

Transglutaminase microbiana (MTGase) na elaboração de *fishburger* com aproveitamento de carne mecanicamente separada de tilápia (*Oreochromis niloticus*) – Revisão de Literatura

Microbial transglutaminase (MTGase) in the elaboration of fishburger using mechanically separated tilapia meat (*Oreochromis niloticus*) - Literature Review

DOI:10.38152/bjtv4n1-002

Recebimento dos originais:08/12/2020

Aceitação para publicação: 22/01/2021

Silvana Pedroso de Góes-Favon
E-mail: silvanafavoni408@gmail.com

Emilly Gabriela Silva Maricá

Elke Shigematsu

Cláudia Dorta

RESUMO

Fishburger tem sido o termo adotado para hambúrgueres de peixe em função de sua similaridade com hambúrguer bovino, caracterizado como carnes moídas temperadas com diferentes condimentos e moldadas em formato arredondado e achatado. Nestes produtos reestruturados a textura constitui o principal atributo de aceitação e está relacionada a importantes propriedades funcionais de proteínas como capacidade de retenção de água e geleificação, refletidas na suculência e maciez do produto final. A tilápia (*Oreochromis niloticus*) é a espécie de maior expressão nacional e seu filé o principal produto de consumo, cuja obtenção resulta em grandes quantidades de resíduos. Em função da qualidade nutricional e tecnológica bem como visando o máximo aproveitamento desses resíduos, carne mecanicamente separada (CMS) obtida de aparas e espinhaço com carne aderida vem sendo utilizada na obtenção de derivados. Com a crescente demanda de consumidores por produtos de elevado valor nutricional e fácil preparo, *fishburger* produzidos a partir de CMS pode representar uma alternativa viável, inovadora e de baixo custo de obtenção. Na busca pela qualidade exigida pelo consumidor, a enzima transglutaminase microbiana (MTGase) que atua na modificação das propriedades funcionais das proteínas pode promover melhoria e otimização das propriedades de textura, maior saudabilidade com redução de sódio e gordura e maior rendimento, sem alterar a cor, sabor ou qualidade nutricional do *fishburger*. Considerando o exposto, o objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão de literatura sobre os processos de obtenção de *fishburger* dando ênfase à CMS de tilápia como matéria prima, as propriedades funcionais relacionadas à qualidade do produto final e o uso da enzima MTGase para otimização das propriedades intrínsecas.

Palavras-chave: *Fishburger*, Carne Mecanicamente Separada, Transglutaminase microbiana, Tilápia.

ABSTRACT

Fishburger has been the term adopted for fish hamburgers due to its similarity with beef hamburger, characterized as ground meat seasoned with different condiments and molded into a rounded and flattened shape. In these restructured products, texture constitutes the main acceptance attribute and it is related to important functional properties of proteins such as water retention and gelation capacity, which reflect in the juiciness and softness of the final product. Tilapia (*Oreochromis niloticus*) is the species of fish of greatest national expression, its fillet is the main consumer product, and its production generates large amounts of waste. Due to the nutritional and technological quality as well as aiming at the maximum use of these residues, mechanically separated meat (MSM) obtained from meat shavings and fishbone with adhered meat has been used to obtain derivatives. With the growing consumer demand for products with high nutritional value and easy preparation, fish burgers produced from MSM can represent a viable, innovative and low-cost alternative. Seeking the quality required by consumers, the microbial transglutaminase enzyme (MTGase) that acts on the modification of the functional properties of proteins can promote improvement and optimization of texture properties, greater healthiness with reduced sodium and fat and greater yield, without changing the color, flavor or nutritional quality of the fishburger. Considering the above, the objective of this work was to carry out a literature review on the processes of obtaining a fishburger, emphasizing the tilapia MSM as raw material, the functional properties related to the quality of the final product and the use of the MTGase enzyme to optimize its intrinsic properties.

Keywords: Fishburger; Mechanically Separated Meat; Microbial transglutaminase; Tilapia.

1 INTRODUÇÃO

Pescados constituem um alimento de excelente valor nutricional devido as proteínas de alto valor biológico, vitaminas e ácidos graxos insaturados, uma das maiores fontes de ácidos da família ômega-3, sendo componentes de elevada importância fisiológica e nutricional (SOARES; GONÇALVES, 2012; GONÇALVES, 2011).

A tilápia (*Oreochromis niloticus*) é a principal espécie da produção nacional de pescado e o filé é o produto de maior comercialização, preferido pelos consumidores por sua carne branca, sem espinhas e de sabor suave. O processo de filetagem da tilápia apresenta baixo rendimento, em torno de 30 a 35% com geração de grandes quantidades de resíduos (65 a 70%) (BARROSO; PINCINATO; MUNOZ, 2017; LUSTOSA-NETO et al., 2016).

