultrasound assistant extraction of polyphenols from defatted fresh and distilled grape marc and its main components skins and seeds.** Chemical Engineering Research and Design, v. 156, p. 1 – 12, (2020). Doi: 10.1016/j.cherd.2020.01.009.
- NDIRITU, A. K.; KINYURU, J. N.; KENJI, G. M.; GICHUHI, P. N. - **Extraction technique influences the physico-chemical characteristics and functional properties of edible crickets (Acheta domesticus) protein concentrate.** Springer Science+Business Media, v. 11, p. 2013-2021, (2017). Doi: 10.1007/s11694-017-9584-4.
- OKEZIE, B. O.; BELLO, A. B. - **Physicochemical and Functional Properties of Winged Bean Flour and Isolate Compared with Soy Isolate.** Journal of food Science. v. 53. n. 2, (1988). Doi: 10.1111/j.1365-2621.1988.tb07728.x.
- OLIVEIRA, A. B. A. DE; PAULA, C. M. D. DE; CAPALONGA, R.; CARDOSO, M. R. DE I.; TONDO, E. C. - **Doenças Transmitidas por Alimentos, principais agentes etiológicos e aspectos gerais: uma revisão.** Revista Hospital de Clínicas de Porto Alegre, v. 30, n. 3, p. 279 – 285, (2010). ISSN: 2357-9730. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/hcpa/article/view/16422/9805>> Acesso em: 15/12/2021.
- OLIVEIRA, A. V. B. DE; SILVA, R. A. DA; ARAÚJO, A. DOS S.; BRANDÃO, P. A.; SILVA, F. B. DA – **Padrões Microbiológicos da Carne de Frango de Corte – Referencial Teórico.** Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 6, n. 3, p. 01 – 16, (2011). Disponível em: <<https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/705>> Acesso em: 02/12/2021.
- OLIVEIRA, M. S. R.; FRANZEN, F. DE L.; TERRA, N. N.; KUBOTA, E. H. - **Utilização de enzimas proteolíticas para produção de hidrolisados proteicos a partir de carcaças de frango desossadas manualmente.** Brazilian Journal Food Technology, v. 18, n. 3, p. 199-210, (2015). Doi: 10.1590/1981-6723.4414.
- OLIVEIRA, M. S. R.; FRANZEN, F. L.; TERRA, N. N. - **Utilização da carne mecanicamente separada de frango para a produção de hidrolisados proteicos a partir de diferentes enzimas proteolíticas.** Semina: Ciências Agrárias, v. 35, n. 1, p. 291-302, (2014). Doi: 10.1590/1981-6723.4414.
- OLIVEIRA, M. S. R.; TERRA, N.; FRANZEN, F.; KUBOTA, E. H. - **Propriedades funcionais dos hidrolisados obtidos de carne mecanicamente separada (CMS) de frango com diferentes enzimas proteolíticas.** Latin American Symposium of Food Science: Food science and its impact on a changing world (pôster), (2017).

- OLIVEIRA, O. W.; PETROVICK, P. R. - **Secagem por aspersão (spray drying) de extratos vegetais: bases e aplicações.** Revista Brasileira de Farmacognosia Brazilian Journal of Pharmacognosy, v. 20, n. 4, p. 641-650 (2010). Doi: 10.1590/S0102-695X2010000400026.
- OSMAN, A.; GODA, H. A.; ABDEL-HAMID, M.; BADRAN, S. M.; OTTE, J. - **Antibacterial peptides generated by Alcalase hydrolysis of goat whey.** Food Science and Technology, v. 60, p. 480 – 486, (2016). Doi: 10.1016/j.lwt.2015.08.043.
- OYINLOYE, T. M.; YOON, W. B. - **Effect of Freeze-Drying on Quality and Grinding Process of Food Produce: A Review.** Processes, v. 8, n. 3, (2020). Doi: 10.3390/pr8030354.