Devido a qualidade nutricional e tecnológica dos resíduos bem como visando o máximo aproveitamento e rendimento para a indústria de pescado, carne mecanicamente separada (CMS) têm sido obtida a partir das aparas e espinhaço com carne aderida. Este subproduto da filetagem apresenta características adequadas para a obtenção de novos

produtos com valor agregado (BERNARDINO FILHO; XAVIER, 2019; SIGNOR, 2018).

Considerando a demanda dos consumidores atuais por produtos de fácil preparo e elevado valor nutricional, hambúrguer de peixe ou *fishburger* produzidos a partir de CMS pode ser uma alternativa viável, sendo considerado um produto de tecnologia inovadora, de baixo custo de obtenção, cujo processo de fabricação é relativamente simples, de rápido preparo culinário e fácil inclusão na alimentação (PINTO, 2017; AMARAL et al., 2016; PAULINO et al., 2016; MARENGONI et al., 2009; MINOZZO et al., 2010).

Para produtos cárneos reestruturados como *fishburger*, a textura é o principal atributo de aceitação e está diretamente relacionada a importantes propriedades funcionais das proteínas, tais como a capacidade de retenção de água, geleificação e emulsificação (MACHADO, 2014).

Para que o produto final atinja a qualidade exigida pelo mercado consumidor torna-se necessário a implementação de técnicas e ingredientes que auxiliem nesse objetivo. Assim, a aplicação de transglutaminase microbiana (MTGase), uma enzima que atua sobre as proteínas, pode favorecer a qualidade desejada. A MTGase atua alterando as propriedades funcionais de proteínas cujos resultados são benefícios tecnológicos como maior aproveitamento das matérias primas, melhoria de qualidade de textura, saudabilidade (redução de sódio e gordura) e diminuição de custos (GASPAR; GÓES-FAVONI, 2015).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi estudar os processos de obtenção de *fishburger*, as propriedades funcionais que colaboram para a qualidade do produto e o uso da MTGase como melhorador das propriedades intrínsecas.

2 PESCADOS: VALOR NUTRICIONAL

Pescados em geral apresentam elevado valor nutricional, com teor de proteínas de alto valor biológico variando entre 15 a 25%, sendo que o consumo de 150 g de pescado supre cerca de 50 a 60% das necessidades diárias de ingestão proteica preconizada para um adulto (FAO, 2016). Apresentam perfil aminoacídico balanceado com valores de digestibilidade elevados (acima de 95%, variando conforme a espécie) quando comparados a outras espécies animais (SOARES; GONÇALVES, 2012).

Quanto aos lipídeos, o teor de gorduras saturadas é baixo enquanto os ácidos graxos poli-insaturados encontram-se em quantidades elevadas. Muitas espécies são

consideradas fonte dos ácidos graxos funcionais ômega-3 alfa-linolênico (ALA), ácido eicosapentaenóico (EPA) e ácido docosahexaenóico (DHA), todos compostos funcionais associados a redução de fatores de risco associados a doenças cardiovasculares, hipertensão, inflamações em geral, doenças neurais entre outras (GONÇALVES, 2011; MENEGASSI, 2011; SILVA, 2010).

Quanto aos micronutrientes pescados se destacam e podem ser, conforme a espécie, considerados fonte de minerais essenciais como iodo, selênio, zinco, lítio, cálcio, fósforo e potássio, bem como das vitaminas lipossolúveis A e D e hidrossolúveis do complexo B. Estes micronutrientes quando ingeridos em quantidades adequadas desempenham funções moduladoras do metabolismo e portanto, são essenciais à saúde (MENEGASSI, 2011; SILVA, 2010).

O teor de carboidratos é baixo, entre 0,3 e 1% dependendo da espécie, grau de maturação sexual, estado nutritivo, habitat e sexo (MINOZZO, 2010). Os carboidratos predominantes em pescados são glicogênio e mucopolissacarídeos (GONÇALVES, 2011).

A qualidade nutricional de pescados tende a permanecer nos subprodutos da filetagem bem como nos derivados obtidos a partir desses subprodutos. Menegassi (2011) obteve teores de 45,3, 130,7 e 5,3 mg/100g de ALA, DHA e EPA, respectivamente em filés de tilápia cozidos, valores estes superiores aos encontrados em carne de peito de frango e suína.

Jamas (2012) analisou o perfil aminoacídico de surimi obtido a partir de carne mecanicamente separada (CMS) de tilápia e observou a presença de todos os aminoácidos essenciais no produto, comprovando a qualidade nutricional da CMS de tilápia.

Minozzo (2010) avaliou a composição química de CMS de tilápia e observou 75,6% de água, 13,7% de proteína, 8,8% de lipídeos, 1,4% de cinzas e 0,5% de carboidratos. Resende (2010) ao estudar CMS de tilápia registrou valores de 1,1 e 6,4% de ácidos graxos EPA e DHA, respectivamente, sendo estes valores superiores aos observados no filé. Isto se deve a composição da CMS que apresenta maior teor lipídico que o filé, sobretudo a CMS obtida das porções ventrais musculares da carcaça. Quanto ao teor de colesterol, CMS e filé não apresentaram diferença significativa, porém foi inferior ao observado em outros alimentos como ovos e carnes de boi e frango.