- PEIGHAMBARDUST, S. H.; KARAMI, Z.; PATEIRO, M.; LORENZO, J. M. - **A Review on Health-Promoting, Biological, and Functional Aspects of Bioactive Peptides in Food Applications.** Biomolecules, v. 11, n. 631 (2021). Doi: 10.3390/biom11050631.
- QUINTO, E. J.; CARO, I.; VILLALOBOS-DELGADO, L. H.; MATEO, J.; DE-MATEO-SILLERAS, B.; REDONDO-DEL-RIO, M. P. - **Food Safety through Natural Antimicrobials.** Journals Antibiotics, v. 8, n. 208, 30p. (2019). Doi: 10.3390/antibiotics8040208.
- RAVEENDRAN, S.; PARAMESWARAN, B.; UMMALYMAL, S. B.; ABRAHAM, A.; MATHEW, A. K.; MADHAVAN, A.; REBELLO, S.; PADEY, A. - **Applications of Microbial Enzymes in Food Industry.** Food technology and biotechnology, v. 56, n. 1 (2018). Doi: 10.17113/ftb.56.01.18.5491.
- ROSSI, D. M. - Utilização de carne mecanicamente separada de frango para produção de um hidrolisado protéico a partir de enzimas microbianas. **Revista de Nutrição**, v. 22, n. 6, p. 879 – 885, (2009). Doi: 10.1590/S1415-52732009000600009.
- RUTHERFURD, S. M. - **Methodology for Determining Degree of Hydrolysis of Proteins in Hydrolysates: A Review.** Journal of AOAC International, v. 93, n. 5, p. 1515-1522 (2010). Doi: 10.1093/jaoac/93.5.1515.
- SALUEÑA, B. H.; GAMASA, C. S.; RUBIAL, J. M. D.; ODRIÓZOLA, C. A. - **CIELAB color paths during meat shelf life.** Meat Science, v. 157, (2019). Doi: 10.1016/j.meatsci.2019.107889.
- SÁNCHEZ, A.; VÁZQUEZ, A. - **Bioactive peptides: A review.** Food Quality and Safety, v. 1, p. 29 – 46 (2017). Doi: 10.1093/fqs/fyx006.
- SAENMUANG, S.; PHOTHISSET, S.; CHUMNANKA, C. - **Extraction and characterization of gelatin from black-bone chicken by-products.** Food Science Biotechnology, v. 29, n. 4, p. 469 – 478, (2020). Doi: 10.1007/s10068-019-00696-4.
- SANTOS, F. V. DOS; CORADINI, M. F.; JUNIOR, F. C. A.; YAJIMA, E. M.; PARISI, G.; SOUZA, M. L. R. DE - **Produção de colágeno em pó a partir da pele e do espinhaço de tilápia do nilo.** XI EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica, (2019). Disponível em: <<https://rdu.unicesumar.edu.br/bitstream/123456789/3372/1/FABR%C3%8DCIO%20VIEIRA%20DOS%20SANTOS.pdf>> Acesso em: 10/12/2021.
- SARABANDI, K.; GHAREHBEGLOU, P.; JAFARI, S. M. - **Spray-drying encapsulation of protein hydrolysates and bioactive peptides: Opportunities and challenges.** Drying Technology, v. 38, n. 5-6, p. 577-595, (2019). Doi: 10.1080/07373937.2019.1689399.
- SBEGHEN, A. L.; FERNANDES, I. A.; STEFFENS, C.; VALDUGA, E.; BRIÃO, V. B.; ZENI, J.; STEFFENS, J. - **Optimization of enzymatic hydrolysis process of mechanically separated chicken meat.** Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 6, n. 9, p. 67026-67037, (2020). Doi: 10.34117/bjdv6n9-223.
- SCHMIDT, M. M.; FONTOURA, A. M.; VIDAL, A. R.; DORNELLES, R. C. P.; KUBOTA, E. H.; MELLO, R. O.; CANSIAN, R. L.; DEMIATE, I. M.; OLIVEIRA, C. S. -

- Characterization of hydrolysates of collagen from mechanically separated chicken meat residue.** Food Sci. Technol, v. 40, n. 1, (2020). Doi: 10.1590/fst.14819.
- SILVA, J. A. M. DA; CUNHA, M. B.; JUSTO, D. DE A.; NUNES, O. L. G. S.; COTTICA, S. M.; TIUMAN, T. S. J. - **Antioxidant and antimicrobial activities in bullfrog skin hydrolysate.** FAG Journal of Health, v. 2, p. 153-160 (2021). Doi: 10.35984/fjh.v3i2.335.
- SILVA, L. A da; RAPOSO, J. D. A.; CAMPOS, L. P. G.; CONCEIÇÃO, E. C. Da; OLIVEIRA, R. B. De; MOURÃO, R. H. V. - **Atividade antioxidante do óleo essencial de Myrcia sylvatica (G. Mey.) DC. por diferentes métodos de análises antioxidantes (ABTS, DPPH, FRAP, β caroteno/ácido linoleico).** Revista Fitos, v. 12, n. 2. p. 117-126, (2018). Doi: 10.5935/2446-4775.20180011.
- SILVA, V. G. DA; CASTRO, R. J. S. DE - **Enzymatic Hydrolysis of Proteins from Chicken Viscera in the Presence of an Ionic Liquid Enhanced Their Antioxidant Properties.** Waste and Biomass Valorization, v. 11, p. 3183 – 3193, (2019). Doi: 10.1007/s12649-019-00693-y.
- SILVA, V. M.; KUROZAWA, L. E.; PARK, K. J.; HUBINGER, M. D. - **Influence of Carrier Agents on the Physicochemical Properties of Mussel Protein Hydrolysate Powder.** Drying Technology An International Journal, v. 30, n. 6, p. 653-663 (2012). Doi: 10.1080/07373937.2012.657727.
- SINGH, S.; DIXIT, D. - **A review on spray drying: emerging technology in food industry.** International Journal of Applied Engineering and Technology, v. 4, n. 1 (2014). ISSN: 2277-212X. Disponível em: <<https://www.cibtech.org/J-ENGINEERING-TECHNOLOGY/PUBLICATIONS/2014/Vol-4-No-1/JET-01-001-%20SAMATHA-A-%20INDUSTRY.pdf>> Acesso em 03/12/2021.
- SOSNIK, A.; SEREMETA, K. T. - **Advantages and challenges of the spray-drying technology for the production of pure drug particles and drug-loaded polymeric carrier.** Advances in Colloid and Interface Scienc (2015). Doi: 10.1016/j.cis.2015.05.003.
- SOUZA, P. M. de; BITTENCOURT, M. L. de A.; CAPRARA, C. C.; FREITAS, M. de; ALMEIDA, R. P. C. De; SILVEIRA, D.; FONSECA, Y. M.; FILHO, E. X. F.; JUNIOR, A. P.; MAGALHÃES, P. O. - **A biotechnology perspective of fungal proteases.** Brazilian Journal of Microbiology v. 46, n. 2, p. 337-346 (2015). Doi: 10.1590/S1517-838246220140359.
- SYAMALADEVI, R. M.; TANG, J.; VILLA-ROJAS, R.; SABLANI, S.; CARTER, B.; CAMPBELL, G. - **Influence of Water Activity on Thermal Resistance of Microorganisms in Low-Moisture Foods: A Review.** Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, v. 15, n. 2, p. 353 – 370, (2016). Doi: 10.1111/1541-4337.12190.
- TACIAS-PASCACIO, V. G.; MORELLON-STERLING, R.; SIAR, E. H.; TAVANO, O.; BERENGUER-MURCIA, Á; FERNANDEZ-LAFUENTE, R. - **Use of Alcalase in the production of bioactive peptides: A review.** International Journal of Biological Macromolecules, Elsevier, (2020). Doi: 10.1016/j.ijbiomac.2020.10.060.