O consumo mundial per capita de pescado tem aumentado ao longo dos anos inclusive no Brasil, atingindo, segundo o Anuário Brasileiro da Piscicultura 2019, da Associação Brasileira da Piscicultura (Peixes BR, 2019) a média nacional de 9

kg/habitante/ano. Porém, apesar do aumento, o consumo no Brasil ainda é considerado baixo. Levando-se em conta a qualidade nutricional de pescados e as propriedades benéficas à saúde que apresentam, o desenvolvimento de novos produtos, com uso racional das matérias primas, tecnologias adequadas e qualidade sensorial, pode contribuir para atingir a meta de ingestão recomendada pela Organização Mundial de Saúde, que é de 12 kg/habitante/ano (FAO, 2012).

3 TILÁPIA: PRODUÇÃO, SUBPRODUTOS E DERIVADOS

A tilápia (*Oreochromis niloticus*) é uma importante espécie para a aquicultura continental. É o terceiro peixe mais produzido no mundo, após as carpas e os salmões. Sua produção no Brasil tem crescido consideravelmente nos últimos anos, sendo peixes de modo geral, cada vez mais reconhecidos como importante fonte de nutrientes para a saúde humana (MORAIS et al. 2013).

A eficiência tecnológica e políticas públicas foram fundamentais para o resultado da produção de peixes cultivados no estado de São Paulo. Em 2018 foram 73.200 toneladas, sendo a tilápia o principal peixe produzido com 69.500 toneladas, seguido de peixes nativos. O mercado tem um amplo espaço para expansão e iniciativas de fomento, aplicação de tecnologias e incentivos a pequenos e médios produtores podem potencializar ainda mais este cenário (ABP, 2019).

Os índices expressivos da produção de tilápia se devem à sua rusticidade, potencial mercadológico, genética e fácil reprodução, além de pré-requisitos típicos de peixes preferidos pelo consumidor: carne branca de textura firme, sabor delicado e fácil filetagem por não apresentar espinho em “Y”, além de diferentes possibilidades de processamento (PINTO, 2017).

O filé de tilápia comercializado fresco ou congelado é o produto que apresenta maior crescimento dos negócios no setor de pescado de água doce. Em seu processo de obtenção o rendimento da filetagem situa-se em torno de 32 a 35% apenas, enquanto 65 a 70% de subprodutos são gerados (BARROSO; PINCINATO; MUNOZ, 2017; LUSTOSA-NETO et al., 2016). Pele, vísceras, cabeça, escamas e espinhaço (coluna e costelas com carne comestível aderida) além de aparas (obtidas a partir de um corte em “V” realizado para retirar as espinhas do filé) constituem os subprodutos da filetagem (MACHADO et al., 2014).

O espinhaço e as aparas podem ser utilizados na obtenção de carne mecanicamente separada (CMS) por equipamentos conhecidos como “despolpadores”, gerando partículas

de músculo isentas de ossos, vísceras, escamas e pele, cujo rendimento é superior ao rendimento da filetagem (BERNARDINO FILHO; XAVIER, 2019).

Quanto à qualidade nutricional da CMS de tilápia, Bernadino Filho; Xavier (2019), observaram teor proteico de 12,4% e lipídeos 10,6% comprovando dados da literatura que relatam elevado valor biológico para CMS de pescado, com teor proteico variando ente 11 a 17% (SIGNOR, 2018; FOGAÇA et al., 2015; GONÇALVES, 2011; MINOZZO, 2010).

No *Codex Alimentarius* o CMS ou *minced fish* é definido como um produto obtido a partir de uma única espécie, ou mistura de espécies de peixes com características sensoriais semelhantes, através de processo mecanizado da parte comestível, gerando partículas de músculo esquelético isentas de vísceras, escamas, ossos e pele (FAO, 1994).

A legislação brasileira não contempla CMS de pescado, porém em comparação com CMS de aves, bovinos e suínos, os conteúdos de proteínas e lipídeos encontram-se em concordância com a legislação que estabelece proteína mínima de 12% e gordura máxima de 30% (BRASIL, 2000).

Conforme Fogaça (2009), das proteínas contidas no músculo de pescado (sarcoplasmáticas, miofibrilares e estroma), as miofibrilares compreendem a maior parte, em torno de 66 a 77% e são responsáveis pela capacidade de retenção de água, gelatinização e emulsificação, propriedades importantes na obtenção de derivados. Já as proteínas sarcoplasmáticas devem ser eliminadas quando se deseja a formação de um gel proteico, pois estas proteínas sofrem coagulação durante o aquecimento aderindo às proteínas miofibrilares, o que impede o processo de gelatinização. As proteínas do estroma compreendem colágeno e elastina e fazem parte do tecido conectivo.