- TAPIA, M. S.; ALZAMORA, S. M.; CHIRIFE, J. - **Effects of Water Activity (aw) o Microbial Stability as a Hurdle in Food Preservation. Water Activity in Foods: Fundamentals and Applications**, 2º ed., 615 p., (2020). Doi: 10.1002/9781118765982.
- TASIC A.; KURELJUSIĆ, J.; NESIĆ. K.; ROKVIĆ, N.; VIĆENTIJEVIĆ, M.; RADOVIĆ, M.; PISINOV, B. - **Determination of calcium content in mechanically separated meat.** IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, v. 85, (2017). Doi: 10.1088/1755-1315/85/1/012056.

- TREMEA, F. T.; SILVA, A. C. - O setor avícola no Brasil e sua distribuição regional. **Economia & Região**, v.8, n.1, p.183-200, (2020). Doi: 10.5433/2317-627X.2020v8n1p183.
- UI-HAMID, A. - A Beginners's Guide to scanning electron microscopy. **Springer Nature Switzerland**, 421 p., (2018). Doi: 10.1007/978-3-319-98482-7.
- ULUG, S. K.; JAHANDIDEH, F.; WU, J. - **Novel technologies for the production of bioactive peptides**. Trends in Food Science & Technology 108 (2021) 27-39. Doi: 10.1016/j.tifs.2020.12.002.
- VIKMAN, M.; SIIPOLA, V.; KANERVA, H.; Šližyte, R.; WIKBERG, H. - **Poultry by products as a potential source of nutrients**. Advances in Recycling & Waste Management, v. 2, n. 3, p. 142, (2017). Doi: 10.4172/2475-7675.1000142.
- VIOQUE, J.; SÁNCHEZ-VIOQUE, R.; CLEMENTE, A.; PEDROCHE, J.; MILLÁN, F. - **Partially Hydrolyzed Rapeseed Protein Isolates with Improved Functional Properties**. Instituto de la Grasa, 41012-Sevilla, Spain. JAOCS, v. 77, n. 4, p. 447-450 (2000). Doi: 10.1007/s11746-000-0072-y.
- WANG, Y.; SELOMULYA, C. - **Spray drying strategy for encapsulation of bioactive peptides powders for food applications**. Advanced Powder Technology, v. 31, n. 1, p. 409-415, (2020). Doi: 10.1016/j.appt.2019.10.034.
- ZAMBRANO, M. V.; DUTTA, B.; MERCER, D. G.; MACLEAN, H. L.; TOUCHIE, M. F. - **Assessment of moisture content measurement methods of dried food products in small-scale operations in developing countries: A review**. Trends in Food Science & Technology, v. 88, p. 484 – 496, (2019). Doi: 10.1016/j.tifs.2019.04.006.
- ZAMBRIM, A. de S.; OLIVEIRA, L. S. de; FERREIRA, M. C. M. - **Desenvolvimento, análise sensorial e determinação da atividade antioxidante de gelatina de graviola**. Revista Saúde e Biologia, v. 15, n. 03, p. 50-56 (2020). ISSN:1980-0002. Disponível em: <<https://revista2.grupointegrado.br/revista/index.php/sabios/article/view/2890>> Acesso em: 14/11/2021.
- ZHANG, Z.; SU, G.; ZHOU, F.; LIN, L.; LIU, X.; ZHAO, M. - **Alcalase-hydrolyzed oyster (Crassostrea rivularis) meat enhances antioxidant and aphrodisiac activities in normal male mice**. Food Research International, v. 120, p. 178 – 187, (2019). Doi: 10.1016/j.foodres.2019.02.033.
- ZHENG, H.; LU, H. - **Use of kinetic, Weibull and PLSR models to predict the retention of ascorbic acid, total phenols and antioxidant activity during storage of pasteurized pineapple juice**. Food Science and Technology, v. 44, p. 1273 – 1281, (2011). Doi: 10.1016/j.lwt.2010.12.023.
- ZHOU, W.; WANG, Z. L. - Scanning Microscopy for Nanotechnology. **Springer Science+Business Media**, 533 p., (2007). Doi: 10.1007/978-0-387-39620-0.