A fim de garantir a qualidade tecnológica da CMS, lavagens em água devem ser realizadas logo após sua extração para remover as proteínas sarcoplasmáticas (solúveis em água), sangue, pigmentos, substâncias odoríferas e lipídeos que podem contribuir para degradação proteica, oxidação lipídica e coloração indesejável no produto final. Desta forma o processo de lavagem promove concentração das proteínas miofibrilares, o que melhora a força do gel e sua elasticidade, propriedades fundamentais para a elaboração de produtos derivados de CMS (SILVA, 2010).

Outro ponto de destaque para a garantia da qualidade tecnológica da CMS está no congelamento e adição de crioprotetores como polifosfato de sódio, sacarose e sorbitol para estabilização e inibição da desnaturação proteica durante o armazenamento sob a forma congelada. O congelamento e armazenamento entre -30 e -20 °C garante vida de

prateleira sem prejuízo da qualidade por cerca de 6 e 3 meses, respectivamente (SILVA, 2010).

Assim, CMS constitui um produto intermediário que pode ser utilizado na elaboração de produtos derivados garantindo o aproveitamento máximo dos subprodutos gerados na indústria de pescados além de agregar valor ao produto final.

Diversos produtos à base de CMS de tilápia têm sido elaborados, entre eles *nuggets* (HOSDA; NANDI; GRASSELLI, 2013), medalhão (MACHADO et al, 2014); almondegas (OLIVEIRA; CRUZ; ALMEIDA, 2012), patês (FREITAS et al., 2012), farinhas de elevado valor nutricional (COSTA et al., 2016), surimi (FOGAÇA, 2009; JAMAS, 2012), *fishburger* (MUZZOLON et al., 2018; FOGAÇA et al., 2015; MACHADO et al., 2014; MARENGONI et al., 2009) entre outros. Embora submetidos a diferentes processos de obtenção, o valor nutricional dos produtos derivados de CMS de tilápia constituem excelente fonte de nutrientes, com elevados teores de proteína, minerais, vitaminas A, D e do complexo B, além de apresentarem bons índices de aceitabilidade em todas as faixas etárias (MESSIAS et al., 2016; FOGAÇA et al., 2015).

3.1 FISHBURGUER DE CMS DE TILÁPIA

Fishburger tem sido o termo adotado para hambúrgueres de peixe em função de sua similaridade de preparo com hambúrguer bovino, caracterizado como carnes moídas temperadas com diferentes condimentos e moldadas em formato arredondado e achatado. Conforme Ramos et al. (2014) hambúrgueres também podem ser definidos como produto cárneo moído, reestruturado e moldado, que se conserva pela aplicação do processo de congelamento, uma vez que os aditivos que possam vir a ser adicionados têm como função atuar apenas na prevenção da oxidação lipídica e no rendimento.

Na legislação brasileira não há menção a hambúrguer de peixe, havendo referência a hambúrguer como o produto cárneo industrializado obtido de carne de animais de açougue adicionado ou não de tecido adiposo e ingredientes, moldado e submetido a processo tecnológico adequado, sendo permitido o máximo de 4% de proteínas não cárnica na forma agregada (BRASIL, 2000a).

Na obtenção de *fishburger* diferentes formulações e processos são utilizados visando alcançar qualidade tecnológica e sensorial, maior rendimento e aceitação do produto pelo consumidor final.

Em geral, o processamento de *fishburger* inicia-se com a moagem da matéria prima (filé e ou CMS) seguida da adição de gordura, condimentos e água. Pode ainda

haver a adição de amido de diferentes fontes e ou produtos proteicos como a proteína texturizada de soja como melhoradores da capacidade de retenção de água e consequentemente dos atributos sensoriais (SÁ VIEIRA et al., 2015). A massa formulada é então mantida em temperatura baixa (abaixo de 50°C) para formação e estabilização do gel proteico e, em seguida moldado, congelado, embalado e armazenado sob congelamento (GONÇALVES, 2011).

Conforme Menegassi (2011) a carne de peixe, mais especificamente sua proteína, é uma excelente matéria prima para a elaboração de derivados como *fishburger* pois apresenta propriedades funcionais essenciais para o processamento de derivados, como geleificação, capacidade de retenção de água e emulsificação, todas elas com reflexo nas propriedades de textura.

Em CMS estas propriedades funcionais são ainda mais pronunciadas devido ao seu processo de obtenção, onde há concentração das proteínas miofibrilares por lavagens sucessivas, e seu uso na elaboração de derivados de pescado pode promover diversificação de produtos e agregar valor, oferecendo maior vantagem para o produtor e disponibilizando ao consumidor novos produtos de excelente qualidade nutricional e tecnológica.

Quanto a aceitação de *fishburger*, destaca-se a textura como parâmetro determinante para a escolha dos consumidores, sendo a dureza seu principal atributo. Além da textura, o rendimento na cocção e o percentual de encolhimento são fatores importantes nestes produtos cárneos reestrururados (MACHADO et al., 2014).

Uma vez que a capacidade de retenção de água (CRA) está diretamente relacionada as propriedades texturais de maciez, suculência e dureza, bem como ao rendimento e encolhimento na cocção, alternativas para aumentar a CRA têm sido testadas.

Uma prática comum no processamento de *fishburger* consiste na adição de água como tentativa de aumentar a CRA e com isso melhorar os atributos de textura. Entretanto, Pinto (2017) ao estudar *fishburger* de CMS de tilápia observou que a adição de água pode tanto contribuir como prejudicar o rendimento na cocção, pois se a quantidade de água adicionada ultrapassar a capacidade de absorção da proteína, o excesso de água não aprisionado no gel proteico será perdido durante a cocção ocasionando menor rendimento.

Sá Vieira et al. (2015) concluíram que em alimentos com elevado teor de umidade associados a falta de ingredientes capazes de reter a água em sua estrutura, haverá perda de água durante a cocção, o que resultará em menor rendimento do produto.

Assim, amido de diferentes fontes tem sido adicionado às formulações de *fishburger* em função de sua capacidade de ligação com a água (PINTO, 2017; SÁ VIEIRA et al., 2015; JAMAS, 2012; BRAGA et al., 2008). Os resultados obtidos nos trabalhos indicam que quanto maior a concentração do amido, maior a CRA e consequentemente maior rendimento na cocção e menor encolhimento. Porém, embora não haja menção à *fishburger* na legislação brasileira, o Regulamento de Identidade e Qualidade para hambúrguer determina o teor máximo de carboidratos totais em 3%, o que pode limitar a utilização de amido (BRASIL, 2000a).

Conforme Damodaran (2010), o estabelecimento de ligações cruzadas através de ligações covalentes e não covalentes de uma matriz proteica é capaz de formar uma rede com capacidade de reter água em seus poros. Assim, o aumento destas ligações cruzadas numa matriz cárnea pode beneficiar os atributos de textura através de sua influência na CRA, com reflexos também no rendimento e encolhimento de *fishburger*.

Conforme Salgado (2015) a composição proteica de pescados, formada principalmente pelas proteínas miofibrilares, sendo cerca de 50% miosina, favorece a capacidade de retenção de água e a geleificação durante o processamento térmico. Entretanto, Fogaça (2009) realizando estudos com surimi a base de CMS observou que apesar do tratamento térmico, não houve desnaturação de toda a proteína miofibrilar e, embora um gel termicamente induzido tenha sido obtido, imagens de microscopia eletrônica revelaram uma frágil estabilidade do gel de surimi.

Uma alternativa promissora na otimização e estabilização das ligações cruzadas em produtos cárneos, têm sido a aplicação da enzima transglutaminase microbiana (MTGase) que apresenta a capacidade de formar ligações covalentes inter e intramoleculares irreversíveis entre proteínas (GÓES-FAVONI; BUENO; 2014).

4 TRANSGLUTAMINASE MICROBIANA (MTGASE)

A transglutaminase microbiana (proteína-glutamina Y-glutamyltransferase, E.C.2.3.2.13), uma enzima extracelular da classe das transferases, catalisa reações de acil-transferência, deamidações e ligações cruzadas inter e intramoleculares entre proteínas (GASPAR; GÓES-FAVONI, 2015).

Conforme Gaspar; Góes-Favoni (2015), a MTGase promove ligações isopeptídicas entre resíduos de glutamina (doador acil) e lisina (aceptor acil) intra e intercadeias proteicas capazes de alterar a hidrofobicidade da superfície proteica, afetando sua solubilidade e conseqüentemente propriedades funcionais como a capacidade de retenção de água e a geleificação.

Cunha (2010) avaliou a aplicação de 0,5% e 1,0% de MTGase na produção de medalhão à base de aparas de salmão e observou maior firmeza e suculência e menores taxas de encolhimento e perda de peso na cocção nos tratamentos contendo a enzima, quando comparados aos tratamentos controle sem MTGase. A aplicação da enzima foi realizada em temperatura de 40°C em dois tempos de reação: 15 horas (*over night*) e 3 horas, sendo observado em 15 horas os melhores resultados quanto a textura e suculência. Segundo o autor, a firmeza foi proporcional a concentração da enzima utilizada, havendo melhor reestruturação visual que nos tratamentos controle, enquanto a perda de peso na cocção e o encolhimento foram inversamente proporcional a concentração da enzima.

A suculência e maciez de produtos cárneos triturados e estabilizados na forma de géis proteicos estão diretamente relacionadas a capacidade de retenção de água (CRA) da proteína (PINTO, 2017). A CRA de uma matriz proteica está na capacidade da proteína hidratar-se e reter essa água dentro da rede proteica, através da interação proteína-água. Uma vez que a MTGase catalisa as ligações cruzadas entre proteínas, concentrações adequadas da enzima podem aumentar a capacidade de formação e estabilização do gel de modo a imobilizar eficientemente mais água. Com o aumento de CRA, uma textura mais firme e maior suculência serão evidenciados nos produtos (GASPAR; GÓES-FAVONI, 2015; SÜHNEL, 2007).

Pinto (2017) elaborou *fishburguer* de CMS de tilápia contendo diferentes concentrações de MTGase, fécula de mandioca e água e verificou aumento da CRA, da firmeza e do rendimento proporcionalmente ao aumento da concentração da enzima. Os resultados obtidos no trabalho evidenciaram que quantidade adequadas de água na formulação contribuem para a ação da enzima na modificação da funcionalidade das proteínas com melhoria da suculência e das propriedades de textura como a dureza, gomosidade e mastigabilidade.

Machado et al. (2014) estudaram a aplicação da MTGase no desenvolvimento de medalhão com diferentes proporções de aparas da filetagem e CMS de tilápia e observaram que o uso de 0,5% da enzima foi eficiente na reestruturação das matérias primas utilizadas.

A quantidade de enzima adicionada à formulação, entretanto, deve ser cuidadosamente avaliada, pois quanto maior a concentração da enzima, maior o número de ligações cruzadas peptídicas e, portanto, menos resíduos proteicos estarão disponíveis para interação com a água (GASPAR; GÓES-FAVONI, 2015). Uma vez que o teor de proteínas em pescados varia de acordo com a espécie, e considerando que processamentos prévios como lavagens para obtenção de CMS podem alterar a quantidade e a conformação proteica, a concentração de MTGase deve ser otimizada na obtenção dos diferentes produtos (PINTO, 2017; GASPAR; GÓES-FAVONI, 2015).

Em teste de aceitabilidade de medalhões de aparas de salmão contendo MTGase, Cunha (2010) observou maiores notas para os atributos aparência, aroma, sabor e textura nos produtos contendo 1% de enzima, não havendo, entretanto diferenças significativas entre os tratamentos sem enzima e com 0,5%, evidenciando que a MTGase não altera cor ou sabor dos alimentos. Sühnel (2007) avaliou sensorialmente reestruturados obtidos de aparas de tilápia contendo com 0,5 e 0,8% e obteve índice de aceitação de 84,56 e 86,0%, respectivamente, indicando efeito positivo da enzima sobre a textura dos produtos.

Machado et al. (2014) utilizaram 0,5% de MTGase na obtenção de medalhão a partir de aparas e CMS de tilápia em diferentes proporções e observaram eficiência da enzima ao promover a reestruturação das matérias primas com índices de aceitação acima de 80% nas formulações avaliadas.

Conforme Gaspar; Góes-Favoni (2015), as modificações promovidas pela MTGase alteram as proteínas presentes nos alimentos promovendo incremento e estabilidade de suas propriedades funcionais com melhoria dos atributos de textura sem, contudo, alterar pH, cor, sabor e qualidade nutricional do alimento, além de promover maior rendimento em produtos cárneos. Todas estas características tornam a MTGase atrativa no desenvolvimento e ou otimização de novos alimentos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de carne mecanicamente separada (CMS) de tilápia como matéria prima no desenvolvimento de novos produtos constitui uma alternativa viável, favorecendo o máximo aproveitamento de subprodutos da indústria de pescado com baixo custo de obtenção.

Uma vez que a textura é o principal atributo de aceitação de derivados de pescados, o emprego de MTGase pode colaborar para a otimização e ou aquisição de novas características sensoriais além de promover aumento no rendimento dos produtos.

Assim, considerando a praticidade e a aceitação de produtos reestruturados, a elaboração de *fishburger* a partir de CMS de tilápia é capaz de atender à crescente demanda de consumidores por produtos inovadores, com qualidade sensorial, elevado valor nutricional e propriedades benéficas à saúde.

REFERÊNCIAS

ABP - Associação Brasileira da Piscicultura. SP. **Piscicultura paulista atinge 73.200 toneladas.** São Paulo, 2019. Disponível em: <<https://www.paginarural.com.br/noticia/267217/piscicultura-paulista-atinge-73200-toneladas-diz-peixe-br>> Acesso em 18mai.2020.

BARROSO R. M; PINCINATO R. B. M; MUNOZ A. E. P. Informativo de Mercado da Tilápia: **O mercado da tilápia** – 2º trimestre de 2017. Embrapa Pesca Aquicultura. Palmas, TO.2017. 1 p. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/pescaeaquicultura/publicacoes/mercado-da-tilapia>>. Acesso em 05 de Nov. 2020.

BERNARDINO FILHO, R; XAVIER, L.C.A. **Elaboração de fishburger com resíduos da filetagem Da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, linnaeus 1758) adicionado de transglutaminase.** Recife, 2019. Disponível em: <<https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/REBAGRO/article/view/7534>> Acesso em 30abr.2020.

BRAGA, G.C.; PASQUETI, T.J.; BUENO, G.W.; MARENGONI, N.G. **Adição de amido e farinha de aveia na formulação de hambúrguer de polpa de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).** REVISTA SCENTIA AGRARIA PARANAENSIS. v. 7. p. 45-54, 2008.

BRASIL^a. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. **Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de carne mecanicamente separada (CMS) de aves, bovinos e suínos.** Instrução Normativa nº 4 de 31 mar. 2000. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 05 abr. 2000. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/sislegis>. Acesso em: 17 de Out. 2020.

DAMODARAN, K.L.; PARKIN, O. R. FENNEMA. **Química de alimentos de Fennema.** Porto Alegre: Editora Artmed. 4 ed.; 2010. p.

FAO. Food and Agriculture Organization. **The State of World Fisheries and Aquaculture,** 2012. Disponível em <<http://www.fao.org/docrep/016/i2727e/i2727e.pdf>> Acessado em 08 de Nov. 2020.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS e WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Draft revised Standard for quick frozen blocks of fish fillets, minced fish flesh and mixtures of fillets and minced fish flesh (Appendix IV).** Codex Alimentarius Commission, Report of the 21st Session the Codex Committee on Fish and Fishery Products. Roma, p.47-57.

FOOD AND DRUGS AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **The state of world fisheries and aquaculture:** contributing to food security and nutrition for all. Roma: FAO. 200p. 2016.

FOGAÇA, F. H. S. **Caracterização do surimi de tilápia do Nilo:** morfologia e propriedades físicas, químicas e microbiológicas. 2009. 75 f. Tese (Doutorado em 42 Aquicultura) -Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

FOGAÇA, F.H.S. et al. **Caracterização de surimi obtido a partir da carne mecanicamente separada de tilápia do Nilo e elaboração de fishburger.** Semina-Ciências Agrárias. Londrina: Univ Estadual Londrina, v. 36, n. 2, p. 765-776, 2015.

FREITAS, D.G.C.; SANTOS, A.L.S.S.; FURTADO, A.A.L.; TASHIMA, L.; BECHARA, H.M. **The sensory acceptability of a tilapia (*Oreochromis niloticus*) mechanically separated meat-based spread.** Brazilian Journal of Food Technology. Campinas, v. 15, n. 2, p. 166-173, abr./jun. 2012

GASPAR A.L.A.; GÓES-FAVONI, S.P. **Action of microbial transglutaminase (MTGase) in the modification of food proteins: A review.** Food Chemistry. v. 171, p.315-322. 2015.

GONÇALVES, A. A. **Tecnologia do pescado: ciência, tecnologia, inovação e legislação.** São Paulo: Editora Atheneu, 2011. 608 p.

GUIMARÃES, J.L.B; CALIXTO, F.A.A; MESQUITA, E.F.M. **Produção e utilização da carne mecanicamente separada de pescado: uma revisão.** Niterói, 2017. Disponível em: <<http://docs.bvsalud.org/biblioref/2017/07/837454/268-269-site-31-35.pdf>> Acesso em 07abr.2020.

HOSDA, CS; NANDI, F; GRASSELLI, SLS. **Elaboração de nuggets de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) com diferentes concentrações de CMS adicionado de sálvia e alecrim e sua avaliação físico-química, microbiológica e sensorial.** 2013. 59 f. Trabalho de Conclusão (Curso em Tecnologia de Alimentos) – Graduação em Tecnologia de Alimentos - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

JAMAS, E. **Valor agregado aos resíduos do processamento de tilápia: aspectos tecnológicos, químicos e microestruturais.** Dissertação... Universidade Estadual Paulista. 2012. 53p.

LUSTOSA-NETO, A.D.; NUNES, M.L.; FERREIRA, R. N.C.; BEZERRA, J.H.C.; FURTADO-NETO, M.A.A. **Elaboração, rendimento e custo de almôndegas de tilápia do Nilo e pirarucu cultivados: aplicação na merenda escolar.** Acta Fish. Aquat. Res. (2016) 4 (2): 101-109

MACHADO, M. **Benefícios da enzima transglutaminase nos alimentos.** São Paulo, 2013. Disponível em: <https://revista-fi.com.br/upload_arquivos/201606/2016060789438001464965878.pdf> Acesso em 18mai.2020.

MACHADO, T.M.; NEIVA, C.R.P.; NOFFRI, R. I.; CASARINI, L. M.; QUIÑONES, E.M.; CUNHA, M.G.; VENTURINI, A.C. **Utilização da enzima transglutaminase em medalhões de aparas e CMS de espinhaço de tilápia.** Bol. Inst. Pesca. v. 40. N. 4. P. 621-627. 2014.

MÉLO et al. **Qualidade do fishburger de carne mecanicamente separada de tilápia do Nilo adicionado de fibra de trigo e óleo de milho.** Jaboticabal, 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/273912900_QUALIDADE_DO_FISHBURGER_DE_CARNE_MECHANICAMENTE_SEPARADA_DE_TILAPIA_DO_NILO_A>

DICIONADO_DE_FIBRA_DE_TRIGO_E_OLEO_DE_MILHO/link/55217cc00cf2a2d9e1450b8a/download> Acesso em 05abr.2020.

MENEGASSI, M. **Aspectos Nutricionais do Pescado**. IN: GONÇALVES, A. A. Tecnologia do pescado: ciência, tecnologia, inovação e legislação. São Paulo: Editora Atheneu, 2011. p. 43-60.

MINOZZO, M.G. **Patê de pescado**: alternativa para incremento da produção nas indústrias pesqueiras. Tese. Universidade Federal do Paraná. 2010. 228p.

MORAIS et al. **Balço de Massa na Obtenção de Carne Mecanicamente Separada (CMS) de Tilápia**. Fortaleza, 2013. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/982053/1/DOC13010.pdf>> Acesso em 14abr.2020.

MUZZOLON, E.; BIASSI, D. C.; KONOPKA, D.N.; OLIVEIRA, J.; SCOPLE, F.H.P.; BAINY, E.M. **Processamento de fishburger utilizando subprodutos da filetagem de tilápia: caracterização físico-química, análise do congelamento e avaliação da vida de prateleira**. Brazilian Journal of Food Research. v. 9, n. 1. p. 154-173. 2018.

OLIVEIRA, M.C.; CRUZ, G. R. B.; ALMEIDA, N. M.; **Características Microbiológicas, Físico-Químicas e Sensoriais de “Almôndegas” à Base de Polpa de Tilápia (*Oreochromis niloticus*)**. UNOPAR Científica Ciências Biológicas e da Saúde, v. 14, n. 1, p. 37-44, 2012

PEIXES BR. **Anuário Brasileiro da Piscicultura Peixes BR 2019**. Associação Brasileira de Piscicultura, 2019.

PINTO, B.V.V. **Elaboração de fishburger com resíduos da filetagem da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, linnaeus 1758) adicionado de transglutaminase**. [Tese Mestrado] Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<https://tede.ufrj.br/jspui/bitstream/jspui/2200/4/2017%20-%20Bruno%20Vilarinho%20Victorino%20Pinto.pdf>> Acesso em 21abr.2020.

RAMOS, E. M.; RAMOS, A. L. S.; BRESSAN, M.C.; FONTES, P.R. **Conservação e Industrialização de Produtos Cárneos. Curso de Pós-Graduação “Latu-Senso” a distância**. Processamento e Controle de Qualidade de Produtos de Origem Animal. Universidade Federal de Lavras. 2014. 139p.

RESENDE, A.L.S.S. **Viabilidade técnica, qualidade nutricional e sensorial de produtos à base de carne de tilapia (*Oreochromis niloticus*)**. Tese Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2010. 112 p.

SÁ VIEIRA, P.H.; MELO, C.C.; MEDEIROS, R. F.; VASCONCELHOS FILHO, M. B.; MOURA, J. V. S.; ALBUQUERQUE, C. A.; OLIVEIRA FILHO, P. R. C. **Produtos de valor agregado de tilápia (*Oreochromis niloticus*) utilizando diferentes concentrações de amido**. Acta Fish. Aquat. Res. v. 3. n. 1. p. 41-53. 2015.

SALGADO, R. A. F. **Caracterização e recuperação de proteínas de subprodutos de pescado.** Dissertação... Engenharia Alimentar – Qualidade e Segurança Alimentar. Universidade de Lisboa. 2015. 78p.

SIGNOR, F.R.P. **Aprimoramento na qualidade nutricional da carne mecanicamente separada da tilápia do Nilo e sua aplicação em empanados.** [Tese Doutorado] Toledo, 2018. Disponível em:
<http://tede.unioeste.br/bitstream/tede/4161/2/F1%C3%A1via_Signor_2018.pdf>
Acesso em 11abr.2020.

SILVA, Marcela Cristina. **Tecnologias para Aproveitamento de aparas de peixe.** Programa de Pós-Graduação de Nutrição em saúde pública, Universidade Federal de Goiânia. Goiânia, 2010.

SOARES, K. M.P.; GONÇALVES, A.A. **Qualidade e segurança do pescado.** Inst. Adolfo Lutz. V. 71., n. 1. P. 1-10. 2012.